



**LUCAS L. DEL SARTO OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE  
*LONCHOPHYLLA DEKEYSERI* TADDEI, VIZOTTO &  
SAZIMA, 1983 (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)**

**LAVRAS-MG  
2020**

**LUCAS L. DEL SARTO OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE  
*LONCHOPHYLLA DEKEYSERI* TADDEI, VIZOTTO &  
SAZIMA, 1983 (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Renato Gregorin  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Del Sarto-Oliveira, Lucas Laboissieri

Caracterização da distribuição potencial de *Lonchophylla  
dekeyseri* Taddei, Vizotto & Sazima, 1983 (Chiroptera:  
Phyllostomidae) / Lucas Laboissieri Del Sarto-Oliveira. - 2020.  
54 p. : il.

Orientador(a): Renato Gregorin.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Nicho Potencial. 2. Conservação. 3. *Lonchophylla*. I.  
Gregorin, Renato. II. Título.

**LUCAS L. DEL SARTO OLIVEIRA**

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE  
*LONCHOPHYLLA DEKEYSERI* TADDEI, VIZOTTO &  
SAZIMA, 1983 (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)**

**DESCRIPTION OF POTENTIAL DISTRIBUTION OF  
*LONCHOPHYLLA DEKEYSERI* TADDEI, VIZOTTO &  
SAZIMA, 1983 (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07/02/2020

Banca Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ludmilla Moura Souza Aguiar - UnB

Prof. Dr. Marcelo Passamani - UFLA

Prof. Dr. Renato Gregorin  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2020**

*Aos saudosos avós Carlos e Altair, pelas melhores lembranças da minha infância na roça.*

*Ao guerreiro Felipe Spyrro, o verdadeiro mestre.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), código identificador 11685.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao setor de Ecologia e Conservação por todo o apoio técnico e científico.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, por cada disciplina ministrada, as quais foram fundamentais por meu gosto a esta ciência multidimensional. À Ellen, por me auxiliar durante estes dois anos nos assuntos acadêmicos sempre com paciência e profissionalismo ímpares.

Ao professor Renato, por me acolher no momento em que mais precisei, além de toda a paciência e dedicação para com o meu processo de “engorda intelectual”.

Aos professores Ludmilla e Marcelo, por todas as riquíssimas contribuições para com esta dissertação.

Ao pai Francisco Carlos, por ensinar a nunca me arrepender de uma escolha feita e, que a concorrência é a melhor maneira para aprimorar o nosso trabalho. À mãe Ivana, que só falta adivinhar o que eu penso, por sua conduta ética e moral a qual me esforço diariamente para alcançar. À Laura minha irmã, por todas as lembranças e conselhos incríveis. À avó Carmem, por todo carinho de sempre além dos presentes de aniversário em forma de equipamentos de campo. Ao avô Paulo, que sempre me ensinou o valor do trabalho duro, focado e perfeccionista. Ao tio Mário, meu maior referencial de biólogo.

Aos compadres do C.E.C. (Caderreiros Espeleo Clube) Fernandes e Macedo, agradeço o companheirismo, a lealdade, os dias e noites dedicados a topografia regados a um bom Dreher com café “a la Lund”.

À família Estrivo Esquerdo: Titi, Xinelo, Xakira, Jessik, Pepe e Portera, agradeço o “nome” dado a mim, além das inúmeras festividades e camaradagem sem igual.

À equipe de campo “onças-bovinas”: Matheus e Letícia, por todas as risadas, canções e aprendizado sobre a ecologia dos morcegos.

Aos colegas do Laboratório de Diversidade e Sistemática de Mamíferos: Ana, Naiara, Jaqueline e Arthur, por todos os cafés, descontração e aprendizado.

**MUITO OBRIGADO!!!**

*“My dear  
Find what you love and let it kill you.  
Let it drain you of your all.  
Let it clining onto your back and  
weight your down into eventual nothingness.  
Let it kill you and let it devour your  
remains.  
For all things will kill you, both  
slowly and fastly...”*

*Charles Bukowski*

## RESUMO GERAL

Esta dissertação foi organizada em duas partes: uma seção introdutória para um prévio entendimento dos objetivos e métodos abordados no manuscrito, e outra seção contendo o manuscrito propriamente dito. O principal objetivo é a caracterização da distribuição potencial de *Lonchophylla dekeyseri*, a fim de subsidiar medidas para a conservação deste morcego nectarívoro, endêmico do Cerrado, estritamente associado aos ambientes cavernícolas e em perigo de extinção da natureza. Não obstante, será apresentada uma nova abordagem metodológica em análise multivariada para caracterização da distribuição potencial. Para nortear as etapas necessárias ao cumprimento do objetivo principal, foram elaboradas duas perguntas de cunho ecológico: 1- Quais são os limites da distribuição geográfica de *L. dekeyseri*? 2- Quais são as variáveis ambientais preponderantes a esta distribuição? Para responder a primeira pergunta, foi realizada uma modelagem do nicho potencial utilizando-se de seis variáveis ambientais e, deste modo, eram selecionadas aquelas que atenuassem o clima e o relevo do Cerrado. A cada ponto de presença foi amostrada uma pseudo-ausência em pontos equidistantes baseadas em filtros ambientais, a fim de direcionar tais amostragens para áreas focais de baixa adequabilidade para ocorrência da espécie. As projeções ao espaço geográfico ocorreram por meio de cinco algoritmos, concatenados conforme a técnica *ensemble*. Para responder a segunda pergunta, a distribuição potencial oriunda da modelagem foi testada por um modelo linear generalizado (GLM) em função de 25 variáveis ambientais (preditoras) independentes, sendo as mesmas agrupadas em: regiões cársticas, solos, clima, uso dos solos e declividade. Dentre todas as variáveis preditoras indexadas no GLM, aquelas que exerceram um maior efeito positivo na distribuição potencial de *L. dekeyseri* foram as pastagens e, principalmente, algumas regiões cársticas do Brasil Central. Devido ao grau de ameaça em que se encontra a espécie, as cavernas utilizadas como abrigo devem ser preservadas integralmente. esta e outras ações para a conservação permeiam a manutenção da diversidade biológica no Cerrado, já que *L. dekeyseri* demonstra uma grande afinidade para com espécies vegetais sucessionais primárias e secundárias (*Piper* sp., *Cecropia* sp., *Bauhinia* sp., *Pseudobombax* sp. e *Lafoensia* sp.).

**Palavras-chave:** Nicho Potencial. Conservação. *Lonchophylla*. Cerrado.

## GENERAL ABSTRACT

This dissertation was organized in two parts: an introductory section for previous understanding of objective and methods treated in the manuscript, and another section containing the manuscript in full. The main objective is the description of *Lonchophylla dekeyseri* potential distribution, in order to subsidize measures for conservation of this nectarivorous bat, endemic from Cerrado, strictly associated with the cave environments and in danger of nature extinction. Despite, will be showed a methodological approach in multivariate analysis for description of potential distribution. To guide the necessary steps to fulfill the main objective, two ecological questions were elaborated: 1- What are the limits of *L. dekeyseri* geographic distribution? 2- What are the preponderant environmental variables for this distribution? To answer the first question, a modeling of potential distribution was carried out using six environmental variables and, thus, environmental variables were selected those that attenuate the Cerrado climate and relief. At each point of presence one pseudoabsence was sampled in equidistant points and based in environmental filters, in order to target as samples in focal areas of low suitability for occurrence this specie. The projections from the environmental to the geographic space occurred through five algorithms, concatenated according to the ensemble technique. To answer the second question, the potential distribution was tested by a generalized linear model (GLM) in function of 25 independent environmental variables (predictors), the same being grouped in: karst regions, soils, climate, land use and slope. Among all the predictive variables indexed in the GLM, those that have a greater positive effect on the potential distribution of *L. dekeyseri* are pastures, but mainly some regions of Central Brazil. Due to the degree of threat this specie, the caves used as shelter must be fully preserved. These and other actions for the conservation permeate the maintenance of biological diversity in the Cerrado, since *L. dekeyseri* shows great affinity for primary and secondary successional plant species (*Piper* sp., *Cecropia* sp., *Bauhinia* sp., *Pseudobombax* sp. and *Lafoensia* sp.).

**Keywords:** Potential Niche. Conservation. *Lonchophylla*. Cerrado.

## SUMÁRIO

### PRIMEIRA PARTE

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	O futuro dos morcegos no Cerrado.....	12
2.2	A subfamília Lonchophyllinae Griffiths, 1982.....	14
2.3	<i>Lonchophylla dekeyseri</i> Taddei, Vizotto & Sazima, 1983.....	15
2.4	Um breve histórico da Teoria do Nicho.....	17
2.5	A Teoria do Nicho e a modelagem correlativa.....	19
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	20
	REFERÊNCIAS.....	22

### SEGUNDA PARTE – CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE *LONCHOPHYLLA DEKEYSERI* TADDEI, VIZOTTO & SAZIMA, 1983 (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)

1	INTRODUÇÃO.....	29
2	MÉTODOS.....	30
2.1	Modelagem do Nicho Potencial.....	30
2.2	Efeito das Variáveis Ambientais.....	36
3	RESULTADOS.....	39
4	DISCUSSÃO.....	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
6	CONCLUSÃO.....	46
	AGRADECIMENTOS.....	48
	REFERÊNCIAS.....	49

## **PRIMEIRA PARTE**

Introdução Geral

## 1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi idealizada com o intuito de agregar novos dados acerca da ecologia de *Lonchophylla dekeyseri*: um morcego nectarívoro, endêmico do Cerrado, estritamente associado aos ambientes cavernícolas e em perigo de extinção da natureza. Em adição, será apresentada uma nova abordagem em análise multivariada adaptada ao estudo do nicho ecológico. Assim, o principal objetivo deste texto é a caracterização da distribuição potencial de *L. dekeyseri* a fim de subsidiar medidas para a sua conservação.

A primeira parte conta com uma seção introdutória, para o prévio entendimento do objetivo e dos métodos abordados no manuscrito (segunda parte). Assim, o referencial teórico tem a função de conectar os principais elementos do texto às seguintes perguntas ecológicas: 1- Quais são os limites da distribuição geográfica de *L. dekeyseri*? 2- Quais são as variáveis ambientais preponderantes a esta distribuição? A segunda parte conta com as respostas para as perguntas ecológicas agora suscitadas, elaboradas em ambiente-R versão 3.5.8 (R CORE DEVELOPMENT TEAM, 2019).

A primeira pergunta foi satisfeita utilizando-se técnicas correlativas para modelagem do nicho potencial, cujos *scripts* eram baseados em instruções fornecidas por ALOUCHE; TSOAR; KADMON (2006); ARAÚJO; NEW (2006); JIMÉNEZ-VALVERDE et al. (2011); VARELA et al. (2014); SOBRAL-SOUZA (2015); VANCINE (2016); HIJMANS; ELITH (2017). A segunda pergunta foi satisfeita por meio de uma nova abordagem em análise multivariada para caracterização da distribuição potencial, testando por um modelo linear generalizado (GLM) o efeito e a significância de variáveis ambientais (preditores) independentes no nicho potencial de *L. dekeyseri*.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O futuro dos morcegos no Cerrado

As mudanças climáticas já modificavam paisagens nas formações abertas há pelo menos dois milhões de anos (HEWITT, 2000), impondo ao Cerrado uma dinâmica de redução e expansão alternada por intensos períodos glaciais (WERNECK et al., 2011, 2012; COLEVATTI et al., 2014; BUENO et al., 2017). Este é um processo natural, mas, a sociedade

moderna tem promovido uma pressão seletiva, tal qual está por ampliar exponencialmente a fragmentação dos ecossistemas envolvidos (CLAVEL; JULLIARD; DEVICTOR, 2011).

O Brasil representa algumas das maiores fronteiras agrícolas do planeta, com cerca de 64 milhões de hectares destinados à agricultura (MARTINELLI et al., 2010) e 172 milhões de hectares destinados à pecuária (DIAS-FILHO, 2014). Apesar dos benefícios ao produto interno bruto (PIB) do país, o agronegócio tem promovido uma homogeneização regional dos ecossistemas com graves impactos na biodiversidade a médio e longo prazo (CLAVEL; JULLIARD; DEVICTOR, 2011). O Cerrado tem sido um foco desta expansão agropecuária nas últimas quatro décadas, resultando em intensas transformações na cobertura dos solos (SPERA et al., 2016). Dentre as dificuldades encontradas para a conservação deste bioma, o sexto *hotspot* mundial da biodiversidade (MITTERMEIER, 2011), destacam-se as injúrias oriundas das atividades do setor agropecuário quanto ao desflorestamento e o fogo não-natural (KLILNK; MACHADO, 2005) além da contaminação dos solos (LAABS et al., 2000), lençol freático e cursos d'água (SCHAFER, et al., 2012) devido ao uso indiscriminado de pesticidas.

No período entre 2002 a 2008, o Cerrado perdia aproximadamente um milhão de hectares por ano (BRASIL, 2009), e estimam-se que mais de 88 milhões de hectares em cobertura nativa jazem convertidos sob forma de matrizes antrópicas (STRASSBURG et al., 2017). O bioma encontra-se tão impactado, que previsões para a manutenção da diversidade de mamíferos remetem a cenários de um colapso polarizado. Nos próximos 50 anos é prevista uma homogeneização generalizada na diversidade de mamíferos na porção meridional do bioma, provocando uma polarização (HIDASI-NETO et al., 2019) para os 19,28% de remanescentes fitofisionômicos “intactos” e situados na porção setentrional (STRASSBURG et al., 2017; VELAZCO et al., 2019). Esta última porção será marcada por uma maior heterogeneidade em termos de diversidade (HIDASI-NETO et al., 2019) –  $\alpha$ ,  $\beta$ , funcional e filogenética – e assim, para as 118 espécies de morcegos registradas no Cerrado (AGUIAR et al., 2016), isto pode significar que a médio e longo prazo ocorrerá um alto *turn-over* de espécies, acarretando a sobreposição de nichos, gargalos genéticos e sucessivas extinções locais (ver SILVA et al., 2018).

A principal consequência ecológica das atividades antrópicas para os morcegos no Cerrado é a extirpação dos traços funcionais essenciais para manutenção das interações bióticas e, conseqüentemente, das respectivas funções ecossistêmicas (OLIVEIRA et al., 2019). Caso este panorama não seja alterado, em um futuro próximo 36 espécies de morcegos

perderão o equivalente a 80% da sua área de distribuição atual no bioma (AGUIAR et al., 2016). Apesar dos negativos cenários agora descritos, foi observado em alguns filostomídeos uma resistência às transformações antrópicas na cobertura dos solos, já que muitas das espécies desta família possuem grande afinidade para com flores e frutos de espécies vegetais sucessionais primárias e secundárias (GORRENSEN; WILLIG, 2004; WILLIG, 2007).

## 2.2 A subfamília Lonchophyllinae Griffiths, 1982

Esta subfamília consiste em morcegos de pequeno porte e hábitos predominantemente nectarívoros, embora seja observado o consumo de frutos, sementes e até mesmo insetos (ZÓRTEA; OPREA; MENDES, 2017). A distribuição geográfica do grupo é restrita ao continente americano, mais precisamente nas porções central e sul (Figura 1), abrangendo distintos ecossistemas – florestas secas em ambientes xéricos, savanas e florestas ombrófilas – nos territórios da Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guianas, Nicarágua, Panamá, Peru e Suriname (GRIFFITHS; GARDNER, 2008; ZÓRTEA; OPREA; MENDES, 2017).

Figura 1 – Ocorrência dos holótipos descritos para a subfamília Lonchophyllinae.



Fonte: Do autor (2019).

Atualmente, existem 20 espécies de morcegos loncofilíneos distribuídas em cinco gêneros, dos quais três são monotípicos: *Platalina genovesium*, *Xeronycteris vieirai* e *Lionycteris spurelli*. O gênero *Lonchophylla* é composto por 13 espécies (*L. mordax*, *L. chocoana*, *L. concava*, *L. fornicata*, *L. orcesi*, *L. hesperia*, *L. orienticollina*, *L. handleyi*, *L. robusta*, *L. dekeyseri*, *L. bokermanni*, *L. peracchii* e *L. inexpectata*) e o gênero *Hsunycteris* por quatro espécies (*H. cadenai*, *H. dashe*, *H. pattoni* e *H. thomasi*) (VELAZCO et al., 2017). Estes “comedores de néctar” possuem uma conspícua morfologia, caracterizada por extrema redução do arco zigomático e projeção dos dentes incisivos superiores (GRIFFITHS, 1982). A língua extensível, apresenta sulco lateral longitudinal circundado inferiormente por uma fileira de papilas filiformes além da redução de estruturas dentárias e, em algumas espécies, o alongamento rostral (GREGORIN; DITCHFIELD, 2005).

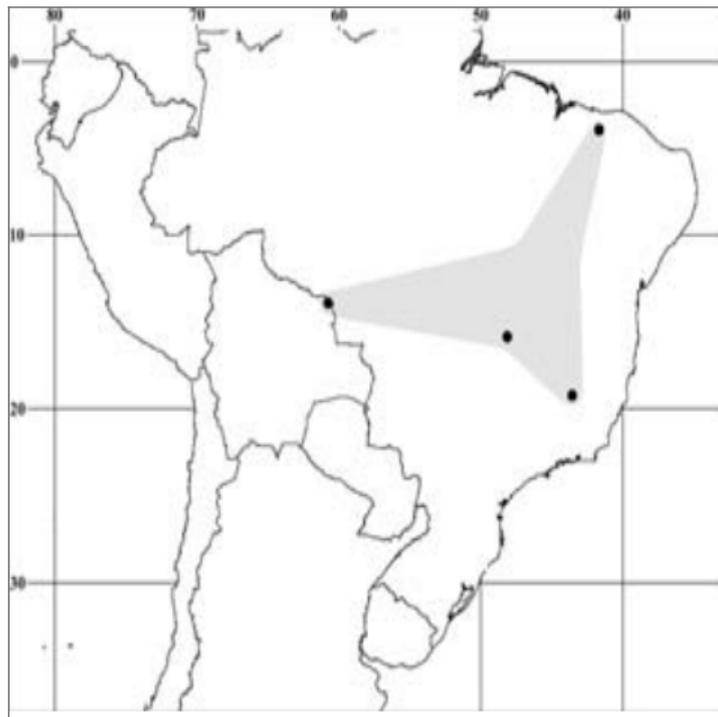
Durante muito tempo estes morcegos foram atribuídos a subfamília Glossophaginae, quando GRIFFITHS (1982) os separou em grupos distintos baseando-se na morfologia da língua e musculatura do osso hioide, no entanto, existem considerações acerca da posição evolutiva e classificação filogenética destes morcegos em relação aos demais filostomídeos. Apesar das análises moleculares recentes suportarem a monofilia do grupo, existem certas incongruências principalmente quanto a posição do gênero *Lonchophylla*, já que o mesmo é variavelmente parafilético em relação a *Lionycteris*, *Platalina* e *Xeronycteris* (DÁVALOS; JANSÁ, 2004; GREGORIN; DITCHFIELD, 2005; WOODMAN; TIMM, 2006; WOODMAN, 2007; DATZMANN; HELVERSEN; MAYER, 2010; PARLOS et al., 2014; VELAZCO et al., 2017).

### 2.3 *Lonchophylla dekeyseri* Taddei, Vizotto & Sazima, 1983

Trata-se de uma espécie endêmica do Cerrado (Figura 2) com ocorrência para os estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Tocantins; embora seja considerado por alguns autores as ocorrências no nordeste brasileiro, nos estados do Piauí (GRIFFITHS e GARNER, 2008), Ceará e Pernambuco (ZÓRTEA; OPREA; MENDES, 2017). Estritamente associada aos ambientes subterrâneos (BREDT; UIEDA; MAGALHAES, 1999; COELHO; MARINHO-FILHO, 2002; ESBÉRARD; MOTTA; PERIGO, 2005; AGUIAR et al., 2006a; AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014; WOODMAN; TIMM, 2006; COUTINHO, 2007; AGUIAR; BERNARD, 2016; ZORTÉA; OPREA; MENDES, 2017; BICHUETTE et al., 2018; REIS et al., 2019), é notável a fidelidade de *L. dekeyseri* ao abrigo, podendo usar a mesma cavidade por até sete anos (AGUIAR;

BERNARD, 2016). Esta espécie possui uma dieta diversificada de acordo com a disposição estacional de pólen, néctar e frutos de espécies sucessionais primárias ou secundárias (*Piper* sp., *Cecropia* sp., *Bauhinia* sp., *Pseudobombax* sp. e *Lafoensia* sp.), embora seja observado em menores proporções o consumo de quatro espécies de coleópteros (COELHO; MARINHO-FILHO, 2002).

Figura 2 – A distribuição geográfica de *L. dekeyseri*.



Fonte: GRIFFITHS; GARDNER (2008).

De pequeno porte (peso entre 9 a 12g), *L. dekeyseri* se diferencia das demais espécies do gênero por uma combinação de características que envolvem o ventre claro, tamanho do antebraço entre 34,7-37,7mm, calcâneo curto (22,0-22,6mm), folha nasal quilhada, presença de pequenas papilas da região anterior do queixo até as laterais dos caninos inferiores, orelhas arredondadas com trago minimamente acuminado (TADDEI; VIZOTTO; SAZIMA, 1983), comprimento da mandíbula menor que 15mm (MORATELLI; DIAS, 2015) e a face posterior dos caninos superiores apresenta um sulco longitudinal (WOODMAN; TIMM, 2006; MORATELLI; DIAS, 2015; DÍAZ et al., 2016, ZORTÉA; OPREA; MENDES, 2017). A morfometria craniana de *L. dekeyseri* é muito similar com *L. mordax*, e de acordo com TADDEI; VIZOTTO; SAZIMA (1983) existem razões alométricas para diferenciação destas duas espécies, a partir do comprimento do antebraço em relação ao comprimento do crânio e

da fileira superior de dentes. Ainda, MORATELLI; DIAS (2013) discorrem quando a tal diferenciação por meio de estruturas dentárias, cujo metastilo dos molares superiores em *L. dekeyseri* são extremamente reduzidos quando comparados aos de *L. mordax* e *L. inexpectata*.

As populações de *L. dekeyseri* estão sob diversas ameaças, sobretudo por atividades antrópicas, culminando em severo declínio populacional devido às medidas para controle do hematófago *Desmodus rotundus* em abrigos compartilhados além dos empreendimentos minerários, agropecuários e turísticos (AGUIAR et al., 2006a; AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014). Estudos em ecologia populacional corroboram tal afirmação, já que se contabilizou apenas seis populações-fonte e um total de 720 indivíduos em estado natural, dos quais 600 estariam aptos a se reproduzir (AGUIAR et al., 2006a; AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010). Classificada como “Em Perigo” de extinção da natureza (IUCN, 2019), há mais de uma década as populações de *L. dekeyseri* enfrentam um “*meltown genic*” devido a sucessivos cruzamentos consanguíneos (COUTINHO, 2007) e, nos melhores panoramas de conservação do Cerrado, estima-se que existam menos de 2,500 indivíduos em estado natural (AGUIAR; BERNARD, 2016).

#### 2.4 Um breve histórico da Teoria do Nicho

O primeiro trabalho teórico sobre nicho ecológico postulou a hipótese que a distribuição geográfica das espécies seria atribuída a fatores ambientais ou abióticos (GRINELL, 1917). Assim, foi estabelecido o nicho pré-interativo, dado por um conjunto de condições ambientais que permitiriam a manutenção da espécie sem a necessidade da interação ecológica (HIRZEL; LAY, 2008). Neste contexto, a tolerância climática de uma espécie definiria a sua distribuição geográfica (GRINELL, 1917) e, posteriormente, foi postulada a hipótese que a distribuição geográfica das espécies seria atribuída a fatores biológicos ou bióticos (ELTON, 1927). Assim, foi estabelecido o nicho pós-interativo, dado por interações bióticas (competição, predação e parasitismo) que permitiriam a manutenção da espécie (HIRZE; LAY, 2008). Neste contexto, o papel funcional ou impacto de uma espécie na comunidade definiria a sua distribuição geográfica (ELTON, 1927).

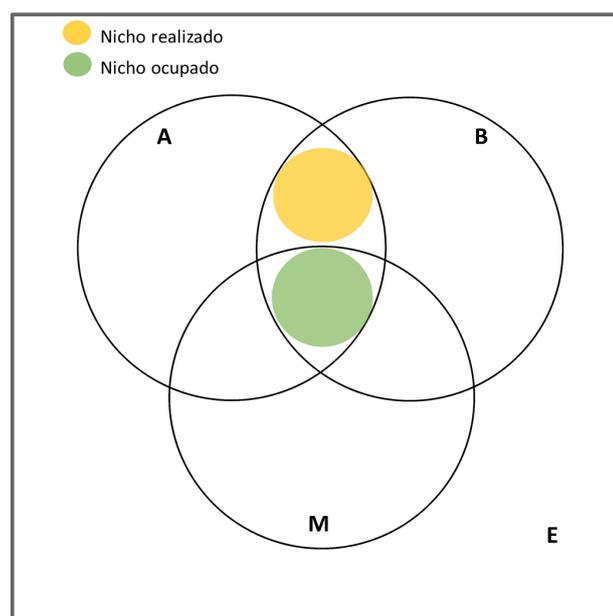
Talvez, as diferenças entre as escalas dimensionais nas hipóteses de Grinell e Elton induziram HUTCHINSON (1957) a unir estas ideias em dois novos conceitos: 1- O *nicho fundamental*, referente ao espaço climaticamente favorável a existência da espécie; 2- O *nicho realizado*, referente a dimensão realizada a partir da intersecção entre fatores abióticos e

bióticos. Com efeito, o conceito hutchinsoniano de nicho o define como um espaço n-dimensional onde cada dimensão corresponderia a um estado no espaço geográfico e, que permitiriam a existência da espécie indefinidamente (HIRZEL; LAY, 2008), contudo, o contrário não se faz verdadeiro (SOBERÓN; OSORIO-OLIVERA; PETERSON, 2017). Tal relação entre nicho e biótopo seria denominada como a “dualidade Hutchinson” (COWELL; RANGEL, 2009; SOBERÓN; OSORIO-OLIVERA; PETERSON, 2017).

A inserção da dinâmica espaço-temporal ao *nicho fundamental* hutchinsoniano foi proposta por JACKSON; OVERPECK (2000), postulando o conceito de *nicho potencial*. Deste modo, as possíveis combinações de fatores ambientais (clima, interações, etc.) obedecem a padrões estocásticos (provocados por mudanças sazonais, por exemplo) e, que proporcionam propagação de áreas com adequabilidade climática, porém, não ocupadas. Estas áreas foram então denominadas por “nichos vagos” (JACKSON; OVERPECK, 2000).

Os autores SOBERÓN; PETERSON (2005) representaram graficamente as dimensões do nicho por meio do diagrama BAM (*biotic, abiotic e moviment*) (Figura 3), onde segundo HIRZEL; LAY (2008) o espaço ambiental (*E*) deve obedecer a três condições principais para se determinar a ocorrência de uma espécie no espaço geográfico: 1- Aquelas que permitem o crescimento populacional (nicho grinelliano); 2- Aquelas que permitem interações intra ou interespecíficas (nicho eltoniano); 3- Aquelas que permitem superar as barreiras de dispersão.

Figura 3 – O nicho ecológico em um espaço ambiental (*E*) representado pelo diagrama BAM.



Fonte: Adaptado de SOBERÓN; PETERSON (2005).

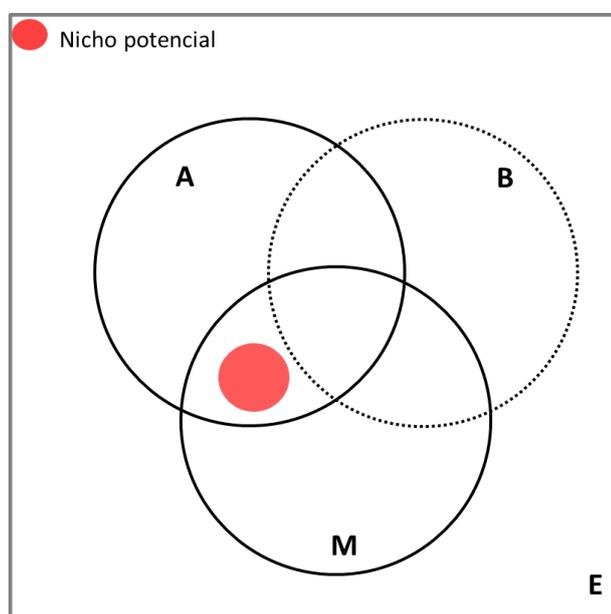
De acordo com SOBERÓN; PETERSON (2005), os fatores abióticos representam o *nicho fundamental* (espaço *A* do diagrama) e, quando restringido por fatores bióticos (espaço *B*), é acessado o *nicho realizado* (intersecção entre os espaços *A* e *B*). Levando-se em consideração a capacidade de dispersão da espécie e a dinâmica espaço-temporal (espaço *M*), por exemplo, na disposição de recursos, logo, é possível acessar o *nicho ocupado* por uma determinada espécie (JACKSON; OVERPACK, 2000; SOBERÓN; PETERSON, 2005).

## 2.5 A Teoria do Nicho e a modelagem correlativa

Existem dois métodos analíticos para se determinar o nicho de uma espécie e, por consequência, sua distribuição geográfica segundo SOBRAL-SOUZA (2015); DINIZ-FILHO; TERRIBILE; ARAÚJO (2016): 1- A modelagem mecanística, cujo nicho predito é baseado em funções oriundas da fisiologia da espécie (tolerância); 2- A modelagem correlativa, cujo nicho predito é baseado em critérios ambientais e pontos de ocorrência da espécie no espaço geográfico. A base conceitual destes métodos é a Teoria do Nicho, logo, fundamentar-se sob tal desdobramento teórico é imprescindível para redução dos erros metodológicos e refinamento das abordagens utilizadas (SOBRAL-SOUZA, 2015).

A modelagem correlativa do nicho ecológico é muitas vezes referida na literatura como modelagem da distribuição potencial, referindo-se a práticas distintas – que iremos nos ater, entretanto, notar tal conceitualização em SOBERÓN; OSORIO-OLIVERA; PETERSON (2017) – e amplamente abordadas como o método mais eficiente para se inferir a distribuição pretérita ou presente de táxons e biomas (ELITH et al., 2006; DINIZ-FILHO; TERRIBILE; ARAÚJO, 2016). A dualidade entre nicho e biótopo é o que permite o “sombreamento” reflexivo (ou distribuição) de uma espécie no espaço geográfico em função das condições no espaço ambiental (HUTCHINSON, 1957), porém, isto faz com que o processo seja majoritariamente teorizado na tradição grinelliana, incorporando ao espaço ambiental apenas as dimensões do *nicho potencial* (Figura 4), que por sua vez, é o mesmo *nicho fundamental* hutchinsoniano (SOBERÓN; PETERSON, 2005; HIRZEL; LAY, 2008).

Figura 4 – O nicho ecológico em um espaço ambiental (E) representado pelo diagrama BAM, no contexto da modelagem correlativa.



Fonte: Adaptado de SOBERÓN; PETERSON (2005).

Para tanto, as prerrogativas são baseadas na insignificância dos fatores bióticos em influenciar padrões “macroescalares” (PRINZING et al., 2002) além da dificuldade para se mensurar e, posteriormente, transpor interações bióticas aos *rasters* (SOBERÓN; NAKAMURA, 2009). Deste modo, os fatores bióticos não se incluem nas modelagens correlativas por promoverem interferências (ruídos eltonianos) na distribuição geográfica das espécies (SOBERÓN; NAKAMURA, 2009).

### 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta dissertação visa aplicar a Teoria do Nicho Ecológico à conservação de uma espécie em perigo de extinção da natureza, endêmica e frequentemente associada aos ambientes cavernícolas. Para isto, foram utilizadas as técnicas mais atuais em modelagem correlativa, ao passo que, o manuscrito divulgado na segunda seção contém uma nova abordagem em análise espacial por meio da estatística multivariada a fim de mensurar a relação e o efeito dos fatores ambientais no nicho potencial. Não obstante, o trabalho realizado como um todo, atesta as habilidades assimiladas pelo discente durante os dois anos de mestrado acadêmico junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras (PPGECO/UFLA).

O real impacto científico desta dissertação talvez vá além da conservação de *L. dekeyseri*, ampliando nossos horizontes para quão significativos os efeitos das mudanças na cobertura e uso dos solos para os morcegos no Cerrado. No mais, os resultados aqui divulgados testam todo o empirismo acerca da relação entre cavernas e a presença desta espécie, dando indícios de uma provável codependência entre *L. dekeyseri* e as regiões cársticas do Brasil Central, já que as mesmas foram os fatores ambientais com maior efeito em sua distribuição potencial. Para esclarecimentos de dúvidas acerca do manuscrito, favor entrar em contato pelo *e-mail* de correspondência do autor ([lucas.delsarto@gmail.com](mailto:lucas.delsarto@gmail.com)).

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; DITCHFIELD, A. D.; COELHO, D. C.; ZORTEA, M.; MARINHO-FILHO, J. **Plano de ação para *Lonchophylla dekeyseri***. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 93pp. 2006a.
- AGUIAR, L. M. S.; BRITO, D.; MACHADO, R. B. Do current vampire bat (*Desmodus rotundus*) population control practices pose a threat to Dekeyser's nectar bat's (*Lonchophylla dekeyseri*) long-term persistence in the Cerrado. **Acta Chiropterologica**, v.12, n.2, p.275-282, 2010.
- AGUIAR, L. M. S.; BERNARD, E.; MACHADO, R. B. Habitat use and movements of *Glossophaga soricina* and *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a neotropical savannah. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.31, n.3, p.223-229, 2014.
- AGUIAR, L. M. S.; BERNARD, E.; MACHADO, R. B.; JONES, J. Should I stay or should I go: climate change effects on the future of neotropical savannah bats. **Global Ecology and Conservation**, v.5, p.22-33, 2016.
- AGUIAR, L. M. S.; BERNARD, E. *Lonchophylla dekeyseri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T12264A22038149. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T12264A22038149.en>. Downloaded on 28 January 2020.
- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). **Journal of Applied Ecology**, v.43, p.1223-1232, 2006.
- ARAÚJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology and Evolution**, v.22, p.42-47, 2006.
- BICHUETTE, M. E.; GIMENEZ, E. A.; ARNONE, I. S.; TRAJANO, E. An important site for conservation of bats in Brazil: Passa Três cave, São Domingos karst area, with an updated checklist for Distrito Federal (DF) and Goiás state. **Subterranean Biology**, v.28, p.39-51, 2018.
- BUENO, M. L.; PENNINGTON, R. T.; DEXTER, K. G.; KAMINO, L. H. Y.; PONTARA, V.; NEVES, D. M.; RATTER, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Effects of quaternary climatic fluctuations on the distribution of neotropical savanna tree species. **Ecography**, v.40, p.403-414, 2017.
- BRASIL. **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do Bioma Cerrado 2002–2008**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 71pp. 2009.
- BREDT, A.; UIEDA, W.; MAGALHAES, E. D. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, p.731-770, 1999.

- COELHO, D. C.; MARINHO-FILHO, J. Diet and activity of *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera: Phyllostomidae) in the Federal District, Brazil. **Mammalia**, v.66, n.3, p.319-330, 2002.
- COLLEVATTI, R. G.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; TERRIBILE, L. C.; GUEDES, L. B.; ROSA, F. F.; TELLES, M. P. Recovering species demographic history from multi-model inference: the case of a Neotropical savanna tree species. **Evolutionary Biology**, v.14, n.213, p.1-13, 2014.
- COUTINHO, R. Z. Diversidade gênica populacional para *Lonchophylla dekeyseri* (Taddei, Vizotto e Sazima, 1983) (Mammalia, Chiroptera). Dissertação de Mestrado, **Universidade Federal do Espírito Santo**, 41pp. 2007.
- COLWELL, R. K.; RANGEL, T. F. Hutchinson's duality: the once and future niche. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.106, n.2, p.19651-19658, 2009.
- CLAVEL, J.; JULLIARD, R.; DEVICTOR, V. Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.9, n.4, p.222-228, 2011.
- DÁVALOS, L. M.; JANSA, S. A. Phylogeny of the Lonchophyllini (Chiroptera: Phyllostomidae). **Journal of Mammalogy**, v.85, n.3, p.404-413, 2004.
- DATZMANN, T.; HELVERSEN, O. V.; MAYER, F. Evolution of nectarivory in phyllostomid bats (Phyllostomidae Gray, 1825, Chiroptera: Mammalia). **Evolutionary Biology**, v.10, n.165, p.2-14, 2010.
- DÍAZ, M. M.; SOLARI, S.; AGUIRRE, L. F.; AGUIAR, L. M. S.; BARQUEZ, R. M. Subfamília Lonchophyllinae. In: BUENA, Y.; BARQUÉZ, R. M. (eds.). **Clave de identificación de los murciélagos de Sudamérica** (1ed.). Tucumán: Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina, 160pp. 2016.
- DIAS-FILHO, M. B. **Documentos: 402 (Diagnóstico das Pastagens no Brasil)**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 38pp. 2014.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; TERRIBILE, L. C.; ARAÚJO, M. B. Macroecologia e Mudanças Climáticas: avanços recentes e novas abordagens. In: CARVALHO, C. J. B. D.; ALMEIDA, E. A. B. D. (eds.). **Biogeografia da América do Sul: análise de tempo, espaço e forma** (2ed.). Rio de Janeiro: Rocca, 324pp. 2016.
- ELITH, J.; GRAHAM, C. P.; ANDERSON, R.; DUDIK, M.; FERRIER, S.; GUISAN, A.; ... LI, J. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. **Ecography**, v.29, n.2, p.129-151, 2006.
- ELTON, C. S. **Animal Ecology**. New York: Macmillan Co., 207pp. 1927.
- ESBÉRARD, C. E.; MOTTA, J. A.; PERIGO, C. Morcegos cavernícolas da Área de Proteção Ambiental (APA) Nascentes do Rio vermelho, goiás. **Revista brasileira de Zoociências**, v.7, n.2, p.311-325, 2005.

GREGORIN, R.; DITCHFIELD, A. D. New genus and species of nectar-feeding bat in the tribe Lonchophyllini (Phyllostomidae: Glossophaginae) from northeastern Brazil. **Journal of Mammalogy**, v.86; n.2; p.403-414, 2005.

GRIFFITHS, T. A. Systematics of the new world nectar-feeding bats (Mammalia: Phyllostomidae) based on the morphology of the hyoid and lingual regions. **American Museum Novitates**, n.2742, p.1-45, 1982.

GRIFFITHS, T. A.; GARDNER. In: GARDNER, A. L. (ed.). Subfamília Lonchophyllinae. **Mammals of South America: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats** (1ed.). Chicago: University Press, 690pp. (Vol.1). 2008.

GRINNELL, J. The niche-relationships of the California Thrasher. **The Auk**, v.34, n.4, p.427-433, 1917.

GORRESEN, P. M.; WILLIG, M. R. Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic Forest of Paraguay. **Journal of Mammalogy**, v.85; n.4; p.688-697, 2004.

HEWITT, G. The genetic legacy of the Quaternary ice ages. **Nature**, v.405, n.6789, p.907-913, 2000.

HIDASI-NETO, J.; JONERA, D. C.; RESENDE, F.; MONTEIRO, L. M.; FALEIRO, F. V.; LOYOLA, R. D.; CIANCIARUSO, M. V. Climate change will drive mammal species loss and biotic homogenization in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.17, p.57-63, 2019.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. **Species distribution modeling with R**. CRAN repository, 79pp. 2017.

HIRZEL, A. H.; LE-LEAY, G. Habitat suitability modelling and niche theory. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.1372-1381, 2008.

HUTCHINSON, G. E. Concluding Remarks. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v.22, p.415-427, 1957.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2019-3. Available from: <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 december 2019.

JACKSON, S. T.; OVERPACK, J. T. Responses of plant populations and communities to environmental changes of the late Quaternary. **Paleobiology**, v.26, n.4, p.194-220, 2000.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; OVERTON, J. M.; ARAGON, P.; LOBO, J. Use of niche models in invasive species risk assessments. **Biology Invasions**, v.3, p.2785-2797, 2011.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A.; ALTSTAEDT, A.; ZECH, W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an Oxisol of the Brazilian Cerrados. **Chemosphere**, v.41, n.9, p.1441-1449, 2000.

MARTINELLI, L. A.; NAYLOR, R.; VITOUSEK, P. M.; MOUTINHO, P. Agriculture in Brazil: impacts, costs, and opportunities for a sustainable future. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v.2, n.5-6, p.431-438, 2010.

MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: ZACHOS, F. E.; CHRISTIAN, J. H. (eds.). **Biodiversity Hotspots**. New York: Springer Press, p.3-22, 2011.

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

OLIVEIRA, H. F. M.; CAMARGO, N. F.; GAGER, Y.; MUYLAERT, R. L.; RAMON, E.; MARTINS, R. C. C. Protecting the Cerrado: where should we direct efforts for the conservation of bat-plant interactions. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, n. 11, p.2765-2779, 2019.

PARLOS, A.; TIMM, R. M.; SWIER, V. J.; ZEBALLOS, H.; BAKER, R. J. Evaluation of the paraphyletic assemblages within Lonchophyllinae, with description of a new tribe and genus. **Occasional Papers**, n. 320, p.1-23, 2014.

PRINZING, A.; DURKA, W.; KLOTZ, S.; BRANDL, R. Geographic variability of ecological niches of plant species: are competition and stress relevant. **Ecography**, v.25, n.6, p.721-729, 2002.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. R version 3.6.1, 2019.

REIS, I.; PERES, K. M.; GOULART, L. S.; DAROSCI, A. A. B. Registro de morcego ameaçado de extinção em área de mineração no Cerrado. **Tecnia**, v.4, n.1, p.186-193, 2019.

RODRIGUES, F. H.; SILVEIRA, L.; JACOMO, A. T.; CARMIGNOTTO, A. P.; BEZERRA, A. M.; COELHO, D. C.; ... HASS, A. Composição e caracterização da fauna de mamíferos do Parque Nacional das Emas, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.19, n.2, p.589-600, 2002.

SCHAFER, R. B.; BUNDSCHUH, M.; ROUCH, D. A.; SZOCS, E.; VAN-DER-OHE, P. C.; PETTIGROVE, V.; ... KEFFORD, B. J. Effects of pesticide toxicity, salinity and other environmental variables on selected ecosystem functions in streams and the relevance for ecosystem services. **Science of The Total Environment**, v.415, p.69-78, 2012.

SILVA, D. C.; VIEIRA, T. B.; SILVA, J. M.; FARIA, K. C. Biogeography and priority areas for the conservation of bats in the Brazilian Cerrado. **Biodiversity Conservation**, v.27, p.815-828, 2018.

SOBERÓN, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v.2, p.1-10, 2005.

SOBERÓN, J.; NAKAMURA, M. Niches and distributional areas: concepts, methods, and assumptions. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.106, n. Supplement 2, p.19644-19650, 2009.

SOBERÓN, J.; OSORIO-OLVERA, L.; PETERSON, A. T. Diferencias conceptuales entre modelación de nichos y modelación de áreas de distribución. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v.88, p.437-441, 2017.

SOBRAL-SOUZA, T. Biogeografia histórica e conservação das Florestas Úmidas da América do Sul: uma abordagem baseada em modelos de nicho ecológico. Tese de Doutorado, **Universidade Estadual de Campinas**, 91pp. 2015.

SPERA, S. A.; GALFORD, J. L.; COE, M. T.; MACEDO, M. N.; MUSTARD, J. F. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. **Global Change Biology**, v.22, n.10, p.3405-3413, 2016.

STRASSBURG, B. B.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; ... SOARES-FILHO, B. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v.1, n.4, p.1-3, 2017.

TADDEI, V. A.; VIZOTTO, L. D.; SAZIMA, I. Uma nova espécie de *Lonchophylla* para o Brasil e chave para identificação das espécies do gênero (Chiroptera, Phyllostomidae). **Ciência e Cultura**, v.35, n.5, p.625-629, 1983.

VANCINI, M. H. **Tutorial de Análises Preliminares e Gráficas no R para Modelos de Nicho Ecológico**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 38pp. 2016.

VARELA, S.; ANDERSON, R. P.; GARCIA-VALDES, R.; FERNANDEZ-GONZALEZ, F. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. **Ecography**, v.37, n.11, p.1084-1091, 2014.

VELAZCO, P. M.; SOTO-CENTENO, J. A.; FLECK, D. W.; VOSS, R. S.; SIMMONS, N. B. A new species of nectar-feeding bat of the genus *Hsunitycteris* (Phyllostomidae: Lonchophyllinae) from northeastern Peru. **American Museum Novitates**, n. 3881, p.1-26, 2017.

VELAZCO, S. J. E.; VILLALOBOS, F.; GALVAO, F.; DE MARCO-JUNIOR, P. A dark scenario for Cerrado plant species: Effects of future climate, land use and protected areas ineffectiveness. **Diversity and Distributions**, v.25, n.4, p.660-673, 2019.

ZORTÉA, M.; OPREA, M.; MENDES, P. Subfamília Lonchophyllinae. In: REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; BATISTA, C. B.; LIMA, I. P.; PEREIRA, A. D. (eds.). **História Natural dos Morcegos Brasileiros: Chave de Identificação de Espécies** (1ed.). Rio de Janeiro: Technical Books, 416pp. 2017.

WERNECK, F. P.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R.; PRADO, E.; SITES, J. W. Revisiting the historical distribution of seasonally dry tropical forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. **Global Ecology and Biogeography**, v.20, p.272-288, 2011.

WERNECK F. P.; NOGUEIRA, C.; COLLI, G. R.; SITES, J. W.; COSTA, G. C. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. **Journal of Biogeography**, v.39, p.1695-1706, 2012.

WILLIG, M. R.; PRESLEY, S. J.; BLOCH, C. P.; HICE, C. L.; YANOVIK, S. P.; DÍAZ, M. M.; ... WEAVER, S. Phyllostomid bats of lowland Amazonia: effects of habitat alteration on abundance. **Biotropica**, v.39, n.6, p.737-746, 2007.

WOODMAN, N.; TIMM, R. M. Characters and phylogenetic relationships of nectar-feeding bats, with descriptions of new *Lonchophylla* from western South America (Mammalia: Chiroptera: Phyllostomidae: Lonchophyllini). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v.119, n.4, p.437-476, 2006.

WOODMAN, N. A new species of nectar-feeding bat, genus *Lonchophylla*, from western Colombia and western Ecuador (Mammalia: Chiroptera: Phyllostomidae). **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v.120, n.3, p.340-358, 2007.

## **SEGUNDA PARTE**

Artigo – Norma NBR 6022 (ABNT, 2018)

**CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE  
*LONCHOPHYLLA DEKEYSERI* TADDEI, VIZOTTO &  
SAZIMA, 1983 (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE)**

## 1 INTRODUÇÃO

As savanas brasileiras têm sido um alvo da expansão agropecuária nas últimas quatro décadas, resultando intensas transformações na cobertura dos solos (SPERA et al., 2016). Cerca de um milhão de hectares eram modificados a cada ano entre 2002 e 2008 (BRASIL, 2009), contabilizando os mais de 88 milhões de hectares em cobertura vegetal nativa convertidos sob a forma de matrizes antrópicas (STRASSBURG et al., 2017). Dentre as injúrias acometidas aos ecossistemas savânicos, destacam-se o desflorestamento e o fogo não-natural (KLINK; MACHADO, 2005) além da contaminação dos solos (LAABS et al., 2000), lençol freático e cursos d'água (SCHAFER et al., 2012) devido ao uso indiscriminado de pesticidas.

As previsões para a conservação dos aspectos taxonômicos e filogenéticos dos mamíferos no Cerrado remetem cenários de um colapso polarizado a médio prazo, cujos grupos essenciais para funções ecossistêmicas (OLIVEIRA et al., 2019) padecerão frente a uma generalizada homogeneização da diversidade (HIDASI-NETO et al., 2018; VELAZCO et al., 2019). Caso este panorama não seja alterado, em 50 anos um total de 36 espécies de morcegos perderão o equivalente a 80% dos limites da sua distribuição atual no bioma (AGUIAR et al., 2016).

Apesar dos negativos impactos das atividades antrópicas para diversidade de morcegos, alguns filostomídeos se mostraram resistentes quanto as transformações na cobertura dos solos (GORRESEN; WILLIG, 2004; WILLIG et al., 2007; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014). Neste caso, o morceguinho-do-cerrado (*Lonchophylla dekeyseri*) se torna essencial aos primeiros estágios da sucessão ecológica nos ecossistemas antropizados do Cerrado (AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014), já que o mesmo possui grande afinidade por flores e frutos de espécies sucessionais primárias e secundárias (*Piper* sp., *Cecropia* sp., *Bauhinia* sp., *Pseudobombax* sp. e *Lafoensia* sp.) (COELHO; MARINHO-FILHO, 2002).

Este loncofilíneo estritamente associado aos ambientes cavernícolas (AGUIAR et al., 2006a; AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014) está “Em Perigo” de extinção (IUCN, 2019), quando foram estimados cerca de 2,500 indivíduos em estado natural (AGUIAR; BERNARD, 2016). Existem seis grandes populações, ameaçadas por uma extrema redução de haplótipos devido a sucessivos cruzamentos consanguíneos (COUTINHO et al., 2007) além das extinções locais causadas por

medidas de controle ao hematófago *Desmodus rotundus*, em abrigos compartilhados (AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010).

O principal objetivo deste manuscrito é a caracterização da distribuição potencial de *L. dekeyseri*, a fim de subsidiar medidas para sua conservação. Para nortear tal objetivo, foram suscitadas as seguintes perguntas ecológicas: 1- Quais os limites da distribuição geográfica de *L. dekeyseri*? 2- Quais são as variáveis ambientais preponderantes a esta distribuição?

## 2 MÉTODOS – Ambiente-R versão 3.5.8 (R CORE DEVELOPMENT TEAM, 2019)

### 2.1 Modelagem do Nicho Potencial

#### 2.1.1 Seleção das Variáveis Ambientais

Um total de 21 variáveis ambientais (Tabela 1), arquitetadas em formato *raster* (formato *.tif*) e resolução de 2,5 arc-seg (4,5km<sup>2</sup>) foram cortadas por meio da função *crop* do pacote ‘*raster*’ (HJIMANS e VAN-ETTEN, 2012), utilizando o *background* (ou extensão) “território brasileiro”. Assim, optou-se por combinar elementos que atenuassem o clima e o relevo do Cerrado incorporando a modelagem nuances sazonais da temperatura (SMERALDO et al., 2018) com a isotermalidade; barreiras à dispersão com a elevação; além da heterogeneidade ambiental com a cobertura e uso dos solos.

Tabela 1 – Origem dos arquivos *raster* e links para download.

Arquivos <i>Raster</i>	Quantidade	Origem
Variáveis bioclimáticas	19	<a href="http://www.worldclim.org/">www.worldclim.org/</a>
Elevação	1	<a href="http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/">www.dpi.inpe.br/Ambdata/</a>
Cobertura e uso dos solos	1	<a href="http://www.mapbiomas.org/">www.mapbiomas.org/</a>

Fonte: Do autor (2019).

Uma análise de *Spearman* foi realizada para verificar a existência de correlação entre as variáveis ambientais, sendo aceitáveis valores inferiores a 0,75 tanto positivos quanto negativos (NAIMI; ARAÚJO, 2016). Por meio da função *vifstep* do pacote ‘*usdm*’ (NAIMI et al., 2017) foi executada uma análise de inflação da variância (VIF) para verificar a existência de colinearidade entre as mesmas, sendo aceitáveis valores inferiores a 5,0 (NAIMI;

ARAÚJO, 2016) (Tabela 2). A fim de reduzir o número de variáveis preditoras, por meio da função *PCA* do pacote ‘FactoMineR’ (HUSSON; LE; JOSSE, 2017) foi executada uma análise de componentes principais (PCA) a partir de uma matriz de covariância. Assim, por meio da função *get\_eig* do pacote ‘factoextra’ (KASSAMBARA, 2011) atribuíram-se autovalores às variáveis ambientais, a fim de selecionar variáveis que possuam alta contribuição para cada eixo ortogonal resultante PCA.

Tabela 2 – Designação e Análise do Fator de Influência da Variância.

Variáveis Ambientais	Designação	VIF
Bio03	Isotermalidade	1,95
Bio10	Temperatura média do trimestre mais quente	4,45
Bio17	Precipitação média trimestre mais seco	1,61
Bio18	Precipitação média trimestre mais quente	1,36
Elevação	Restrição espacial	4,65
Uso dos solos	Heterogeneidade ambiental	1,22

Fonte: Do autor (2019).

### 2.1.2 Pontos de Presença

Foram elencados 19 pontos de presença (Tabela 3): sete extraídos de manuscritos publicados em periódicos e 12 extraídos na plataforma do Portal da Biodiversidade (PortalBio, 2019). A distância mínima entre os pontos de presença é 48km e, levando-se em conta que *L. dekeyseri* se desloca em média 1,3km durante seu forrageio (AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014), logo, seria plausível descartar a existência de autocorrelação espacial. Devido a relevante diferença de haplótipos em relação aos indivíduos no centro-oeste do país (COUTINHO, 2007), optou-se por não levar em consideração as ocorrências no estado do Piauí. Optou-se também por não considerar as demais ocorrências do nordeste, devido à sobreposição com *L. mordax* e *L. inexpectata*.

Tabela 3 – Presenças utilizadas na modelagem do nicho potencial. (continua)

	Longitude	Latitude	Referencial
1	-52,892	-18,263	RODRIGUES et al. (2002)

Tabela 3 – Presenças utilizadas na modelagem do nicho potencial. (continuação)

2	-47,233	-10,500	GONÇALVES; GREGORIN (2004)
3	-46,166	-11,283	“
4	-48,116	-15,566	COUTINHO (2007)
5	-52,502	-14,805	KARINA C. FARIA (2010)
6	-54,150	-17,208	JOÃO D. MIRANDA (2014)
7	-46,334	-13,417	MONIK OPREA (2010)
8	-57,050	-15,450	GREGORIN et al. (2011)
9	-57,316	-15,800	“
10	-54,635	-16,470	“
11	-54,434	-17,538	CUNHA et al. (2011)
12	-46,866	-18,263	MONIK OPREA (2012)
13	-48,703	-14,374	POLIANA MENDES (2012)
14	-48,446	-14,060	“
15	-49,024	-15,109	“
16	-46,105	-14,548	SHIRLEY P. SILVA (2014)
17	-44,627	-16,148	MARIA DAMASCENO (2014)
18	-47,600	-15,586	AGUIAR; BERNARD; MACHADO (2014)
19	-43,200	-18,161	ALMEIDA et al. (2016)

Fonte: Do autor (2019).

### 2.1.3 Pontos de Pseudo-ausência

A maioria dos algoritmos escolhidos para as projeções do espaço ambiental ao geográfico operam por meio de ausências (Tabela 4) e, para satisfazer as premissas dos mesmos, era amostrada uma pseudo-ausência para cada presença verdadeira. Por meio da função *envSample* (VARELA et al., 2014) as ausências foram amostradas com base em filtros ambientais (Bio10, Bio17, elevação e declividade), a fim de inserir tais pontos em regiões focais desfavoráveis a ocorrência de *L. dekeyseri*.

Tabela 4 – Pseudo-ausências utilizadas na modelagem do nicho potencial. (continua)

	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
1	-44,937	-2,229
2	-61,020	0,979
3	-38,979	-11,895

Tabela 4 – Pseudo-ausências utilizadas na modelagem do nicho potencial. (continuação)

4	-68,937	-3,979
5	-59,520	-5,479
6	-56,770	-29,937
7	-53,187	-2,104
8	-50,770	-10,979
9	-49,187	-25,354
10	-52,562	-10,187
11	-53,937	0,687
12	-45,729	-18,520
13	-50,812	0,479
14	-56,812	-5,937
15	-38,229	-5,437
16	-56,979	-12,354
17	-47,395	-20,395
18	-53,145	-24,937
19	-63,770	-4,437

Fonte: Do autor (2019).

#### 2.1.4 Validação

Por meio da função *prepare.data* do pacote ‘*dismo*’ (HJIMANS et al., 2011) os 38 pontos (19 presenças e 19 ausências) eram randomizados, em 80% para treino (projeções ao espaço geográfico) e 20% para teste (validação das projeções). Ainda com o mesmo pacote, a função *evaluate* acionou o parâmetro *true skill statistic* (TSS) para avaliar a modelagem em *output* binário, sendo que modelos aceitáveis apresentam valores acima de 0,6 (ALLOUCHE; TSOAR; KADMON, 2006). Por meio função *as.numeric* do pacote ‘*raster*’ foi acionado o parâmetro *lowest presence threshold* (LPT) para avaliar a modelagem em *output* contínuo, a fim de determinar um limiar entre o *underfitting* (precisão) e *overfitting* (generalização), cujos valores aceitáveis de acurácia permeiam entre 0,4 (zero omissão e baixa comissão) enquanto valores precisos com maior probabilidade de acertos permeiam entre 0,6 (otimização entre a especificidade e sensibilidade) (JIMÉNEZ-VALVERDE et al., 2011).

### 2.1.5 Projeções

Utilizou-se de múltiplos algoritmos para aumentar a confiabilidade das predições (ELITH et al., 2011) e, deste modo, eram carregados os pacotes ‘randomForest’ (LIAW; WIENER, 2002), ‘kernlab’ (KARATZOGLOU et al., 2004) e ‘dismo’, a fim de combinar cinco algoritmos em uma técnica extremamente eficaz (ELITH et al., 2006; 2011) nas modelagens correlativas: o *ensemble* (ARAÚJO; NEW, 2006). Ainda com o pacote ‘dismo’, a partir da função *predict* foram iniciadas as projeções abordando duas famílias de algoritmos: 1- Os envelopes climáticos – Bioclim (NIX, 1986) e Domain (CARPENTER, 1993); 2- Os *machine learning* – Support Vector Machine (SVM) (TAX; DUIN, 2004), algoritmo da máxima entropia (MaxEnt) (PHILLIPS; DUDIK, 2008) e o Random Forest (RF) (BREIMAN, 2001), embora este último seja considerado um algoritmo estatístico pois opera por meio das árvores de regressões lineares. A escolha destes cinco algoritmos é baseada nos trabalhos de ELITH et al. (2006; 2011), que demonstraram tendências intrínsecas, cada qual permeando entre o *underfitting* ou *overfitting* e, portanto, o *ensemble* dos mesmos teoricamente garante um maior realismo as modelagens, já que serão concatenadas apenas as “presenças verdadeiras” fornecidas por cada uma dos cinco algoritmos (ARAÚJO; NEW, 2006).

### 2.1.6 *Ensemble* por frequência

Das 125 predições obtidas, desta vez, aquelas que possuíam um limiar próximo a otimização de acertos e diminuição dos erros de comissão ( $LTP > 0,6$ ) (JIMENÉNZ-VALVERDE et al., 2011) foram consideradas como presenças verdadeiras (1), enquanto que os valores abaixo deste limiar foram considerados como ausências (0). Por meio de funções genéricas, as 125 projeções agora em *output* binário eram agregadas e o número de presenças verdadeiras em cada célula por 5 aleatorizações foram somados e, em seguida, retorna-se um *raster* consensual concatenando a frequência (%) com que as células foram preditas como presenças verdadeiras.

## 2.2 Efeito das Variáveis Ambientais

Com a função *glm2* do pacote homônimo (MARSCHNER, 2011), realizou-se um modelo linear generalizado (GLM), sendo a variável resposta: a distribuição potencial de *L*.

*dekeyseri* resultante da modelagem correlativa. As variáveis preditoras do modelo são variáveis ambientais independentes das usadas na modelagem correlativa. Eram indexados ao GLM até 28 fatores ambientais (Tabela 5), arquetizados em arquivos rasters com 2,5 arc-seg de resolução e *background* (ou extensão) para o território brasileiro.

Tabela 5 – Origem dos arquivos *raster* utilizados como variáveis preditoras do GLM.

Arquivos <i>Raster</i>	Quantidade	Origem
Clima	4	www.worldclim.org/
Regiões cársticas	14	www.icmbio.gov.br/cecavcanie
Tipos de solos	4	www.soilgrids.org/
PH dos solos	1	”
Uso dos solos	4	www.mapbiomas.org/
Declividade	1	www.dpi.inpe.br/Ambdata/

Fonte: Do autor (2019).

Os *rasters* referentes às regiões cársticas foram confeccionados a partir dos vetores oriundos da plataforma do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) (Tabela 5). Por meio da função *as.raster* do pacote ‘*raster*’ converteram-se tais vetores em *rasters* categóricos a partir de cada litologia e, posteriormente, com a função *is.na* os valores não selecionados eram atribuídos como “NA” (*not available*). Assim, por meio da função *extract* os valores selecionados por litologia foram individualmente extraídos para novos arquivos *rasters*.

Os tipos de solo eram incorporados à modelagem porque se fizeram os preditores mais importantes na distribuição potencial do stenodermatíneo *Artibeus amplus* (RAMONI-PERAZZI; MUNOZ-ROMO; CHAVES, 2012). Discriminaram-se os solos ácidos e álicos do Cerrado utilizando potencial hidrogeniônico (PH), latossolos (vermelho e amarelo), plintossolos e cambissolos (PEREIRA et al., 2010). Todos estes *rasters* foram obtidos na plataforma SoilsGrid (Tabela 5).

Os *rasters* referentes a cobertura e uso dos solos, obtidos na plataforma do MapBiomas (Tabela 5), se organizavam por biomas. Assim, os mesmos eram agrupados ao *background* do território brasileiro em um arquivo único por meio da função *mosaic* do pacote ‘*raster*’, e os valores correspondentes a agricultura, cobertura vegetal, infraestrutura urbana e pastagem foram selecionados e extraídos para novos arquivos *raster*.

## 2.2.2 Seleção das Variáveis Ambientais (preditoras)

Realizou-se uma análise de *Spearman* para verificar a existência de correlação entre os fatores ambientais, cuja função *findCorrelation* do pacote ‘caret’ (KUHN, 2008) eliminou valores superiores a 0,7 tanto positivos quanto negativos (MIOT, 2018). Deste modo, era eliminada do banco de dados a região cárstica composta por rochas vulcânicas e graníticas (corr=0,786). Uma análise VIF (Tabela 6) constatou a existência de baixa multicolinearidade entre os fatores ambientais selecionados, no entanto, foram excluídas as regiões cársticas compostas por rochas siliciclásticas (VIF=6,81). Uma PCA (Tabela 6) atribuiu autovalores para cada fator ambiental, a fim de discriminar a influência dos mesmos na covariância total do conjunto de dados, possibilitando organizar os preditores do GLM de acordo com a sua contribuição (%).

Tabela 6 – Multicolinearidade e PCA das variáveis preditoras. (continua)

Variáveis Preditoras	Designação	VIF	PCA
Bio01	Temperatura anual	4,38	19,68
Bio07	Range temperatura (Bio05-Bio06)	2,68	13,30
Bio12	Precipitação anual	3,52	0,81
Bio15	Sazonalidade da precipitação	3,80	1,43
Declividade	Restrição espacial	1,36	3,96
Agricultura	Uso dos solos	1,67	6,96
Cobertura vegetal	„	1,80	4,00
Infraestrutura urbana	„	1,02	4,31
Pastagem	„	1,67	0,01
PH	Acidez dos solos	2,83	0,05
Udepts	Cambissolos	1,84	0,64
Udox	Latossolos e Plintossolos	2,56	11,21
Ustox	„	1,97	5,81
Rochas carbonáticas	Regiões Cársticas	1,66	0,40
” carbonáticas e siliciclásticas	„	1,27	6,87
” siliciclásticas	„	>5,0	----
” ferruginosas	„	1,70	1,75
” graníticas	„	1,25	0,002
” vulcânicas	„	2,00	9,94
morros testemunhos Bambuí	„	1,19	0,33

Tabela 6 – Multicolinearidade e PCA das variáveis preditoras. (continuação)

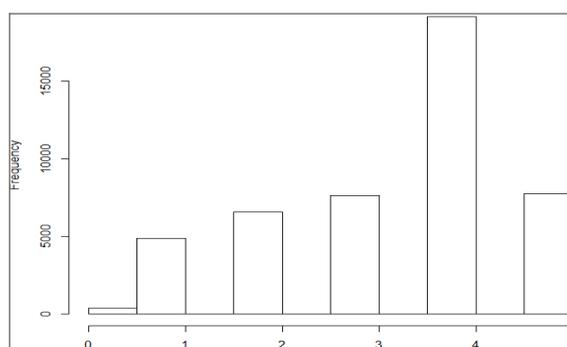
” não classificadas	”	1,08	0,05
” graníticas e carbonáticas	”	1,08	0,11
” graníticas e siliciclásticas	”	1,03	0,12
” ferruginosas e siliciclásticas	”	1,03	0,002
” vulcânicas e ferruginosas	”	1,02	0,20
” ferruginosas e carbonáticas	”	1,01	0,01

Fonte: Do autor (2019).

### 2.2.3 Variável Resposta

O *ensemble* a partir dos 125 mapas projetados foi disposto em um gradiente de classes por meio da função *freq* do pacote ‘raster’. Estabeleceram-se cinco classes, a fim de “diluir” a inflação de zeros oriunda de uma distribuição binomial e, deste modo, os dados de contagem obtidos (Figura 1) apresentaram uma distribuição semelhante à curva de *Poisson*.

Figura 1 – Histograma das frequências das classes obtidas na variável resposta.



Fonte: Do autor (2019).

### 2.2.4 Ajustes Residuais

O GLM selecionado era ajustado para a família *quasi*, por meio da função *update* do pacote ‘MASS’ (VENABLES; RIPLEY, 2002). O resultado da divisão entre os desvios residuais pelos graus de liberdade (Tabela 7), condiz com o parâmetro de dispersão estimado (0,535). A existência de equivalência entre os valores máximo e mínimo dos coeficientes residuais (-3,07/3,42) assim como dos quantis (-0,438/0,495) além da mediana (0,005) estar muito próxima do valor “0”, demonstra que estes dados atenderiam as premissas de um teste *t*

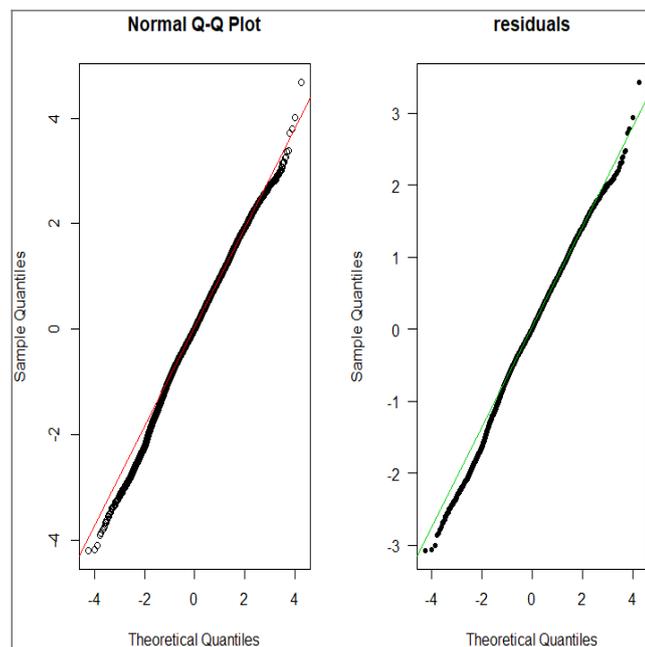
(ALVARENGA, 2015), em outras palavras, os resíduos possuem uma forte tendência à normalidade. Ainda, foi verificado que a dispersão dos dados em relação aos quantis reais e simulados (Figura 2) concentra-se em um intervalo adequado para modelos baseados em regressões lineares (ALVARENGA, 2015). O parâmetro utilizado para avaliar o poder explicativo do GLM é o pseudo- $r^2$  de *Pearson*, obtido por meio da função *RsqGLM* do pacote ‘modEVA’ (BARBOSA et al., 2013). Finalmente, a função genérica *anova* realizou uma análise de variância (ANOVA), a fim de testar a significância dos preditores com o teste do qui-quadrado (Tabela 9).

Tabela 7 – Coeficientes residuais do GLM ajustado.

Valor Mínimo	-3,070
Valor Máximo	3,422
1º Quantil	-0,438
3º Quantil	0,495
Mediana	0,005
Desvios Residuais	24,755
Graus de Liberdade	46,244

Fonte: Do autor (2019).

Figura 2 – Gráficos exibindo forte tendência à normalidade dos resíduos.

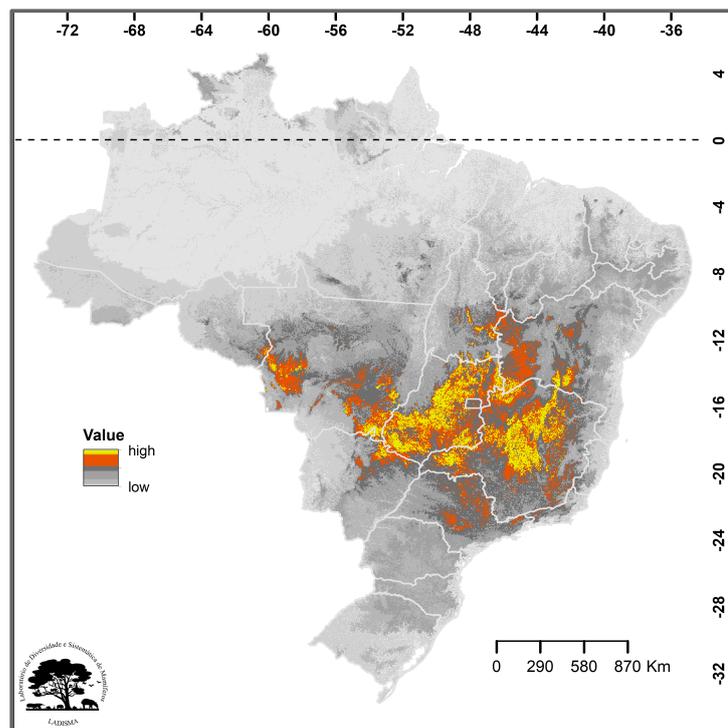


Fonte: Do autor (2019).

### 3 RESULTADOS

A distribuição potencial de *L. dekeyseri* concentra-se nos limites do Cerrado (Figura 3), abrangendo porções nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Bahia e Minas Gerais. Existem áreas de alta adequabilidade nos enclaves fitogeográficos em florestas secas (OLSON et al., 2001) no centro-sul do estado da Bahia, e a noroeste de Minas Gerais já nos limites com a Serra do Espinhaço. Notam-se áreas com baixa adequabilidade a sudeste de Minas Gerais nos limites com a Serra do Mar além do interior do de São Paulo.

Figura 3 – A distribuição potencial de *L. dekeyseri*.



Fonte: Do autor (2019).

De acordo com os parâmetros avaliativos (Tabela 8), o *ensemble* forneceu previsões confiáveis (*overall* TSS=0,697/AUC=0,823) com ínfimos erros de omissão e comissão (*overall* LTP=0,461). Os parâmetros avaliativos podem expressar características intrínsecas de cada algoritmo. Os *machine-learning* (RF, SVM, MaxEnt) detectaram limites mais amplos, e operaram com os LTP's próximos a otimização de acertos (JIMÉNEZ-VALVERDE, 2011). A característica restritiva dos envelopes climáticos (Bioclim e Domain) conferiram maior precisão, atenuando áreas com alta probabilidade para ocorrência, pois operam com uma

margem de significância igual a 95% (ELITH et al., 2006). O conjunto de preditores indexados no GLM explicam quase 70% do nicho potencial modelado ( $R^2=0,660$ ). No geral, os preditores impeliram um efeito positivo e extremamente significativo ( $\beta\theta=1,66/p=<2e-16$ ) para a distribuição potencial de *L. dekeyseri* e, apesar do alto número de contribuições significativas (Tabela 9), destaca-se o efeito das pastagens e das regiões cársticas (Figura 4-8).

Tabela 8 – Parâmetros avaliativos da modelagem da distribuição potencial.

<b>Algoritmos</b>	<b>TSS (-1&gt;X&lt;1)</b>	<b>LTP (0,4&gt;X&lt;0,6)</b>	<b>AUC (0&gt;X&lt;1)</b>
Bioclim	0,500	0,250	0,733
Domain	0,716	0,444	0,850
MaxEnt	0,756	0,566	0,807
Random Forest	0,740	0,507	0,860
SVM	0,772	0,550	0,866

Fonte: Do autor (2019).

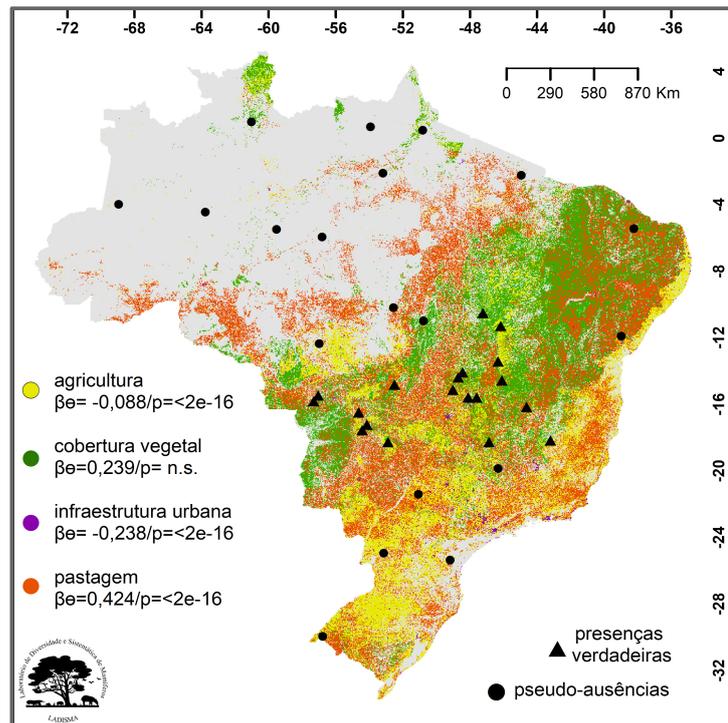
Tabela 9 – Coeficientes do GLM ajustado e testado por uma ANOVA. (continua)

<b>Coefficients</b>	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>	<b>Pr(&gt; X<sup>2</sup> )</b>
<b><math>\beta\theta</math></b>	<b>1,660e+00</b>	<b>2,675e-01</b>	<b>&lt;2e-16</b>	<b>NULL</b>
Bio01	-1,723e-01	2,459e-03	<2e-16	<2e-16
Bio15	2,228e-02	2,580e-04	<2e-16	<2e-16
Bio07	1,283e-01	1,948e-03	<2e-16	<2e-16
Udox	2,234e-02	3,627e-04	<2e-16	<2e-16
Rochas vulcânicas	-6,269e-01	2,125e-02	<2e-16	<2e-16
Agricultura	-8,776e-02	1,158e-02	3,5e-04	<2e-16
Ustox	6,535e-03	6,639e-04	<2e-16	0,004
Rochas vulcânicas e siliciclásticas	-2,492e-01	1,979e-02	<2e-16	<2e-16
Cobertura vegetal	2,399e-01	1,070e-02	<2e-16	<del>0,369</del>
Declividade	7,356e-03	7,491e-04	<2e-16	<del>0,088</del>
Rochas ferruginosas	4,517e-02	1,650e-02	0,006	<2e-16
Bio12	1,087e-04	1,396e-05	7,2e-15	<del>0,094</del>
Udepts	1,839e-02	7,065e-04	<2e-16	<2e-16
Rochas carbonáticas	1,931e-01	1,193e-02	<2e-16	1,30e-14
Morros testemunhos Bambuí	6,299e-01	1,799e-02	<2e-16	<2e-16
Rochas vulcânicas e ferruginosas	-9,589e-01	1,080e-01	<2e-16	<2e-16
” graníticas e siliciclásticas	-7,364e-02	7,784e-02	<del>0,344</del>	<del>0,242</del>

Tabela 9 – Coeficientes do GLM ajustado e testado por uma ANOVA. (continuação)

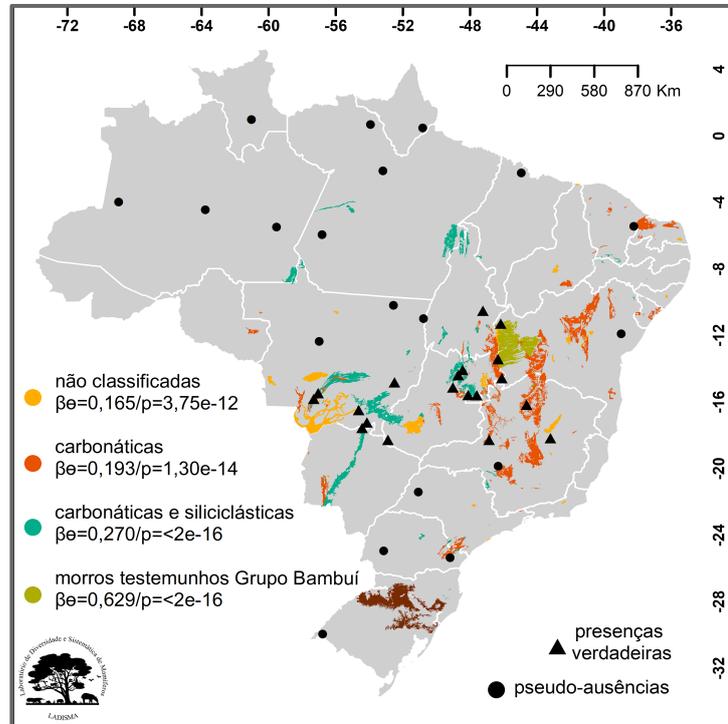
” graníticas e carbonáticas	-3,606e-01	3,989e-02	<2e-16	<2e-16
” carbonáticas e siliciclásticas	2,701e-01	1,311e-02	<2e-16	<2e-16
” não classificadas	1,653e-01	2,073e-02	1,6e-15	3,75e-12
PH dos solos	1,464e-02	1,561e-03	<2e-16	<2e-16
Infraestrutura urbana	-2,368e-01	4,389e-02	1,8e-19	<2e-16
Rochas ferruginosas e carbonáticas	-5,940e-01	1,343e-01	9,7e-16	1,51e-06
Pastagem	4,249e-01	1,019e-02	<2e-16	<2e-16
Rochas ferruginosas e siliciclásticas	2,255e-01	4,217e-02	8,9e-08	2,30e-07
” graníticas	2,298e-02	1,316e-02	0,022	0,023

Fonte: Do autor (2019).

Figura 4 – Efeito da cobertura e uso dos solos na distribuição potencial de *L. dekeyseri*.

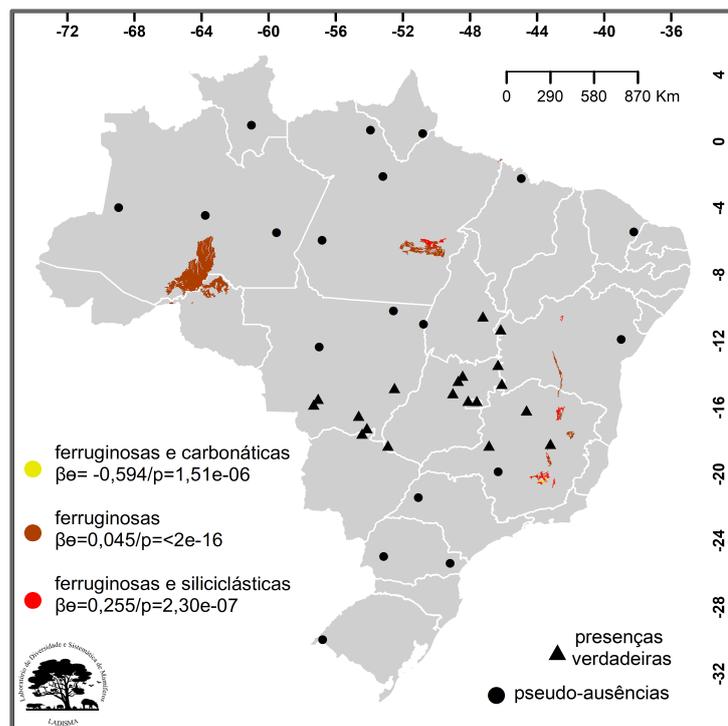
Fonte: Do autor (2019).

Figura 5 – Efeito das regiões cársticas carbonáticas e não classificadas na distribuição potencial de *L. dekeyseri*.



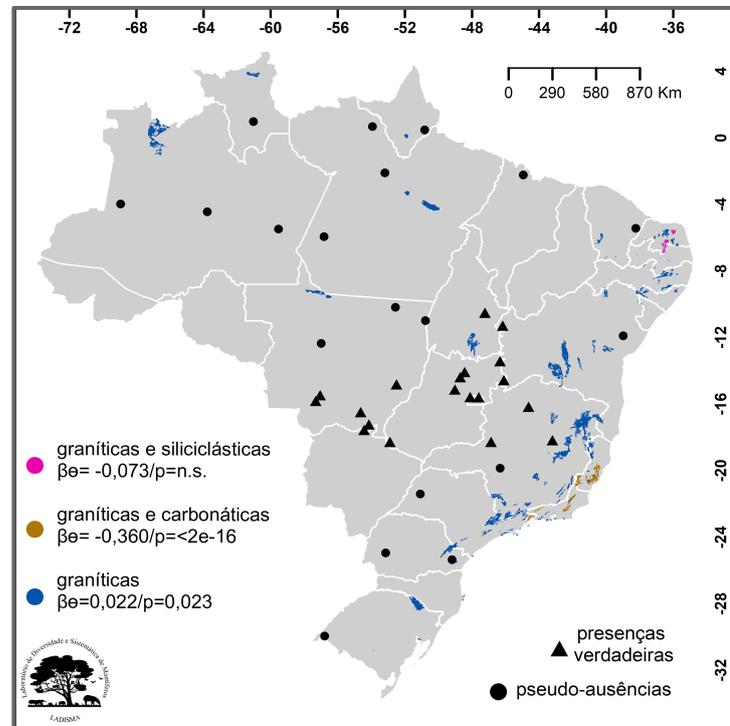
Fonte: Do autor (2019).

Figura 6 – Efeito das regiões cársticas ferruginosas na distribuição potencial de *L. dekeyseri*.



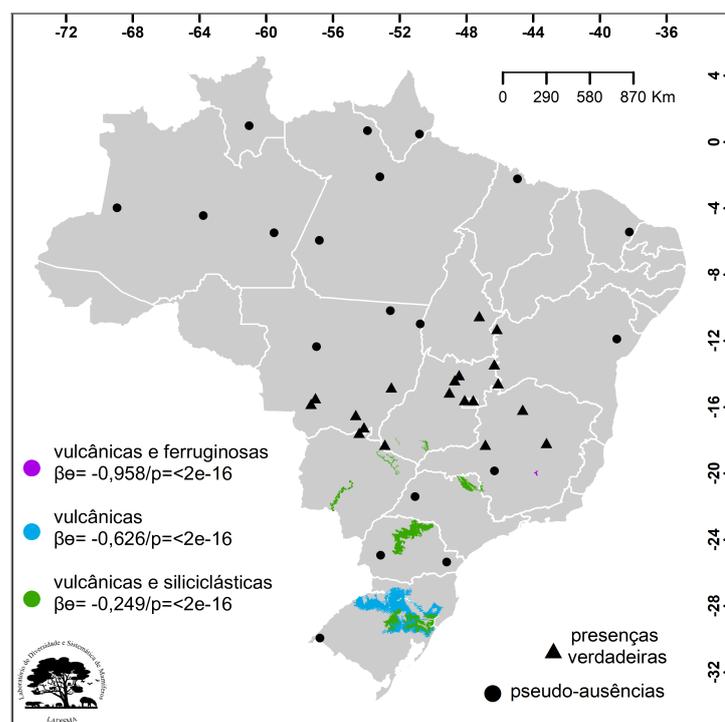
Fonte: Do autor (2019).

Figura 7 – Efeito das regiões cársticas graníticas na distribuição potencial de *L. dekeyseri*.



Fonte: Do autor (2019).

Figura 8 – Efeito das regiões cársticas vulcânicas na distribuição potencial de *L. dekeyseri*.



Fonte: Do autor (2019).

## 4 DISCUSSÃO

O efeito antagônico da temperatura média anual (Bio01) ( $\beta\theta=-0,17/p=<2e-16$ ) a remete como um fator restritivo na distribuição potencial de *L. dekeyseri*, enquanto a insignificância da precipitação média anual (Bio12) ( $\beta\theta=1,087e-04/p=0,09$ ) pode indicar maior afinidade desta espécie para com climas mais secos. O efeito positivo da variação da temperatura anual (Bio07) ( $\beta\theta=0,09/p=<2e-16$ ) assim como a sazonalidade na precipitação (Bio15) ( $\beta\theta=0,02/p=<2e-16$ ), podem explicar a sua dieta generalista em função da disposição estacional de pólen, néctar e frutos (COELHO; MARINHO-FILHO, 2002).

A insignificância da declividade ( $\beta\theta=0,007/p=0,09$ ), o fator estrutural do relevo, indicaria certa tenacidade para *L. dekeyseri* ocupar altiplanos e superfícies moderadamente regulares, sendo o melhor exemplo para tal afirmação os platôs e chapadas do orógeno Faixa Brasília (PIMENTEL, 2016), referente a um dos principais *cores* em áreas de adequabilidade.

A infraestrutura urbana exerceu um forte efeito antagônico ( $\beta\theta=-0,24/p=<2e-16$ ) na distribuição potencial, embora o viés no tamanho do *background* em relação aos limites preditos deva ser levado em consideração. O mesmo efeito antagônico, ainda que mais fraco, foi constatado para a homogeneização ambiental promovida por monoculturas ( $\beta\theta=-0,09/p=<2e-16$ ) de soja, cana-de-açúcar e milho (STRASSBOURG et al., 2017). Embora exista uma redução nas áreas de adequabilidade por parte de matrizes urbanas e agrícolas, os dados obtidos neste trabalho demonstraram um forte efeito positivo das pastagens ( $\beta\theta=0,42/p=<2e-16$ ) na distribuição potencial. De fato, este resultado vai de encontro aos padrões espaciais descritos por AGUIAR; BERNARD; MACHADO (2014), cujo forrageio desta espécie ocorreu preferencialmente em pastagens. Isto se torna plausível, à medida que, os pastos oferecem abundância em recursos muito consumidos por *L. dekeyseri*, oriundos dos primeiros estágios da sucessão vegetal, por exemplo, *Piper* sp., *Cecropia* sp., *Bauhinia* sp., *Pseudobombax* sp. e *Lafoensia* sp. (COELHO; MARINHO-FILHO, 2002).

Talvez estas observações se façam um alerta, pois estariam a indicar que o Cerrado chegou ao limite das ações antrópicas, cuja substituição da mata nativa por matrizes agrícolas corrobora o insignificante efeito da cobertura vegetal natural ( $\beta\theta=0,24/p=0,369$ ) na distribuição potencial desta espécie. Em outras palavras, a espécie tem afinidade para com as pastagens porque as mesmas são elementos recorrentes nas paisagens do bioma. De qualquer modo, os resultados apresentados sugerem que *L. dekeyseri* explora eficientemente as

paisagens fragmentadas, seja por sua capacidade natural de dispersão em ambientes abertos (AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014) ou por sua dieta generalista (COELHO; MARINHO-FILHO, 2002).

O caráter ácido dos solos no Cerrado foi evidenciado, à medida que, o PH se torna um preditor positivo ( $\beta\theta=0,01/p=<2e-16$ ) na distribuição potencial, enquanto os efeitos positivos dos tipos de solos (ver Tabela 9) remetem às relações entre alguns dos principais recursos alimentares consumidos por *L. dekeyseri* e os referidos tipos de solos, por exemplo, *Pseudobombax* sp. e os latossolos (CARVALHO, 2008); *Lafoensia* sp. e os cambissolos (CURCIO et al., 2005); *Bauhinia* sp. e quase todos os tipos de solos (CARVALHO, 2003).

As regiões cársticas foram os preditores mais efetivos no GLM dentre todas as variáveis ambientais testadas. Tal estrita relação foi igualmente observada em morcegos insetívoros do Velho Mundo comumente associados a ambientes cavernícolas, cuja distância para com abrigos em complexos rochosos exerceu um efeito antagônico na distribuição potencial de *Miniopterus schreibersii*, *Rhinolophus mehelyi* (RAINHO; PALMEIRIN, 2011) e *Plecotus macrobullaris* (ALBERDI et al., 2014), ou seja, nestes indivíduos cavernícolas a distância para o abrigo é um fator limitante à sua distribuição potencial. De fato, dos 13 trabalhos analisados sobre a ocorrência *L. dekeyseri* (BREDT; UIEDA; MAGALHAES, 1999; COELHO; MARINHO-FILHO, 2002; GONÇALVES; GREGORIN, 2004; ESBÉRARD; MOTTA; PERIGO; AGUIAR et al., 2006a; AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014; COUTINHO, 2007; GREGORIN et al., 2011; CUNHA et al., 2011; ALMEIDA et al., 2016; BICHUETTE et al., 2018; REIS et al., 2019) um total de 10 (71,42%) registraram a espécie em ambientes cavernícolas, os demais a capturaram em forrageio próximo das referidas regiões cársticas. Estas informações tornam-se muito prováveis porque a espécie durante a atividade forrageadora, percorre trechos relativamente curtos, em média 1,3km (AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010; AGUIAR; BERNARD; MACHADO, 2014). Dentre as 13 regiões cársticas selecionadas para o GLM, os morros testemunhos do Grupo Bambuí exerceram o maior efeito na distribuição potencial de *L. dekeyseri* ( $\beta\theta=0,63/p=<2e-16$ ). Não obstante, se fazem os complexos em rochas carbonáticas e siliciclásticas ( $\beta\theta=0,27/p=<2e-16$ ), ferruginosas e siliciclásticas ( $\beta\theta=0,26/p=2,30e-07$ ), carbonáticas ( $\beta\theta=0,19/p=1,30e-14$ ), ou não classificadas pelo CECAV ( $\beta\theta=0,17/p=3,75e-12$ ).

As regiões cársticas inseridas em rochas graníticas ( $\beta\theta=0,02/p=0,02$ ) ou ferruginosas ( $\beta\theta=0,05/p=<2e-16$ ), exerceram um efeito positivo na distribuição potencial devido à

concentração destas regiões em áreas “ambientalmente adequáveis”; situadas entre o final da porção meridional e início da porção setentrional da Serra do Espinhaço (ALMEIDA et al., 2016). Os complexos formados por rochas vulcânicas, ferruginosas e carbonáticas, graníticas e carbonáticas, vulcânicas e ferruginosas, vulcânicas e siliciclásticas; exerceram um forte efeito antagônico já que houve maior concentração dos pontos de ausência nestes ambientes (regiões Sul, Sudeste, Norte e Nordeste) e, portanto, tratando-se de áreas desfavoráveis tanto em clima quanto em relevo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição potencial de *L. dekeyseri* apresenta um padrão coincidente com o *core* Cerrado, não ocorrendo na porção setentrional do bioma, já no estado do Piauí, embora existam poucas áreas de baixa adequabilidade ao sul e nor-nordeste do referido estado (unidade federativa). *Lonchophylla dekeyseri* parece se distribuir de modo parapátrico a outras loncofilas em ocorrência mais a leste do território brasileiro: *L. bokermanni* na Serra do Espinhaço, *L. mordax* e *L. inexpectata* nas florestas secas da Caatinga, além de *L. peracchii* na Mata Atlântica do sudeste.

Reitera-se a necessidade de complexar o estudo aqui apresentado, realizando novos e distintos GLM's para cada preditor (e.g. temperatura, precipitação, elevação, relevo cárstico, etc.), concomitantemente a uma seleção de modelos (e.g. critério quasi-Akaike, pseudo-r<sup>2</sup>, etc.). De todo modo, os resultados apresentados indicam uma forte e significativa relação entre o nicho potencial de *L. dekeyseri* com as regiões cársticas. Devido ao risco de um iminente “*meltdown genic*” nas populações do centro-oeste brasileiro (COUTINHO, 2007; AGUIAR; BRITO; MACHADO, 2010), é extremamente importante para conservação desta espécie que as cavernas utilizadas como abrigos sejam preservadas integralmente, classificando-as com a “Máxima Relevância” para proteção.

## 6 CONCLUSÃO

Este manuscrito cumpriu com o seu objetivo principal: a caracterização da distribuição potencial de *L. dekeyseri*. As análises espaciais por meio de um GLM com distribuição *Poisson* e ajustado para a família *quasi*, se mostra uma abordagem correta e eficaz para mensurar a relação e o efeito das variáveis ambientais no nicho potencial, cujos

resultados vieram de encontro aos trabalhos já publicados sobre os aspectos ecológicos desta espécie. Conclui-se que *L. dekeyseri* tem grande capacidade para explorar as paisagens fragmentadas do Cerrado, mas, principalmente, que a espécie poder ser considerada uma precursora da sucessão vegetal em ambientes savânicos, uma vez que, se alimenta desde uma pata-de-vaca (*Bauhinia sp.*) em uma pastagem até de um jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stilbocarpa*) (COELHO; MARINHO-FILHO, 2002) em uma savana *stricto sensu*. No mais, as regiões cársticas do Brasil Central são elementos preponderantes à conservação de *L. dekeyseri*.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de estudos concedida ao longo de dois anos. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada (PPGECO) e ao Laboratório de Diversidade e Sistemática de Mamíferos da Universidade Federal de Lavras (LADISMA), por todo o apoio técnico e científico. Aos pesquisadores de campo que gentilmente cederam ao Portal da Biodiversidade alguns dos pontos de ocorrência utilizados neste trabalho: Karina C. Faria, Maria R. A. Damasceno, Monik Oprea, Poliana Mendes, Shirley S. P. Silva e João D. Miranda.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; DITCHFIELD, A. D.; COELHO, D. C.; ZORTÉA, M.; MARINHO-FILHO, J. **Plano de ação para *Lonchophylla dekeyseri***. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 93pp. 2006a.
- AGUIAR, L. M. S.; BRITO, D.; MACHADO, R. B. Do current vampire bat (*Desmodus rotundus*) population control practices pose a threat to Dekeyser's nectar bat's (*Lonchophylla dekeyseri*) long-term persistence in the Cerrado. **Acta Chiropterologica**, v.12, n.2, p.275-282, 2010.
- AGUIAR, L. M. S.; BERNARD, E.; MACHADO, R. B. Habitat use and movements of *Glossophaga soricina* and *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a neotropical savannah. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.31, n.3, p.223-229, 2014.
- AGUIAR, L. M. S.; BERNARD, E.; MACHADO, R. B.; JONES, J. Should I stay or should I go: climate change effects on the future of neotropical savannah bats. **Global Ecology and Conservation**, v.5, p.22-33, 2016.
- AGUIAR, L. M. S.; BERNARD, E. *Lonchophylla dekeyseri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T12264A22038149. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T12264A22038149.en>. Downloaded on 28 december 2019.
- ALBERDI, A.; AIZPURUA, O.; AIHARTZA, J.; GARIN, I. Unveiling the factors shaping the distribution of widely distributed alpine vertebrates, using multi-scale ecological niche modelling of the bat *Plecotus macrobullaris*. **Frontiers in Zoology**, v.11, n.77, p.1-13, 2014.
- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). **Journal of Applied Ecology**, v.43, p.1223-1232, 2006.
- ALMEIDA, B.; NOVAES, R. L. M.; AGUIEIRAS, M.; FRANÇA-SOUZA, R.; ESBERARD, C. E. L.; GEISE, L. Karyotype of three *Lonchophylla* species (Chiroptera, Phyllostomidae) from Southeastern Brazil. **Comparative Cytogenetics**, v.10, n.1, p.109-115, 2016.
- ALVARENGA, A. M. T. Modelos lineares generalizados: aplicação a dados de acidentes rodoviários. Tese de Doutorado, **Universidade de Lisboa**, 101pp. 2015.
- ARAÚJO M. B.; NEW M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology and Evolution**, v.22, p.42-47, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica**. Rio de Janeiro: ABNT, 8pp. 2018.
- BARBOSA, A. M.; REAL, R.; MUNOZ, A. R.; BROWN, J. A. modEvA: Models Evaluating and Analysis. CRAN repository, 2013. R package version 2.0, 2019.

BICHUETTE, M. E.; GIMENEZ, E. A.; ARNONE, I. S.; TRAJANO, E. An important site for conservation of bats in Brazil: Passa Três cave, São Domingos karst area, with an updated checklist for Distrito Federal (DF) and Goiás state. **Subterranean Biology**, v.28, p.39-51, 2018.

BRASIL. **Monitoramento do desmatamento dos biomas brasileiros por satélite: Monitoramento do Bioma Cerrado 2002–2008**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 71pp. 2009.

BREDT, A.; UIEDA, W.; MAGALHAES, E. D. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.1, p.731-770, 1999.

BREIMAN, L. Random Forests. **Machine Learning**, v.45, p.5-32, 2001.

CARPENTER, G.; GILLISON, A. N.; WINTER, J. DOMAIN: A flexible modeling procedure for mapping potential distributions of animals and plants. **Biodiversity Conservation**, v.2, p.667-680, 1993.

CARVALHO, P. E. R. (ed.). **Circular técnica 74 (pata-de-vaca)**. Colombo: Embrapa Florestas, 12pp. 2003.

CARVALHO, P. E. R. (ed.). **Circular técnica 155 (embiruçu)**. Colombo: Embrapa Florestas, 9pp. 2008.

COELHO, D. C.; MARINHO-FILHO, J. Diet and activity of *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera: Phyllostomidae) in the Federal District, Brazil. **Mammalia**, v.66, n.3, p.319-330, 2002.

COUTINHO, R. Z. Diversidade gênica populacional para *Lonchophylla dekeyseri* (Taddei, Vizotto e Sazima, 1983) (Mammalia, Chiroptera). Dissertação de Mestrado, **Universidade Federal do Espírito Santo**, 41pp. 2007.

CUNHA, N. L. D.; FISCHER, E.; SANTOS, C. F. Bat assemblage in savanna remnants of Sonora, central-western Brazil. **Biota Neotropica**, v.11, n.3, p.197-201, 2011.

CURCIO, G. R.; SOUZA, L. P.; BONNET, A.; BARDAL, M. L. **Comunicado técnico 149 (recomendações de plantio com espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da represa do Rio Iraí, Pinhais, PR)**. Colombo: Embrapa Florestas, 8pp. 2005.

ELITH, J.; GRAHAM, C. P.; ANDERSON, R.; DUDIK, M.; FERRIER, S.; GUISAN, A.; ... LI, J. Novel methods improve prediction of species distributions from occurrence data. **Ecography**, v.29, n.2, p.129-151, 2006.

ELITH, J.; PHILLIPS, S. J.; HASTIE, T.; DUDIK, M.; CHEE, Y. E. E.; YATES, C. J. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. **Diversity and Distributions**, v.17, n.1, p.43-57, 2011.

- ESBÉRARD, C. E.; MOTTA, J. A.; PERIGO, C. Morcegos cavernícolas da Área de Proteção Ambiental (APA) Nascentes do Rio vermelho, goiás. **Revista brasileira de Zoociências**, v.7, n.2, p.311-325, 2005.
- GONÇALVES, E.; GREGORIN, R. Quirópteros da Estação Ecológica da Serra das Araras, Mato Grosso, Brasil, com o primeiro registro de *Artibeus gnomus* e *A. anderseni* para o cerrado. **Lundiana**, v.5, n.2, p.143-149, 2004.
- GORRESEN, P. M.; WILLIG, M. R. Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic Forest of Paraguay. **Journal of Mammalogy**, v.85; n.4; p.688-697, 2004.
- GREGORIN, R.; GONÇALVES, E.; AIRES, C. C.; CARMIGNOTTO, A. P. Morcegos (Mammalia: Chiroptera) da Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins: composição específica e considerações taxonômicas. **Biota Neotropica**, v.11, n.1, p.299-311, 2011.
- HIDASI-NETO, J.; JONERA, D. C.; RESENDE, F.; MONTEIRO, L. M.; FALEIRO, F. V.; LOYOLA, R. D.; CIANCIARUSO, M. V. Climate change will drive mammal species loss and biotic homogenization in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v.17, p.57-63, 2019.
- HIJMANS, R. J.; PHILLIPS, S.; LEATHWICK, J.; ELITH, J. dismo: **Distribution Modelling Species**. CRAN repository, 2011. R package version 1.1-4, 2017.
- HIJMANS, R. J.; VAN-ETTEN, J. raster: **geographic analysis and modeling with raster data**. CRAN repository, 2012. R package version 3.0-7, 2019.
- HIJMANS, R. J.; ELITH, J. **Species distribution modeling with R**. CRAN repository, 79pp. 2017.
- HUSSON, F.; LE, S.; JOSSE, J. FactoMineR: a package for multivariate analysis. **Journal of Statistical Software**, v.25, n.1, p.1-18, 2008. R package version 2.0, 2019.
- IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2019-3. Available from: <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 december 2019.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; PETERSON, A. T.; SOBERON, J.; OVERTON, J. M; ARAGON, P.; LOBO, J. Use of niche models in invasive species risk assessments. **Biology Invasions**, v.3, p.2785-2797, 2011.
- KARATZOGLOU, A.; SMOLA, A.; HORNIK, K.; ZEILEIS, A. kernlab: an S4 package for kernel methods in R. **Journal of Statistical Software**, v.11, n.9, p.1-20, 2004. R package version 0.9-29, 2019.
- KASSAMBARA, A. factoextra: **extract and visualize the results of multivariate data analyses**. CRAN repository, 2011. R package version 1.0.6, 2019.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

- KUHN, M. Building predictive models in R using the caret package. **Journal of Statistical Software**, v.28, n.5, p.1-26, 2008. R package version 6.0-85, 2019.
- LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A.; ALTSTAEDT, A.; ZECH, W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in an Oxisol of the Brazilian Cerrados. **Chemosphere**, v.41, n.9, p.1441-1449, 2000.
- LIAW, A.; WIENER, M. Classification and Regression by randomForest. **R News**, v.2, n.3, p.18-22, 2002. R package version 4.6-14, 2018.
- MARSCHNER, I. C. glm2: Fitting generalized linear models with convergence problems. **The R Journal**, v.3, n.2, p.12-15, 2009.
- MIOT, H. A. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v.17, n.4, p.275-279, 2018.
- NAIMI, B.; ARAÚJO, M. sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. **Ecography**, v.39, p.368-375, 2016.
- NAIMI, B.; HAMM, N. A.; GROEN, T. A.; SKIDMORE, A. K.; TOXOPEUS, A. G. Where is positional uncertainty a problem for species distribution modelling. **Ecography**, v.37, p.191-203, 2014. R package version 1.1-18, 2017.
- NIX, H. A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes. In: LONGMORE, R. (ed.). **Snakes: Atlas of Elapid snakes of Australia**. Bureau of Flora and Fauna, p.4-10, 1986.
- OLIVEIRA, H. F. M.; CAMARGO, N. F.; GAGER, Y.; MUYLAERT, R. L.; RAMON, E.; MARTINS, R. C. C. Protecting the Cerrado: where should we direct efforts for the conservation of bat-plant interactions. **Biodiversity and Conservation**, v. 28, n. 11, p.2765-2779, 2019.
- OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C; ... KASSEM, K. R. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. **Bioscience**, v.51, p.933-938, 2001.
- PEREIRA, T. T. C; KER, J. C; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; LIMAS-NEVES, J. C.; CALHAU-ALMEIDA, C. Gênese de latossolos e cambissolos desenvolvidos de rochas pelíticas do Grupo Bambuí - Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1283-1296, 2010.
- PHILLIPS, S. J.; DUDIK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v.31, p.161-175, 2008.
- PIMENTEL, M. M. The tectonic evolution of the Neoproterozoic Brasília Belt, central Brazil: a geochronological and isotopic approach. **Brazilian Journal of Geology**, v.46, p.67-82, 2016.

PORTAL DA BIODIVERSIDADE. Portalbio, 2019. Disponível em: <https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/>. Acesso em: 12 de junho de 2019.

R CORE DEVELOPMENT TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. R version 3.6.1, 2019.

RAMONI-PERAZZI, P.; MUNOZ-ROMO, M.; CHAVES, L. F.; KUNZ, T. H. Range prediction for the Giant Fruit-Eating Bat, *Artibeus amplus* (Phyllostomidae: Stenodermatinae) in South America. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v.47, n.2, p.87-103, 2012.

RAINHO, A.; PALMEIRIN, J. The importance of distance to resources in the spatial modelling of bat foraging habitat. **PLoS one**, v.6, n.4, p.1-10, 2011.

REIS, I.; PERES, K. M.; GOULART, L. S.; DAROSCI, A. A. B. Registro de morcego ameaçado de extinção em área de mineração no Cerrado. **Tecnia**, v.4, n.1, p.186-193, 2019.

RODRIGUES, F. H.; SILVEIRA, L.; JACOMO, A. T.; CARMIGNOTTO, A. P.; BEZERRA, A. M.; COELHO, D. C.; ... HASS, A. Composição e caracterização da fauna de mamíferos do Parque Nacional das Emas, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v.19, n.2, p.589-600, 2002.

SCHAFER, R. B.; BUNDSCHUH, M.; ROUCH, D. A.; SZOCS, E.; VAN-DER-OHE, P. C.; PETTIGROVE, V.; ... KEFFORD, B. J. Effects of pesticide toxicity, salinity and other environmental variables on selected ecosystem functions in streams and the relevance for ecosystem services. **Science of the Total Environment**, v.415, p.69-78, 2012.

SMERALDO, S.; DI-FEBBRARO, M.; BOSSO, L.; FLAQUER, C.; GUIXE, D.; LISON, F.; ... RUSSO, D. Ignoring seasonal changes in the ecological niche of non-migratory species may lead to biases in potential distribution models: lessons from bats. **Biodiversity and Conservation**, v.27, p.2425-2441, 2018.

SPERA, S. A.; GALFORD, J. L.; COE, M. T.; MACEDO, M. N.; MUSTARD, J. F. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. **Global Change Biology**, v.22, n.10, p.3405-3413, 2016.

STRASSBURG, B. B.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; ... SOARES-FILHO, B. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology and Evolution**, v.1, n.4, p.1-3, 2017.

TADDEI, V. A.; VIZOTTO, L. D.; SAZIMA, I. Uma nova espécie de *Lonchophylla* para o Brasil e chave para identificação das espécies do gênero (Chiroptera, Phyllostomidae). **Ciência e Cultura**, v.35, n.5, p.625-629, 1983.

TAX, D. M. J.; DUIN, R. P. W. Support vector data description. **Machine Learning**, v.54, p.45-66, 2004.

VARELA, S.; ANDERSON, R. P.; GARCIA-VALDES, R.; FERNANDEZ-GONZALEZ, F. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. **Ecography**, v.37, n.11, p.1084-1091, 2014.

VELAZCO, S. J. E.; VILLALOBOS, F.; GALVÃO, F.; DE MARCO-JUNIOR, P. A dark scenario for Cerrado plant species: Effects of future climate, land use and protected areas ineffectiveness. **Diversity and Distributions**, v.25, n.4, p.660-673, 2019.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. (eds.). **Modern Applied Statistics With S** (4. ed.). New York: Springer Press, 459pp. 2002.

WILLIG, M. R.; PRESLEY, S. J.; BLOCH, C. P.; HICE, C. L.; YANOVIK, S. P.; DÍAZ, M. M.; ... WEAVER, S. Phyllostomid bats of lowland Amazonia: effects of habitat alteration on abundance. **Biotropica**, v.39, n.6, p.737-746, 2007.