

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA E ZOOLOGIA
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ângela Cardoso

Distribuição potencial continental e insular da cuíca-de-cauda-grossa (*Lutreolina crassicaudata*) na Mata Atlântica brasileira.

FLORIANÓPOLIS - SC

2022

Ângela Cardoso

Distribuição potencial continental e insular da cuíca-de-cauda-grossa (*Lutreolina crassicaudata*) na Mata Atlântica brasileira.

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires

Coorientadora: Me. Paula Danyelle Ribeiro de Souza

FLORIANÓPOLIS - SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cardoso, Ângela

Distribuição potencial continental e insular da cuíca-de cauda-grossa (*Lutreolina crassicaudata*) na Mata Atlântica brasileira / Ângela Cardoso ; orientador, José Salatiel Rodrigues Pires, coorientadora, Paula Danyelle Ribeiro de Souza, 2022.

61 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Ciências Biológicas. 3. Distribuição Potencial de Espécies. 4. Didelphidae. 5. Ambientes Lênticos. I. Rodrigues Pires, José Salatiel . II. Ribeiro de Souza, Paula Danyelle . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. IV. Título.

Ângela Cardoso

Distribuição potencial continental e insular da cuíca-de-cauda-grossa (*Lutreolina crassicaudata*) na Mata Atlântica brasileira.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas

Florianópolis, 12 de dezembro de 2022.

Profa. Dra. Daniela Cristina de Toni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Ma. Paula Danyelle Ribeiro de Souza
Coorientadora
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Dr. Luciano Elsinor Lopes
Avaliador
Universidade Federal de São Carlos

Me. Jorge José Cherem
Avaliador
Caipora Cooperativa

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que caminham ao meu lado e à minha eterna fonte de inspiração: a biodiversidade.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina que, por muitos anos, foi minha segunda casa e me ofereceu experiências que jamais esquecerei. Foi por ela que fiz grandes amigos, que carregou com carinho no coração.

Um agradecimento enorme às minhas amigas Liliane e Salóá, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, fora e dentro da Universidade, que me ouviram, me acalmaram, me fizeram ver o mundo de uma maneira melhor e, principalmente, ajudaram a me manter firme na vida quando eu não conseguia mais. Saibam que as amo e que estou aqui por vocês. Agradeço também a Edlaine, pela amizade, por nunca deixar de acreditar na minha capacidade, por torcer por mim, mesmo de longe. Amo você.

Agradeço a todos meus colegas e amigos de curso, que foram essenciais nessa caminhada que é uma graduação. Obrigada pelo apoio e, em especial, pelos melhores momentos de descontração. À Bruna, amiga de curso, de laboratório e de amor por mamíferos, obrigada por todas as conversas e risadas, por toda a parceria.

Agradeço à minha família, meu alicerce e meu porto seguro. Em especial à minha irmã Sônia, que iniciou o caminho em uma Universidade e me ajudou a encarar essa realidade também. A todas as minhas irmãs e meu irmão, por todo carinho, conselhos e acolhimento. Aos meus pais, por todo amor e suporte durante toda essa jornada. Obrigada.

Ao LAMAq, por ter me acolhido, e ao meu orientador José Salatiel, que trouxe uma ideia e, no fim, aqui estamos com essa pesquisa. Obrigada aos meus queridos orientadores, oficiais ou não, Paulinha e Maurício, por tornarem essa pesquisa possível, por me socorrerem tantas vezes nas análises, por todas as conversas, por terem me ensinado e apoiado tanto. Sou eternamente grata a vocês.

Aos membros da banca de defesa por terem aceitado meu convite e por contribuírem com esta pesquisa.

Agradeço a cada pessoa que passou pelo meu caminho durante todo esse processo. Todos contribuíram para que me tornasse a pessoa que sou hoje e a bióloga que sonho ser.

Por fim, com as palavras de Sagan, “diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e uma época com vocês”. Muito obrigada!

“Nossas lealdades estão com as espécies e com o planeta. Nós falamos pela Terra. Nossa obrigação de sobreviver e florescer pertence, não só a nós mesmos, mas também ao Cosmos, antigo e vasto, do qual surgimos.”

SAGAN, 1980

RESUMO

A contração nas condições de habitat adequadas para uma dada espécie e suas populações permanecerem e sobreviverem em um ambiente é um resultado crítico que indica ameaças de extinção. Compreender onde as espécies ocorrem é um requisito ecológico fundamental, e a previsão da ocorrência é essencial para a conservação e o manejo populacional. Os modelos de distribuição de espécies (MDEs) vêm sendo utilizados para indicar áreas mais adequadas para a conservação de espécies. *Lutreolina crassicaudata* é um didelfídeo com distribuição disjunta e fragmentada na América do Sul, associada a ambientes próximos de água permanente e florestas de galeria, locais estes muitas vezes não protegidos, e é categorizada como vulnerável para o estado de Santa Catarina. Analisou-se a distribuição potencial de *L. crassicaudata* para o bioma Mata Atlântica das regiões Sul e Sudeste do Brasil através de dados de ocorrência da espécie (n = 42), bem como para a Ilha de Santa Catarina (ISC) (n = 21), verificando relações entre variáveis climáticas e ambientais. Foi realizado o MDE climático para as áreas de estudo utilizando o software Maxent. Para a ISC fez-se, também, uma análise de regressão múltipla com distribuição binomial através do programa RStudio, a fim de verificar a relação de *L. crassicaudata* com variáveis preditivas ambientais e climáticas através do Modelo Linear Generalizado (GLM). Comparou-se os MDEs gerados, e para a ISC fez-se a seleção do modelo mais parcimonioso, analisando-se o quanto de distribuição potencial da espécie encontra-se inserida em Unidades de Conservação na área. Para o bioma Mata Atlântica, a área adequada climaticamente representou 9,9% da área amostrada, e o estado que apresentou maior área potencial foi Rio Grande do Sul sendo, em sua maioria, em áreas de formações pioneiras junto a ambientes lênticos do bioma. Proporcionalmente à extensão territorial, Santa Catarina apresentou maiores áreas estáveis. Observamos que variáveis como temperatura mínima do mês mais frio e média do trimestre mais úmido, e precipitação anual melhor explicaram a presença da espécie para a Mata Atlântica das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Notou-se, também, que a espécie parece evitar locais com maiores altitudes e, conseqüentemente, mais frios. Para a ISC, as áreas climáticas estáveis totalizaram 23,7% da área amostrada, especialmente em menores altitudes, assim como o observado para a Mata Atlântica. Variáveis de sazonalidade de temperatura que marcaram a distribuição potencial da espécie foram faixa anual de temperatura e isothermalidade. O modelo mais parcimonioso, com 16,74% de explicação, incluiu apenas a variável climática faixa anual de temperatura ($p < 0,01$), com relação positiva para a presença da espécie. A distribuição potencial climática da espécie na ISC está inserida em ~11% da área do atual sistema de UCs. No entanto uma parcela crítica encontra-se desprotegida, relacionada a ambientes úmidos e lênticos que, mesmo sendo habitats essenciais para muitas espécies, não recebem a devida atenção. Sobretudo, nossos resultados trazem áreas altamente adequadas, que devem ser priorizadas, o que é essencial para a conservação da espécie e toda a fauna associada.

Palavras-chave: Ambientes lênticos. Áreas de ocorrência. Áreas protegidas. Didelphidae. Ilha de Santa Catarina. Modelagem. Modelo Linear Generalizado.

ABSTRACT

The contraction in habitat conditions suitable for a given species and its populations to remain and survive in an environment is a critical outcome that indicates threats of extinction. Understanding where species occur is a fundamental ecological requirement, and predicting occurrence is essential for conservation and population management. Species distribution models (SDMs) have been used to indicate more suitable areas for species conservation. *Lutreolina crassicaudata* is a didelphid with a disjunct and fragmented distribution in South America, associated with environments close to permanent water and gallery forests, places that are often not protected, and is categorized as vulnerable for the state of Santa Catarina. The potential distribution of *L. crassicaudata* was analyzed for the Atlantic Forest biome of the South and Southeast regions of Brazil through occurrence data of the species ($n = 42$), as well as for the Island of Santa Catarina (ISC) ($n = 21$), verifying relations between climatic and environmental variables. The climate SDM was performed for the study areas using the Maxent software. For the ISC, a multiple regression analysis with binomial distribution was also carried out using the RStudio program, in order to verify the relationship between *L. crassicaudata* and predictive environmental and climate variables using the Generalized Linear Model (GLM). The generated SDMs were compared, and for the ISC the most parsimonious model was selected, analyzing how much of the potential distribution of the species is inserted in Conservation Units in the area. For the Atlantic Forest biome, the climatically suitable area represented 9.9% of the sampled area, and the state that presented the largest potential area was Rio Grande do Sul, mostly in areas of pioneer formations along with lentic environments of the biome. Proportionally to the territorial extension, Santa Catarina presented larger stable areas. We observed that variables such as minimum temperature of the coldest month and average of the wettest quarter, and annual precipitation better explained the presence of the species in the Atlantic Forest of the South and Southeast regions of Brazil. It was also noted that the species seems to avoid places with higher altitudes and, consequently, colder. For the ISC, stable climatic areas totaled 23.7% of the sampled area, especially at lower altitudes, as was observed for the Atlantic Forest. Temperature seasonality variables that marked the potential distribution of the species were annual temperature range and isothermality. The most parsimonious model, with 16.74% of explanation, included only the climate variable annual temperature range ($p < 0.01$), with a positive relation to the presence of the species. The species' potential climatic distribution in the ISC is within ~11% of the area of the current UC system. However, a critical portion is unprotected, related to humid and lentic environments that, despite being essential habitats for many species, do not receive due attention. Above all, our results bring highly suitable areas, which must be prioritized, which is essential for the conservation of the species and all associated fauna.

Keywords: Didelphidae. Generalized Linear Model. Lentic environments. Modeling. Occurrence areas. Protected areas. Santa Catarina Island.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Espécime de <i>Lutreolina crassicaudata</i> , a cuíca-de-cauda-grossa. É possível notar a base da cauda espessa e peluda, além da coloração mais clara no ventre, os olhos castanhos escuros, as orelhas curtas e o corpo e cabeça alongados.	21
Figura 2 – Mapas com registros de ocorrência de <i>L. crassicaudata</i> utilizados para a geração dos modelos, nas duas áreas de estudo no bioma Mata Atlântica.....	24
Figura 3 – Distribuição potencial climática de <i>L. crassicaudata</i> na Mata Atlântica da região Sul e Sudeste do Brasil.	33
Figura 4 – Distribuição potencial climática de <i>L. crassicaudata</i> na Ilha de Santa Catarina.....	35
Figura 5 – Distribuição potencial climática para a espécie <i>L. crassicaudata</i> na Ilha de Santa Catarina, com destaque para as Unidades de Conservação das três esferas de poder existentes atualmente na área de estudo.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variáveis climáticas e ambientais utilizadas nas modelagens de distribuição potenciais.....	25
Tabela 2 – Área de distribuição climática potencial em quilômetros quadrados (km ²) referente a cada uma das áreas modeladas, e suas respectivas porcentagens em relação a toda a área amostrada.....	33
Tabela 3 – Relação percentual entre extensão territorial e distribuição climática potencial de cada estado avaliado.....	34
Tabela 4 – Cálculo de área para distribuição climática potencial para a espécie <i>L. crassicaudata</i> nas Unidades de Conservação da Ilha de Santa Catarina, em km ² e sua porcentagem.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC – Critério de Informação de *Akaike*

Alt – Altitude

AUC – *Area Under The Roc Curve* (Área sob a curva AUC)

Cfl – Porcentagem de Cobertura Arbórea

EVI – Heterogeneidade Espacial

FED – Floresta Estacional Decidual

FES -Floresta Estacional Semidecidual

FOA – Floresta Ombrófila Aberta

FOD – Floresta Ombrófila Densa

FOM – Floresta Ombrófila Mista

GBIF – *Global Biodiversity Information Facility* (Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade)

GLM – Modelo Linear Generalizado

Hum – Densidade Populacional Humana por km²

Hyd – Frequência de Água – Águas Interiores Globais

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISC – Ilha de Santa Catarina

Km – Quilômetro

Km² – Quilômetro quadrado

MDE – Modelo de Distribuição de Espécie

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NASA – *National Aeronautics and Space Administration* (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço)

Rel – Índice de Robustez do Terreno com Desvio Padrão

SIG – Sistema de Informação Geográfica

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UC – Unidade de Conservação

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VIF – *Variance Inflation Factor* (Fator de Inflação da Variância)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS	18
2.1.1	Objetivo Geral.....	18
2.1.2	Objetivos Específicos.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	ÁREA DE ESTUDO	19
3.1.1	Mata Atlântica e Ilha de Santa Catarina.....	19
3.1.2	Clima.....	19
3.1.3	Ecosistemas	20
3.2	Objeto de estudo	21
3.3	Amostragem de dados.....	22
3.3.1	Dados bióticos.....	22
3.3.2	Dados abióticos.....	24
3.4	Seleção de variáveis climáticas preditoras	26
3.4.1	<i>Jackknife</i>	26
3.4.2	VIF	26
3.5	Modelos de distribuição de espécies – MDEs	27
3.5.1	Modelagem	27
3.5.2	Pós Modelagem	28
3.6	Modelos Climáticos – Mata Atlântica e ISC	29
3.6.1	Áreas adequadas dentro de UCs – ISC.....	29
3.7	Geração e seleção de modelos climáticos e ambientais – ISC	30
4	RESULTADOS	32
4.1	Mata Atlântica	32
4.1.1	Seleção das variáveis preditoras climáticas - Mata Atlântica do Sul e Sudeste do Brasil	32

4.1.2	Mapa de adequabilidade	32
4.2	ILHA DE SANTA CATARINA	34
4.2.1	Modelo climático.....	34
4.2.1.1	<i>Seleção das variáveis preditoras climáticas - Ilha de Santa Catarina</i>	34
4.2.1.2	<i>Mapa de adequabilidade</i>	35
4.2.1.3	<i>Unidades de Conservação</i>	36
4.2.2	Seleção de Modelo bioclimático/ambiental – GLM.....	37
4.2.2.1	<i>Seleção das variáveis preditoras climáticas e ambientais – VIF</i>	37
4.2.2.2	<i>GLM</i>	37
5	DISCUSSÃO	38
6	CONCLUSÕES.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44
	APÊNDICE A – Tabela contendo os 42 registros de presença para <i>Lutreolina crassicaudata</i> compilados para a Mata Atlântica do Sul e Sudeste brasileiro.	54
	APÊNDICE B – Valores do teste VIF das variáveis preditoras climáticas selecionadas para os modelos de distribuição potencial da espécie <i>L. crassicaudata</i> para a Mata Atlântica.....	56
	APÊNDICE C – Valores do teste VIF das variáveis preditoras climáticas selecionadas para os modelos de distribuição potencial da espécie <i>L. crassicaudata</i> para a Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil.....	57
	APÊNDICE D – Valores do teste VIF das seis variáveis preditoras climáticas e ambientais selecionadas para o Modelo Linear Generalizado, na Ilha de Santa Catarina.	58
	APÊNDICE E – Análise de regressão linear múltipla (Modelo Linear Generalizado - GLM) e seleção do modelo mais parcimonioso, segundo o critério de Akaike, de variáveis climáticas e ambientais para <i>L. crassicaudata</i> na Ilha de Santa Catarina.	59
	ANEXO A – Variáveis climáticas analisadas no teste <i>Jackknife</i> , no software Maxent, e suas respectivas contribuições (%) na previsão de distribuição atual	

de *L. crassicaudata* na Mata Atlântica. * Variáveis com percentual de contribuição igual ou superior a 4..... 60

ANEXO B – Variáveis climáticas usadas no teste *Jackknife*, no software Maxent, e suas respectivas contribuições (%) na previsão de distribuição atual de *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. * Variáveis com percentual de contribuição igual ou superior a 4,5. 61

1 INTRODUÇÃO

O bioma Mata Atlântica é conhecido por possuir grande riqueza de espécies, além de elevado nível de endemismo e impacto antrópico, sendo, portanto, considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade e região prioritária para conservação (RIBEIRO et al., 2009; MYERS et al., 2000). Esse bioma abrange uma área de aproximadamente 15% do total de todo o território brasileiro, incluindo 17 estados da federação e, no entanto, foi reduzida a 12,4% de sua extensão original, causando um grande impacto para a biodiversidade (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022).

A expansão urbana sem planejamento adequado mostra-se como um dos principais fatores de pressão e ameaça da Mata Atlântica, com conseqüente redução da biodiversidade, em decorrência da supressão da flora e fauna locais, especialmente próximo a rios e lagos (FIGUEIROA & SCHERER, 2016; LINO & DIAS, 2003). Este processo de supressão causa perda de espécies e pode afetar populações em longo prazo, através de mudanças nos processos ecológicos essenciais para manter a diversidade, como predação, comportamento territorial e hábitos alimentares (RANTA et al., 1998).

A contração nas condições geográficas e climáticas adequadas para uma dada espécie e sua população permanecerem em um ambiente é um resultado crítico que indica ameaças de extinção (SIQUEIRA et al., 2009). A temperatura do ambiente, assim como a precipitação, é de vital importância para as espécies de cada região, interferindo nos tipos de biomas e na formação da cadeia alimentar, uma vez que todas as espécies possuem limites de desenvolvimento condicionados a certos intervalos de temperatura que interferem no metabolismo das plantas e animais (WREGG et al., 2012).

O bioma Mata Atlântica, no Brasil, possui grande extensão territorial e é caracterizado por uma variedade de climas, em consonância com as variações de latitude e de relevo. Pela classificação climática de Köppen-Geiger podemos encontrar, ao longo do domínio da Mata Atlântica, os climas tropicais Aw, Am, Af, As e os climas subtropicais Cwa, Cwb, Cfa e Cfb (BECK et al., 2018; DUBREUIL et al., 2018; KOTTEK et al., 2006; PEREIRA, 2009; ROLIM et al., 2007).

Mesmo na pequena e fragmentada área restante do bioma Mata Atlântica do Brasil, estão presentes mais de 5% das espécies de vertebrados do mundo (FIGUEIROA & SCHERER, 2016). Em relação aos mamíferos, são listadas, no total, 321 espécies (35 famílias e 10 ordens) para a Mata Atlântica, onde 89 destas são endêmicas do bioma, e muitas destas encontram-se

ameaçadas de extinção, chegando a 60% do total nacional (GRAIPEL et al., 2017; MACHADO et al., 2008). Dos táxons, 40,8% estão incluídos em pelo menos uma das listas de espécies ameaçadas, seja global, nacional ou regional (GRAIPEL et al., 2017).

Nesse quadro geral de fragmentação e perda de biodiversidade, estudos envolvendo mamíferos são de extrema importância, uma vez que são considerados bons indicadores do estado de conservação ambiental (D'ANDREA et al., 1999). Afinal, a mastofauna desempenha papel fundamental na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas, envolvendo-se nos mais distintos processos ecológicos, entre eles, o controle populacional de suas presas e a constante regeneração das matas (ABREU & KÖHLER, 2009).

O conhecimento sobre a identidade, distribuição, evolução e dinâmica da biodiversidade possui lacunas, conhecidas por “déficits de conhecimento”, que necessitam ser reconhecidas. Entre eles, estão o déficit Lineano – se refere à falta de conhecimento sobre o número de espécies que existem no planeta; o déficit Darwiniano – que diz respeito ao conhecimento impreciso sobre as relações evolutivas entre os táxons assim como o modo de evolução nos diferentes grupos; e o déficit Wallaceano – que descreve o conhecimento impreciso sobre a distribuição geográfica das espécies (GARBINO, 2019; HORTAL et al., 2015).

Contribuindo para preencher lacunas de conhecimento Wallaceano, a técnica de Modelos de Distribuição de Espécies (MDEs) vem sendo amplamente utilizada em pesquisas ecológicas, uma vez que quantifica relações entre distribuições de espécies e seus ambientes abióticos ou bióticos. Compreender onde as espécies ocorrem é um requisito ecológico fundamental, e a previsão da ocorrência é essencial para a conservação e o manejo populacional (RUSHTON et al., 2004). O nicho ecológico fundamental de uma espécie é um determinante de sua distribuição que, pela definição de Hutchinson (1957), se conceitua em intervalos das condições ambientais necessárias para a existência da espécie, sem considerar a influência de interações bióticas, como competição interespecífica (SOBERÓN & PETERSON, 2005; PETERSON, 2011; PETERSON, 2001)

Nesse sentido, conhecer a distribuição geográfica de uma espécie é essencial para se exercer atividades com viés conservacionista (CUYCKENS et al., 2016). Aplica-se, portanto, ao caso de espécies vulneráveis e ameaçadas de extinção, onde saber o que determina a distribuição é um precursor necessário para esquemas de mitigação de declínios populacionais (RUSHTON et al., 2004).

A espécie *Lutreolina crassicaudata* (Desmarest, 1804), popularmente conhecida como cuíca-de-cauda-grossa no Brasil, é um Didelphidae que possui comportamento pouco conhecido (GRAIPEL et al., 1996). Para a subespécie *L. crassicaudata crassicaudata*, sua distribuição é disjunta e fragmentada na América do Sul e ocorre, no Brasil, ao sul do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, além de ser encontrada na Argentina, Uruguai, Leste do Paraguai, partes do Centro Norte da Bolívia e no Extremo Sudeste do Peru (GARDNER, 2008; BROWN, 2004; GRAIPEL et al., 1996).

Trata-se de uma espécie frequentemente associada a áreas úmidas e a ambientes lânticos, como bordas de manguezais, banhados e lagoas (RIBEIRO-SOUZA et al., 2022; GRAIPEL et al., 2001; MARES et al., 1996; VIEIRA & CAMARGO, 2012). Além disso, habita florestas de galeria e áreas de formação herbáceo-arbustivas (MARES et al., 1996; GRAIPEL et al., 1996).

Assim, a espécie *L. crassicaudata*, mesmo que não exclusivamente, apresenta estreita relação com ambiente de várzeas. Muitos destes locais não são reconhecidos como habitats de possíveis endemismos ou mesmo importantes para a conservação de certas espécies de vertebrados (MONTEIRO-FILHO et al., 2006), tendo sofrido devastações através de aterramentos, drenagens associadas à agricultura, conversão de pastagens e habitats pantanosos em pastagens por meio de queimadas, loteamentos e construção de reservatórios (BORNSCHEIN & REINERT, 1997; BORNSCHEIN et al., 1998; SMITH et al., 2008). Aliado a isso, a espécie *L. crassicaudata* é considerada vulnerável no Estado de Santa Catarina (CONSEMA, 2011).

A perda, alteração e fragmentação do habitat natural da espécie *L. crassicaudata*, assim como mudanças nas condições climáticas, demonstram relevância de um estudo sobre as áreas potenciais para a espécie. Estes estudos podem auxiliar na conservação de seu habitat, da espécie em si e de espécies associadas a seu habitat (RIBEIRO-SOUZA et al., 2022; DE MEESTER et al., 2005).

2 OBJETIVOS

2.1.1 Objetivo Geral

Predizer e analisar a distribuição potencial de *Lutreolina crassicaudata* para o cenário climático atual do bioma Mata Atlântica, com foco na Ilha de Santa Catarina.

2.1.2 Objetivos Específicos

- i) Gerar modelos climáticos de distribuição potencial de *L. crassicaudata* na Mata Atlântica, no Sudeste e Sul do Brasil;
- ii) Gerar modelos climáticos de distribuição potencial de *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina;
- iii) Comparar os modelos de distribuição climática de *L. crassicaudata* para a Mata Atlântica e para a Ilha de Santa Catarina;
- iv) Selecionar o modelo mais parcimonioso a partir de variáveis climáticas e ambientais para *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina;
- iv) Analisar a extensão de distribuição potencial de *L. crassicaudata* dentro de áreas protegidas;
- v) Sugerir medidas de conservação da espécie ao longo de sua distribuição.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Mata Atlântica e Ilha de Santa Catarina

No presente estudo consideramos para as análises registros de *L. crassicaudata* obtidos na Mata Atlântica das regiões Sul e Sudeste do Brasil, nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com esforço amostral focado na Ilha de Santa Catarina. Entre os quatro estados brasileiros, Santa Catarina está totalmente inserido na Mata Atlântica e apresenta o maior percentual de cobertura florestal remanescente deste bioma, segundo o Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (<https://www.ima.sc.gov.br/>). No período entre 2019-2020, resultados quantitativos indicaram 28,7% de cobertura remanescente para o estado de Santa Catarina, seguido por São Paulo (16,2%), Rio Grande do Sul (13,5%) e Paraná (13,1%) (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2021).

A Ilha de Santa Catarina, porção insular do município de Florianópolis, está localizada no Litoral Central do Estado de Santa Catarina, entre as latitudes 27°22' e 27°50' sul e as longitudes 48°20' e 48°35' oeste (RUDORFF & BONETTI, 2010). Essa ilha possui aproximadamente 420 km² de área total, distando apenas cerca de 600m do continente (TOMAZZOLI et al., 2018; MAZZER & DILLENBURG, 2009).

3.1.2 Clima

Nossa área de estudo possui os seguintes climas e seus subtipos: Aw – com estação chuvosa no verão, precipitação anual inferior a 2500mm, temperatura do mês mais frio superior a 18 °C e no mês mais quente superior a 22 °C; Am – possui temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e estação seca de pequena duração, compensada pelos totais elevados de precipitação; e Af – com elevada umidade relativa do ar e chuvas bem distribuídas durante o ano (ultrapassam 1.500 mm), temperaturas médias anuais entre 22 °C ou mais no mês mais quente e 18 °C ou superiores no mês mais frio (BECK et al., 2018; DUBREUIL et al., 2018; KOTTEK et al., 2006; PEREIRA, 2009; ROLIM et al., 2007).

Além destes, nossa área de estudo conta com os climas: Cwa – com verões quentes e chuvosos, precipitação do mês mais seco inferior a 30mm, temperaturas superiores a 22°C (mês

mais quente) e inferiores a 18°C (mês mais frio); Cwb – com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, e precipitação do mês mais seco inferior a 30mm; Cfa – com ausência de estação seca, presença de verões quentes (22 °C ou mais no mês mais quente), precipitação superior a 30mm no mês mais seco e temperatura inferior a 18 °C no mês mais frio (dois últimos idem para o clima Cfb); e Cfb – com ausência de estação seca, presença de chuvas uniformemente distribuídas no ano (precipitação de 1.100 a 2.000 mm), temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C e presença de geadas severas em um período médio de ocorrência (BECK et al., 2018; DUBREUIL et al., 2018; KOTTEK et al., 2006; PEREIRA, 2009; ROLIM et al., 2007).

3.1.3 Ecossistemas

O bioma Mata Atlântica é composto por cadeias de montanhas, vales, planaltos, planícies (SALERNO & MÜLLER, 2011) e uma complexa rede de bacias hidrográficas constituídas por grandes rios, recobrando um relevo muito diversificado através de 17 estados, abrangendo outros países, como Paraguai e Argentina (MORELLATO & HADDAD, 2000; RIBEIRO et al. 2009; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2019; BRASIL, 2010; PEREIRA, 2009).

Vários ecossistemas florestais e não-florestais, com classificações que advém de critérios botânicos, fitofisionômicos, geológicos, geográficos, e outros, compõem o bioma Mata Atlântica. São eles: Floresta Ombrófila Densa (FOD), Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Estacional Semidecidual (FES), Floresta Estacional Decidual (FED) e Floresta Ombrófila Aberta (FOA) (MMA, 2022). Além de suas tipologias florestais, o bioma apresenta diversos ecossistemas associados inseridos em seu domínio, como Restingas e Manguezais (ecossistemas litorâneos) e Campos de Altitude (VASCONCELOS, 2014).

Entre as tipologias florestais do bioma Mata Atlântica e ecossistemas associados, todos ocorrem ao longo dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com algumas exceções: FED, que ocorre somente em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e FES, não ocorrendo em Santa Catarina (ICMBIO/MMA, 2003; SEVEGNANI & SCHROEDER, 2013; BRASIL, 2010; FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2019).

3.2 OBJETO DE ESTUDO

A espécie *L. crassicaudata* (Desmarest, 1804) é um Didelphidae de tamanho médio, com pelagem lisa, densa e uniformemente marrom-clara ou vermelho-acastanhado no dorso e ligeiramente mais pálida no ventre, além da presença de pelos-guarda com certo grau de impermeabilização, adaptados ao habitat aquático, e patas largas com pequenas almofadas, contendo cinco dedos em cada, sem membranas interdigitais (GRAIPEL et al., 1996; SMITH, 2008; MONTEIRO-FILHO et al., 2006) (Fig. 1).

Figura 1 – Espécime de *Lutreolina crassicaudata*, a cuíca-de-cauda-grossa. É possível notar a base da cauda espessa e peluda, além da coloração mais clara no ventre, os olhos castanhos escuros, as orelhas curtas e o corpo e cabeça alongados.



Fonte: SOUZA, 2020. Foto: Ivo R. Ghizoni Jr.

A subespécie *L. crassicaudata crassicaudata* apresenta distribuição disjunta e fragmentada na América do Sul e ocorre, no Brasil, ao sul do Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, além de ser encontrada na Argentina, Uruguai, leste do Paraguai, partes do Centro Norte da Bolívia e no Extremo Sudeste do Peru (GARDNER, 2008; BROWN, 2004; GRAIPEL et al., 1996).

Os indivíduos da espécie *L. crassicaudata* possuem hábitos terrestres e noturnos, são bons nadadores e escaladores (SANTORI et al., 2005; VIEIRA & CAMARGO, 2012;

MARSHALL, 1978; EISENBERG & REDFORD, 1999). Embora seja melhor considerada como uma espécie onívora oportunista (CÁCERES et al., 2002), a dieta varia geograficamente e em algumas áreas a espécie é quase inteiramente carnívora (SMITH, 2008).

3.3 AMOSTRAGEM DE DADOS

A fim de organizar e facilitar a execução das análises do estudo, dividimos todo o processo em três etapas: pré-modelagem, modelagem e pós-modelagem. No processo de pré-modelagem, realizamos a obtenção, organização e seleção dos dados bióticos e abióticos, e os seus respectivos processamentos. Posteriormente, executamos a modelagem de distribuição potencial climática da espécie *L. crassicaudata*, primeiramente para o bioma Mata Atlântica na região Sul e Sudeste do Brasil (estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e um segundo exclusivamente para a Ilha de Santa Catarina. Além disso, realizamos análises com as variáveis climáticas (selecionadas pelo MDE da ISC) e ambientais para a ISC, envolvendo a seleção de modelos de regressão múltipla linear. Por fim, a pós-modelagem incluiu processos de validação dos MDEs gerados, elaboração de mapas e porcentagem de áreas adequadas em áreas de Unidades de Conservação na ISC.

3.3.1 Dados bióticos

Elaboramos um banco de dados através de informações provenientes de literatura científica relacionadas à espécie *L. crassicaudata*, como artigos, TCCs, dissertações, teses e relatórios técnicos.

Realizamos, também, uma busca de registros de ocorrência da espécie em bancos de dados online, como *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF, www.gbif.org) e *speciesLink* (www.splink.cria.org.br), além de consultas a coleções científicas, como a Coleção de Mamíferos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Também consideramos observações diretas da espécie feitas por pesquisadores conhecidos, com identificação taxonômica confiável.

Os dados compilados foram filtrados com base na precisão das coordenadas geográficas, verificando-se por meio do software Google Earth Pro versão 7.3 (<https://earth.google.com/>). Selecionamos apenas registros da espécie obtidos através de

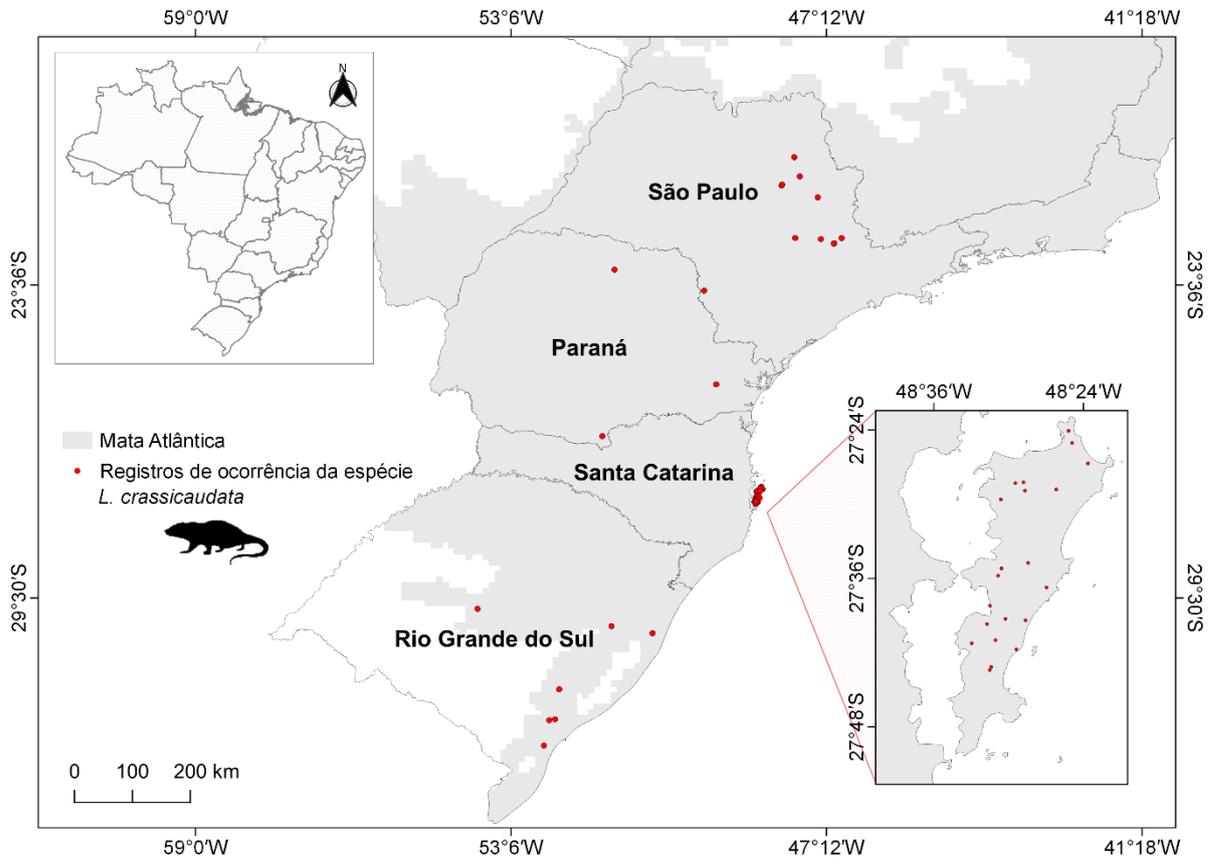
armadilha fotográfica, observação direta e capturas vivas, com identificações confiáveis e, além disso, consideramos apenas registros feitos posteriormente a 1986.

Por fim, os registros de ocorrência que continham as coordenadas geográficas de localização da espécie foram trabalhados em Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do software QGIS – versão 3.10 (TEAM, 2020).

Cientes da autocorrelação espacial dos dados que pode ser ocasionada por pontos muito próximos, procuramos evitá-la, uma vez que podem resultar em sobreajustes ou *overfitting*, em baixa variação nos valores das camadas a serem usadas e em inflações nas precisões dos modelos (ARAUJO & GUISAN, 2006; VELOZ, 2009; DALAPICOLLA, 2016). Para tanto, aplicamos um filtro espacial através de uma grade no QGIS (TEAM, 2020), utilizando a ferramenta *Vector grid*. Assim, avaliamos a distância dos pontos de registro criando uma grade com pixels de 0,30 segundos de arco (1km), selecionando apenas um ponto de ocorrência dentro de cada pixel, para que apresentassem independência espacial e os valores das camadas climáticas tivessem maiores variações.

Terminado o tratamento dos dados, reunimos 42 registros de presença para *L. crassicaudata* para a área de Mata Atlântica (Fig. 2), com 21 registros apresentando coordenadas precisas. Selecionamos os 42 registros para a geração do modelo, sendo 21 deles localizados na ISC (APÊNDICE A).

Figura 2 – Mapas com registros de ocorrência de *L. crassicaudata* utilizados para a geração dos modelos, nas duas áreas de estudo no bioma Mata Atlântica.



3.3.2 Dados abióticos

As análises foram divididas em dois momentos – um primeiro de distribuição potencial climática para a Mata Atlântica (área 1) e ISC (área 2) – e um segundo momento onde utilizamos variáveis ambientais e climáticas como preditoras em uma análise de regressão múltipla (Modelo Linear Generalizado - GLM), selecionando o modelo mais parcimonioso através do Critério de Informação de *Akaike* (AIC), apenas para a ISC (ver adiante).

Assim, a princípio, utilizamos 19 variáveis climáticas, com resolução de 0,30 segundo de arco (1 km). Essas variáveis foram extraídas do site *WorldClim* (Global Climate Data – www.worldclim.org), sendo constituídas por temperatura e precipitação, e combinações entre máximas e mínimas, sazonalidade, variações anuais/diárias/médias mensais (Tabela 1).

Utilizamos, também, seis variáveis ambientais (Tabela 1), sendo elas: 1) Altitude (**Alt**) – variável de paisagem, relacionada a elevação no ponto de amostragem, obtida no site *WorldClim* (ver FICK & HIJMANS, 2017); 2) Porcentagem de cobertura arbórea (**Cfl**) –

variável de paisagem, do ano 2000 (ver HANSEN et al., 2013); 3) Heterogeneidade espacial (**EVI**) – variável de paisagem, medida pelo Índice de Shannon, de 2001 a 2005 (ver TUANMU & JETZ, 2015); 4) Frequência de Água - Águas Interiores Globais (**Hyd**) – variável de hidrografia, obtida por conjunto de dados de frequência de água interior global, do ano de 2000 (ver FENG et al., 2015); 5) Densidade populacional humana por km² (**Hum**) – variável de influência antrópica, do ano de 2015, (ver NASA – SEDAC, em <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/gpw-v4-population-density-rev10>); 6) Índice de robustez do terreno com desvio padrão (**Rel**) – variável topográfica de inclinação do terreno, do ano de 2010 (ver AMATULLI et al., 2018).

Tabela 1 – Variáveis climáticas e ambientais utilizadas nas modelagens de distribuição potenciais.

VARIÁVEL	DEFINIÇÃO	
CLIMÁTICA	BIO1	Temperatura Média Anual
	BIO2	Intervalo Diurno Médio (Média do mês (temperatura máxima - temperatura mín.))
	BIO3	Isotermalidade (BIO2/BIO7) (×100)
	BIO4	Sazonalidade da Temperatura (desvio padrão ×100)
	BIO5	Temperatura máxima do mês mais quente
	BIO6	Temperatura mínima do mês mais frio
	BIO7	Faixa Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)
	BIO8	Temperatura média do trimestre mais úmido
	BIO9	Temperatura média do trimestre mais seco
	BIO10	Temperatura Média do Trimestre Mais Quente
	BIO11	Temperatura média do trimestre mais frio
	BIO12	Precipitação Anual
	BIO13	Precipitação do mês mais úmido
	BIO14	Precipitação do Mês Mais Seco
	BIO15	Sazonalidade de Precipitação (Coeficiente de Variação)
	BIO16	Precipitação do trimestre mais úmido
	BIO17	Precipitação do trimestre mais seco
	BIO18	Precipitação do Quarto Mais Quente
	BIO19	Precipitação do trimestre mais frio
AMBIENTAL	Cfl	PAISAGEM / Porcentagem de cobertura arbórea de 2000
	EVI	PAISAGEM / índice de Shannon de dados EVI - medida de heterogeneidade
	Hum	ANTRÓPICO / Densidade populacional por km ²
	Hyd	HIDROGRAFIA / Frequência da Água - Águas Interiores Globais
	Rel	TOPOGRAFIA / índice de robustez do terreno com desvio padrão
	Alt	ALTITUDE/ Altitude no ponto da amostragem

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

3.4 SELEÇÃO DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS PREDITORAS

No programa RStudio (versão 1.4.1717; TEAM, 2021), recortamos todas as variáveis climáticas obtidas utilizando os limites das áreas de estudo, sendo um recorte para a área de Mata Atlântica (área 1) e outro apenas para a ISC (área 2). Após este processo, seguiu-se para a seleção das variáveis abióticas, a fim de rodar as modelagens.

3.4.1 *Jackknife*

Ainda no processo de pré-modelagem, selecionamos as variáveis climáticas recortadas para a área 1 e, incluindo os 42 registros da espécie, realizamos um teste *Jackknife* no software Maxent. O mesmo processo foi feito com as variáveis climáticas recortadas para a área 2, contando com os 21 registros da espécie. O *Jackknife* resulta, para cada variável, em dados percentuais de contribuição para os modelos que serão gerados.

3.4.2 VIF

Em seguida, no software QGIS, extraímos os valores dos atributos para cada camada climática selecionada por meio do *Jackknife* para realizar a análise estatística do VIF (*Variance Inflation Factor*). Assim, obtivemos dois grupos de informações com esses valores, um para cada área de estudo. Além disso, extraímos também os valores de atributos das camadas ambientais para posterior análise de regressão múltipla. Os valores de atributos, extraídos de todas as variáveis a serem analisadas, são essenciais para as análises estatísticas do VIF.

Segundo AKINWANDE et al. (2015), a análise do VIF estima a multicolinearidade e avalia o quanto a variância de um coeficiente de regressão estimado aumenta quando os preditores são correlacionados. A multicolinearidade entre as variáveis inflaciona de forma desnecessária os erros padrão dos coeficientes e dispara a variância dos coeficientes de regressão, tornando-os instáveis. Se o VIF for maior que 1 (um), há indícios de autocorrelação moderada; se for entre 5 (cinco) e 10 (dez) pressupõe alta autocorrelação, que tende a ser problemática para a modelagem; e caso seja superior a 10 (dez), supõe-se a ação da multicolinearidade sobre os coeficientes de regressão, que causa estimativas ruins. Uma solução pode ser a remoção de preditores significativamente correlacionados do modelo. Assim,

teoricamente, pode-se dizer que uma variável supressora deve ser permitida em um modelo de regressão se, e somente se, seu valor de VIF for inferior a 5 (cinco).

No RStudio (TEAM 2021) realizamos a análise do VIF, para ambas áreas de estudo, onde executamos várias rodadas para eliminar uma variável climática a cada rodada, testando o quanto cada variável estava autocorrelacionada com as outras. Na escolha, consideramos valores abaixo de cinco (< 5) para as variáveis. Além da autocorrelação, as escolhas das variáveis climáticas também se orientaram a partir da importância biológica conhecida para a espécie.

3.5 MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES – MDEs

A partir dos registros de ocorrência e das variáveis ambientais, o próximo passo foi utilizar um algoritmo de modelagem, visando identificar as condições climáticas associadas à ocorrência da espécie (PETERSON et al., 2011).

3.5.1 Modelagem

No presente estudo, utilizamos o algoritmo MaxEnt (PHILLIPS et al., 2006) versão 3.4.4, para a modelagem de distribuição potencial da espécie alvo, um método que é baseado no princípio da entropia máxima, ou seja, ele encontra a distribuição de probabilidade alvo mais próxima da uniformidade ou mais espalhada, de acordo com as informações disponibilizadas ao algoritmo.

A modelagem de entropia máxima refere-se a uma área de pesquisa em estatística e aprendizado de máquina, que necessita apenas de dados de presença, uma vez que toma uma amostra aleatória de pixels da área de estudo, conhecidas como pseudo-ausências, e as usa no lugar de ausências verdadeiras durante a modelagem (PHILLIPS et al., 2006). É importante observar que pontos de pseudo-ausência da espécie não indicam a não presença da espécie em determinado local, uma vez que podem ser presenças que não foram obtidas na amostragem de registros (BARBET-MASSIN et al., 2012).

A validação de modelos gerados, ou teste externo, é baseada na análise dos dados de distribuição da espécie não utilizados pelo algoritmo na modelagem contra os nossos resultados. Para realizar o teste externo, antes da modelagem, gera-se um conjunto independente de dados,

que é dividido em conjunto de treino e conjunto de teste, sendo que este último não participa da geração do modelo (PINAYA, 2013; GIANNINI et al., 2012).

Utilizamos um conjunto de dados divididos de forma aleatória para treino do algoritmo a fim de gerar o modelo, com 70% dos registros para a área 1 e 75% para a área 2, e outro conjunto de dados para teste, que testará o modelo, com 30% para a área 1 e 25% para a área 2.

Utilizamos a técnica *bootstrap*, já implementada no algoritmo Maxent, com o intuito de avaliar a precisão dos modelos de distribuição da espécie, e escolhemos usar 10 replicações e 500 iterações. O *bootstrap* gera diferentes conjuntos de dados de forma aleatória, com reposição, em vários conjuntos de treino e teste (GIANNINI et al., 2012), gerando uma média das replicações e, por fim, o modelo final mais preciso.

Para cada região modelada, o algoritmo Maxent gera um mapa potencial de pixels com valores de 0 a 1. A interpretação desses valores consiste em, se o valor do pixel estiver mais próximo de 1, a área possui maior adequabilidade para a distribuição da espécie e, de forma contrária, o valor de pixel mais próximo a 0 mostra uma menor adequabilidade (DALAPICOLLA, 2016; VELOZ, 2009).

3.5.2 Pós Modelagem

Para medir a eficiência dos modelos gerados, utilizamos o método AUC (*Area Under the Curve*), cálculo gerado pelo algoritmo Maxent que fornece uma medida do desempenho do modelo sem a necessidade de escolha prévia específica de um limite de corte. A curva gerada é obtida a partir de todos os possíveis limites de corte (sendo cada limite de corte responsável por um ponto da curva), onde, em x plota-se a sensibilidade (que representa a ausência do erro de omissão) e no eixo y a especificidade (que representa o erro de comissão) do modelo gerado. Quando o resultado do modelo for mais distante da previsão (valor mais próximo de 1), o desempenho do modelo é melhor (RUSHTON et al., 2004; PHILLIPS et al., 2006; GIANNINI et al., 2012), indicando que é suficientemente discriminatório e pode ser usado (PANDO & GILES, 2007).

Um dos últimos passos após a modelagem de distribuição da espécie é encontrar um limite de corte (*threshold*) para a obtenção dos locais potenciais de presença e ausência da espécie, necessário não só em casos de estimativa de distribuição de espécies como na avaliação de impactos resultantes de mudanças climáticas (LIU et al., 2005).

Para o processo de escolha do limite de corte, considera-se a sensibilidade e a especificidade do modelo gerado que, segundo MANEL et al. (2001), ao serem somadas, podem ser maximizadas para fornecer o limiar. Estima-se, portanto, a sensibilidade e especificidade do modelo, podendo-se considerar diversos pontos de corte e utilizar aquele que potencializa simultaneamente as duas probabilidades em questão, estabelecendo um ponto de corte ótimo (PRAZERES FILHO, 2014).

Utilizamos, neste trabalho, um limite de corte máximo (*maximum training sensitivity plus specificity logistic threshold*), tanto para a área 1 quanto para a segunda área de estudo. Segundo SOUZA (2020), o pixel que tiver valor acima do limiar de decisão é considerado uma área adequada climaticamente para distribuição da espécie, enquanto os com valores abaixo desse limiar são áreas inadequadas.

Estabelecendo o ponto de corte, então, é possível transformar os valores dos pixels em um resultado binário, onde valores acima do limiar indicam presença (1) potencial e abaixo do limiar indicam ausência (0) potencial da espécie. Assim, obtivemos um mapa binário para cada área de estudo, que foram trabalhados em SIG, por meio do software QGIS (TEAM, 2020), resultando na elaboração dos mapas de distribuição potencial climática da espécie *L. crassicaudata*.

3.6 MODELOS CLIMÁTICOS – MATA ATLÂNTICA E ISC

Uma vez obtido o mapa de cada área, Mata Atlântica e ISC, utilizamos o software QGIS (TEAM, 2020) no processamento e elaboração do mapa de distribuição potencial climática para a espécie alvo.

3.6.1 Áreas adequadas dentro de UCs – ISC

Para a segunda área de estudo (ISC), procedemos com análises relacionadas a Unidades de Conservação (UCs) nas esferas Federal, Estadual, Municipal e Particulares. Calculamos a área de distribuição potencial da espécie na ISC, bem como a área de cada UC existente no local de estudo. Também calculamos a relação entre os dados obtidos, analisando-os quanto à porcentagem de ambientes protegidos ou não protegidos que incluem locais potenciais para a presença da espécie.

3.7 GERAÇÃO E SELEÇÃO DE MODELOS CLIMÁTICOS E AMBIENTAIS – ISC

A fim de verificar a relação de *L. crassicaudata* com variáveis preditivas ambientais e climáticas, realizamos uma análise de regressão múltipla com distribuição binomial (Modelo Linear Generalizado - GLM) na ISC, tendo presença (1) e ausência (0) como variável-resposta.

A regressão linear múltipla é uma técnica multivariada que busca obter, através de uma equação matemática, uma explicação satisfatória para a relação entre uma variável-resposta estudada e o restante das variáveis que descrevem o sistema, conhecidas como independentes ou explicativas (GUIMARÃES, 2008). Esta técnica permite a detecção dos principais padrões de similaridade, associação e correlação entre as variáveis, permitindo fazer previsões de valores para variáveis de interesse (SASSI et al., 2012; GUIMARÃES, 2008).

Para a técnica de regressão linear múltipla, geramos, pelo software QGIS (TEAM, 2020), pontos aleatórios (ausência) na área de estudo em mesma quantidade que os registros de presença. Objetivamos utilizar pontos aleatórios (ausência) somente fora da área potencial climática já conhecida da ISC. Garantindo a não sobreposição de pontos, todos eles foram gerados com pelo menos 1km de distância entre si e das coordenadas dos registros de presença.

Utilizamos quatro variáveis climáticas pré-selecionadas pelo *Jackknife* e VIF na geração do modelo climático potencial para a ISC, juntamente com seis variáveis ambientais (EVI, Hyd, Hum, Rel, Cfl, Alt). Todas as variáveis foram processadas e tiveram seus valores extraídos para a ISC, através do software QGIS (TEAM, 2020).

Realizamos a GLM no software RStudio (versão 1.4). Inicialmente, utilizamos todas as variáveis preditoras para a geração dos modelos, que foram sendo removidas subsequentemente conforme possuíam menores contribuições. Por fim, as duas últimas variáveis foram testadas de maneira individual, além de um modelo nulo.

Para selecionar o melhor modelo entre os gerados pela GLM, utilizamos como base o Critério de Informação de *Akaike* (AIC). O AIC é um método estatístico que compara modelos com diferentes combinações de variáveis preditoras (DA SILVA et al., 2022). Esta técnica é amplamente utilizada na seleção de modelos e é ideal para aplicações de modelagem linear generalizada quando o principal objetivo da modelagem é preditivo, ou seja, que preveja efetivamente novos resultados (CAVANAUGH & NEATH, 2019). O AIC mede a qualidade do ajuste e a complexidade do modelo, onde menores valores de AIC representam modelos com melhores ajustes aos dados (ZUUR et al., 2009; DA SILVA et al., 2022). Contudo, um modelo só será considerado mais plausível que outro quando a diferença entre seus valores de AIC, ou

seja, o delta AIC (Δ AIC), forem iguais ou menores a dois (≤ 2) (DA SILVA et al., 2022; ANDERSON & BURNHAM, 2004).

Buscando saber o quanto os modelos gerados explicaram a presença da espécie *L. crassicaudata*, calculamos o “pseudo-R²”. Novamente, consideramos também o modelo nulo – modelo com apenas uma interceptação e sem covariáveis (CHEN & LIU, 1993). McFadden (1973) sugeriu o “índice de razão de verossimilhança” (*likelihood ratio index*), definido como um menos a razão entre a probabilidade logarítmica apenas com interceptações e a probabilidade logarítmica com todos os preditores (modelo completo), tendo valores de pseudo-R² como resultados e indicando que o modelo é bem ajustado e explicativo quanto maior for o valor (FERREIRA, 2013; SMITH & MACKENNA, 2013).

4 RESULTADOS

4.1 MATA ATLÂNTICA

4.1.1 Seleção das variáveis preditoras climáticas - Mata Atlântica do Sul e Sudeste do Brasil

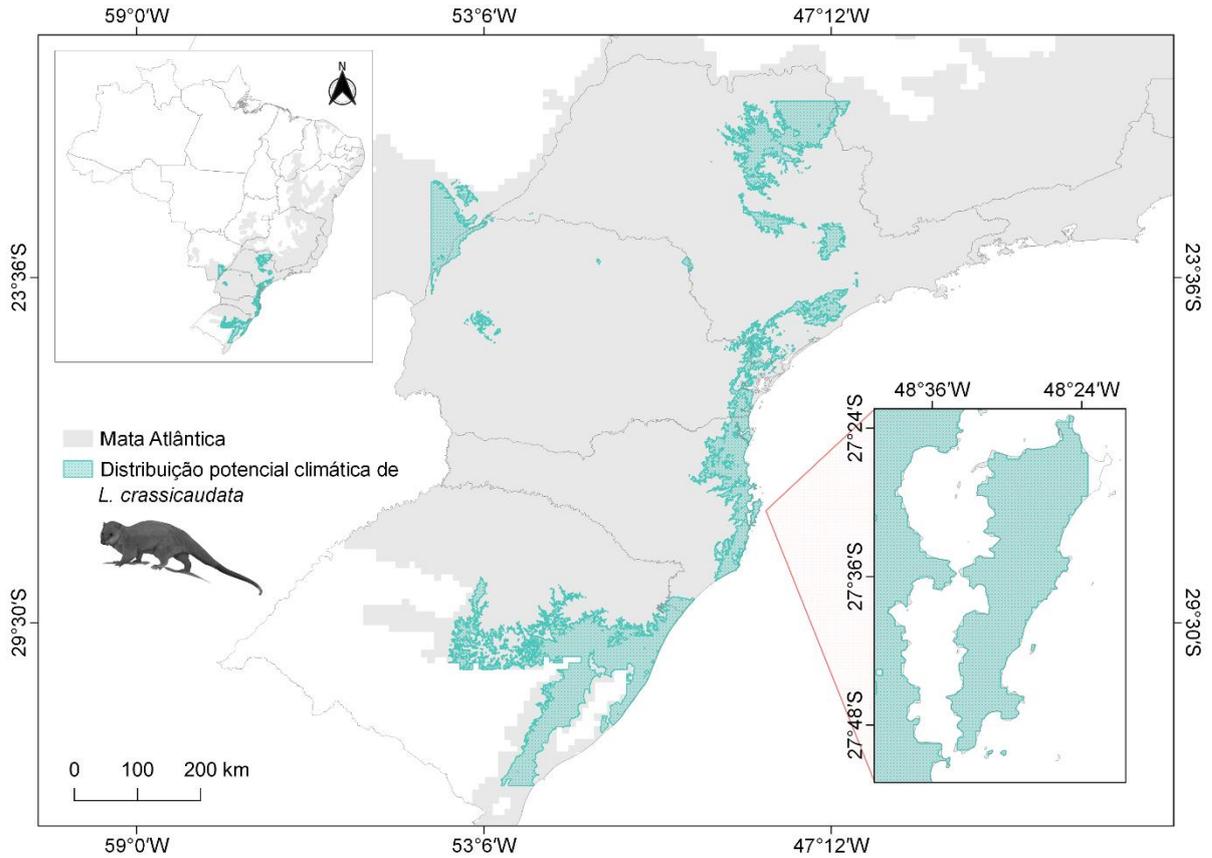
As variáveis climáticas preditoras analisadas no teste *Jackknife* que mais contribuíram com a presença da espécie foram: Intervalo diurno médio (BIO2) com 37,1%, seguida de temperatura mínima do mês mais frio (BIO6) (16%) e precipitação do mês mais seco (BIO14) (9,3%). Oito das 19 variáveis climáticas tiveram contribuição para a distribuição da espécie igual ou acima de 4%. Foram elas: Intervalo diurno médio (BIO2), temperatura mínima do mês mais frio (BIO6), faixa anual de temperatura (BIO7), temperatura média do trimestre mais úmido (BIO8), precipitação anual (BIO12), precipitação do mês mais seco (BIO14), sazonalidade de precipitação (BIO15) e precipitação do quarto mais quente (BIO18). As demais variáveis foram descartadas, uma vez que possuíam baixa contribuição percentual (ANEXO A).

Na análise do VIF, selecionamos variáveis climáticas que possuíam valores abaixo de cinco (< 5) com o intuito de reduzir a inflação dos modelos. Dentre as oito variáveis preditoras, apenas metade foram escolhidas. Os resultados do teste VIF com as quatro variáveis menos inflacionadas foram: Intervalo diurno médio (BIO2), temperatura mínima do mês mais frio (BIO6), temperatura média do trimestre mais úmido (BIO8) e precipitação anual (BIO12) (APÊNDICE B).

4.1.2 Mapa de adequabilidade

O mapa de adequabilidade gerado teve um valor de desempenho igual a 0,88 (teste AUC), demonstrando boa capacidade preditiva. O limiar *maximum training sensitivity plus specificity logistic threshold* utilizado teve o valor de 0,18 e as áreas geográficas adequadas foram estimadas. A área total de distribuição potencial de *L. crassicaudata* na área de estudo foi de 81,472 km², correspondendo a 9,9% da região de amostragem (Fig. 2).

Figura 3 – Distribuição potencial climática de *L. crassicaudata* na Mata Atlântica da região Sul e Sudeste do Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

O estado que apresentou maior área potencial para a espécie foi Rio Grande do Sul (43,13%), seguido por São Paulo (26,57%), Santa Catarina (15,31%) e Paraná (5,4%) (Tabela 2).

Tabela 2 – Área de distribuição climática potencial em quilômetros quadrados (km²) referente a cada uma das áreas modeladas, e suas respectivas porcentagens em relação a toda a área amostrada.

Áreas amostradas	Distribuição climática potencial	
	Área (km ²)	Porcentagem
São Paulo (SP)	21 650	26,57%
Paraná (PR)	4 403	5,40%
Santa Catarina (SC)	12 472	15,31%
Rio Grande do Sul (RS)	35 140	43,13%
Outros (MS e MG)	7 807	9,58%
Total	81 472	100%

90,42%

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

Proporcionalmente à extensão territorial, o estado que apresentou maior área climática potencial foi Santa Catarina (13,11%), seguida por Rio Grande do Sul (12,47%), São Paulo (8,74%) e Paraná (2,22%) (Tabela 3).

Tabela 3 – Relação percentual entre extensão territorial e distribuição climática potencial de cada estado avaliado.

Áreas Amostradas	Extensão territorial (km ²)	Distribuição	
		climática potencial (km ²)	%
São Paulo (SP)	247 820	21,65	8,74%
Paraná (PR)	198 640	4,40	2,22%
Santa Catarina (SC)	95 100	12,47	13,11%
Rio Grande do Sul (RS)	281 730	35,14	12,47%

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

4.2 ILHA DE SANTA CATARINA

4.2.1 Modelo climático

4.2.1.1 Seleção das variáveis preditoras climáticas - Ilha de Santa Catarina

Utilizando 21 registros de presença da espécie *L. crassicaudata* na área e as 19 variáveis climáticas com resolução de 0,30 segundos de arco (1km), as variáveis climáticas que mais contribuíram com a presença da espécie no teste *Jackknife* foram: BIO13 com 15,7% de contribuição, seguida por BIO2 (14,7%) e BIO19 (14%). Das 19 variáveis, 10 delas tiveram contribuição percentual igual ou acima de 4,5% e foram escolhidas. Foram elas: Temperatura média anual (BIO1), intervalo diurno médio (BIO2), isothermalidade (BIO3), temperatura máxima do mês mais quente (BIO5), faixa anual de temperatura (BIO7), precipitação anual (BIO12), precipitação do mês mais úmido (BIO13), sazonalidade de precipitação (BIO15), precipitação do trimestre mais seco (BIO17) e precipitação do trimestre mais frio (BIO19) (ANEXO B). As demais variáveis foram descartadas e não seguiram para os próximos testes, uma vez que possuíam baixa contribuição.

Na análise do VIF, buscamos escolher variáveis climáticas de valores mais baixos com o intuito de evitar inflação no modelo. Entre as 10 variáveis climáticas preditoras, quatro delas

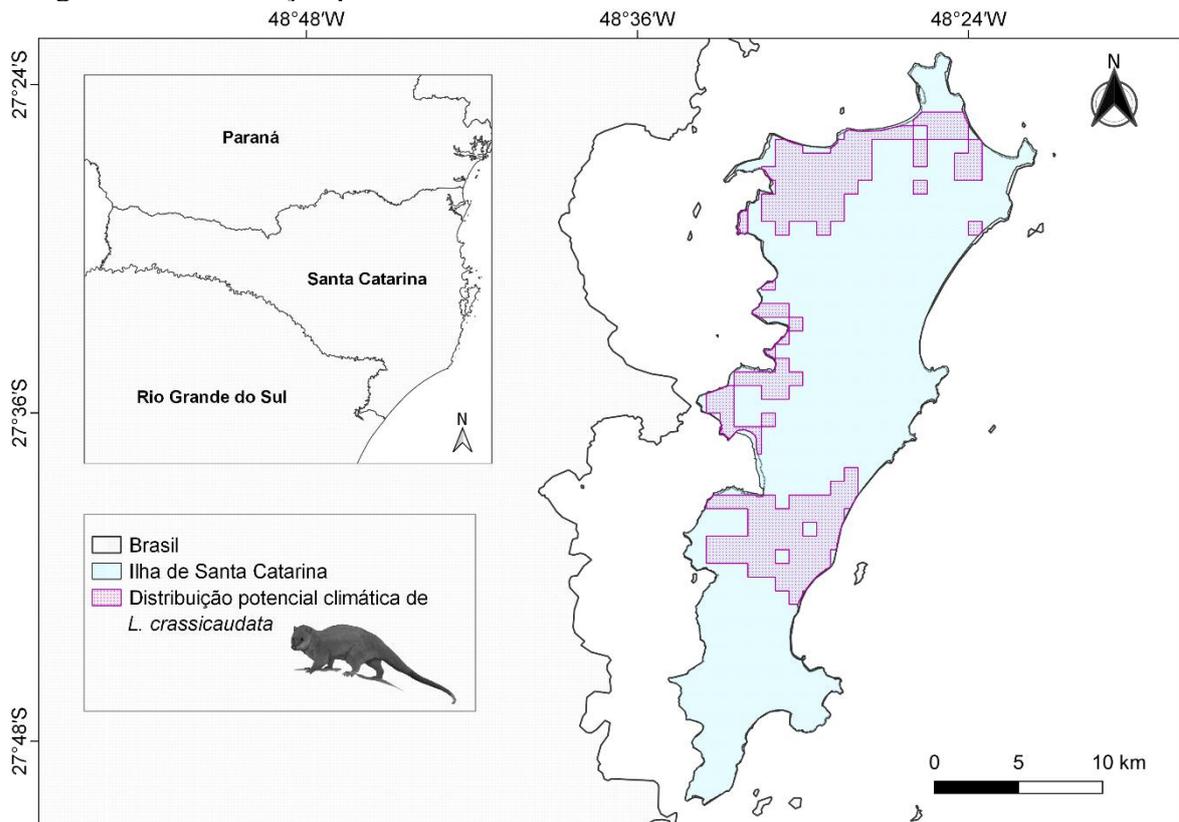
melhor indicaram baixa autocorrelação e foram escolhidas, sendo as seis restantes descartadas nos testes anteriores do VIF. Os resultados do teste VIF com quatro variáveis foram: Isotermalidade (BIO3), faixa anual de temperatura (BIO7), precipitação do mês mais úmido (BIO13) e precipitação do trimestre mais seco (BIO17) (APÊNDICE C).

4.2.1.2 Mapa de adequabilidade

O mapa de adequabilidade, produto da modelagem realizada, demonstrou bom desempenho e capacidade preditiva (Teste AUC = 0,69).

Os limites geográficos de presença e ausência potenciais foram estimados a partir do limiar *maximum training sensitivity plus specificity logistic threshold*, com valor 0,45. O mapa gerado, por fim, demonstrou 99,74 km² de área total de adequabilidade climática para a espécie, correspondendo a 23,7% de todo o território insular (Fig. 3).

Figura 4 – Distribuição potencial climática de *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina.

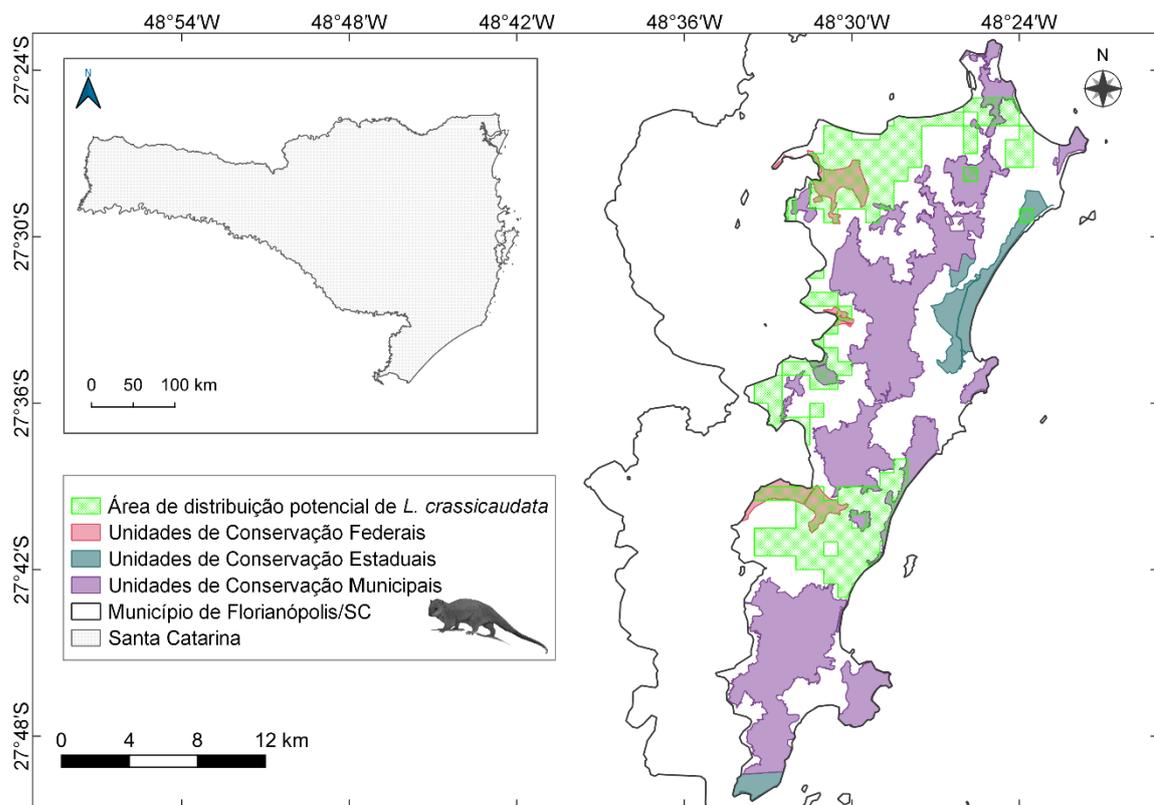


Fonte: Elaborada pela autora (2022).

4.2.1.3 Unidades de Conservação

Atualmente, a extensão territorial das Unidades de Conservação (UCs) na ISC é de 179,58 km², o que representa 42,66% da Ilha. Da área adequada climaticamente, 19,97 km² estão inseridos nestas UCs, o que corresponde a 11,12% da área total de UCs (Fig. 4).

Figura 5 – Distribuição potencial climática para a espécie *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina, com destaque para as Unidades de Conservação das três esferas de poder existentes atualmente na área de estudo.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

As UCs de gestão federal apresentaram maior área adequada para a espécie, totalizando 12,12 km². Logo após, ficaram as UCs de gestão municipal, com 7,15 km² de área adequada e estadual, com 0,71 km² (Tabela 4).

Tabela 4 – Cálculo de área para distribuição climática potencial para a espécie *L. crassicaudata* nas Unidades de Conservação da Ilha de Santa Catarina, em km² e sua porcentagem.

Unidades de Conservação	Área (km ²)	Distribuição potencial climática nas UCs (km ²)	%
Federais	14 770	12,12	82,01%
Estaduais	18 940	0,71	3,75%
Municipais	145 870	7,15	4,90%
Total	179 580	19,98	11,12%

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

4.2.2 Seleção de Modelo bioclimático/ambiental – GLM

4.2.2.1 Seleção das variáveis preditoras climáticas e ambientais – VIF

Das 10 variáveis climáticas e ambientais selecionadas anteriormente para a análise, seis delas tiveram valores de VIF aceitáveis, onde três apresentaram valores abaixo de 2. Os valores do teste VIF com as seis variáveis foram: Heterogeneidade espacial (EVI) = 1,499; Frequência de Água - Águas Interiores Globais (Hyd) = 1,748; Índice de robustez do terreno com desvio padrão (Rel) = 1,668; Precipitação do trimestre mais seco (BIO17) = 2,573; Faixa Anual de Temperatura (BIO7) = 6,481; e Isotermalidade (BIO3) = 4,732 (APÊNDICE D). As demais foram descartadas, evitando inflação no modelo.

4.2.2.2 GLM

O modelo mais parcimonioso, com Delta AIC igual a 0, teve uma explicação de 16,74% (pseudoR²) e incluiu apenas a variável climática BIO7 ($p < 0,01$), que corresponde à faixa anual de temperatura. Outro modelo foi considerado plausível, pois apresentou Delta AIC menor que 2 (1,72), com 22% de explicação, incluindo as variáveis BIO7 ($p < 0,01$), EVI ($p = 0,31$) e Hyd ($p = 0,37$) (APÊNDICE E).

5 DISCUSSÃO

Áreas climaticamente adequadas

Segundo nosso modelo para a Mata Atlântica, *L. crassicaudata* apresentou distribuição potencial climática especialmente mais a leste, com variação na sazonalidade de temperatura, verões quentes (22° C ou mais no mês mais quente), ausência de estações secas e temperaturas inferiores a 18°C no mês mais frio. Apesar de também ocorrer em áreas que podem apresentar temperaturas inferiores a 22°C nos meses mais quentes (BECK et al., 2018; DUBREUIL et al., 2017), *L. crassicaudata* parece estar restrita a locais mais baixos e mais suscetíveis à presença de áreas alagáveis (BORGES & DE OLIVEIRA FERREIRA, 2019; WITTMANN, 2012), portanto, evitando altitudes como do Planalto Catarinense, que apresentam entre 800-1,800 metros, e consequentes temperaturas médias mais baixas (CORTELETTI, 2012; GASPER et al., 2015). Pensando na fisiologia de marsupiais, é importante destacar que, se comparados com mamíferos placentários de mesmo tamanho, os marsupiais apresentam taxas no metabolismo energético mais baixas para manter suas funções, como respiração e manutenção da temperatura corporal (AUSTAD & FISHER, 1991; COOPER et al., 2009). Nesse sentido, *L. crassicaudata* pode evitar temperaturas mais baixas, uma vez que essas situações demandam altos custos energéticos (KÖRTNER et al., 2010), especialmente a espécie que estão associadas a ambientes aquáticos, onde a perda de calor acaba sendo maior devido a maior condutividade da água em relação ao ar (THOMPSON, 1988).

De fato, estudos sobre a distribuição efetiva da espécie mostram sua não ocorrência em locais mais secos anualmente, como Nordeste do Brasil onde, nas regiões semiáridas, a média de dias de chuva anuais chega a no máximo 12 (SILVA et al., 2012), e Sul da Argentina, onde há poucas chuvas que são praticamente constantes ao longo do ano (REBOITA et al., 2012). Há registros, contudo, na porção sul da América do Sul, em habitats tropicais, subtropicais e temperados do Paraguai, Uruguai, porção oriental da Bolívia, Sudeste e Sul do Brasil e Nordeste da Argentina (FERRAN, 2013; CÁCERES et al., 2008). Essa não ocorrência em locais mais secos anualmente pode ser aceitável, uma vez que a espécie parece ter especificidade de habitats e ser frequentemente associada a ambientes úmidos e lênticos (RIBEIRO-SOUZA et al., 2022; CÁCERES et al., 2002; GRAIPEL et al., 2001). Também, em relação a variáveis de precipitação, o modelo apresenta distribuição potencial da espécie em locais com precipitações superiores a 30mm nos meses mais secos, podendo chegar a 1.000-2.000mm em certas áreas,

de acordo com os subtipos climáticos pela classificação de Köppen-Geiger (DUBREUIL et al., 2018; KOTTEK et al., 2006; PEREIRA, 2009; ROLIM et al., 2007).

Variações na sazonalidade de temperatura e precipitação parecem influenciar de maneira marcante a distribuição de *L. crassicaudata*. Condições climáticas como a temperatura mínima do mês mais frio e precipitação anual seguiram com porcentagens significativas de contribuição para a explicação da presença da espécie.

Áreas ambientalmente adequadas

A espécie *L. crassicaudata* está associada a ambientes de corpos d'água e a florestas de galeria, bem como ambientes florestais úmidos (MARES et al., 1996; GRAIPEL et al., 1996) e grande parte da distribuição potencial para a espécie se sobrepõe a áreas de floresta ombrófila densa no litoral Catarinense, do Paraná e de São Paulo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE, 2021). Na ISC, nosso segundo modelo plausível (delta AIC < 2) teve, no entanto, coeficiente de EVI negativo (-0,4449), indicando relação negativa da espécie com áreas de florestas, uma vez que a variável EVI está diretamente relacionada com variações ocorridas na cobertura verde (JUSTICE et al., 1998).

Importante destacar, também, que parte considerável da distribuição climática potencial de *L. crassicaudata* no estado do RS se dá em áreas de formações pioneiras, que fazem parte do “complexo vegetacional edáfico de primeira ocupação”, ao longo do litoral, nas planícies fluviais e mesmo ao redor das depressões aluviais (KOZERA et al., 2009; IBGE, 2012), junto a ambientes lênticos da Mata Atlântica, circundando a Lagoa dos Patos e lagos associados, forte indício da importância desses locais para a espécie. As áreas de formações pioneiras, para o estado do RS, possuem maior superfície na região costeira, ocupada por lagoas costeiras e formações campestres. No entanto, a porção terrestre tem sido convertida em paisagem agrícola, especialmente para produção de arroz, contando apenas com aproximadamente 16% de paisagem natural de planície costeira. Ainda, as áreas originais de várzeas dos rios possuem apenas 9,3% de sua formação original, sendo o restante convertido em grande parte para agricultura irrigada (CORDEIRO & HASENACK, 2007). De fato, há registros da espécie *L. crassicaudata* mais concentrados na área leste do estado de RS, apontada para áreas de banhado, zonas de restinga e matas de galeria (ÁVILA, 2012). Além disso, segundo nosso modelo, áreas potenciais para a espécie ocorrem no oeste do estado de PR e adentram o estado de Mato Grosso do Sul (MS). Nessa área, destaca-se a presença da bacia do Rio Paraná, um dos principais

sistemas fluviais da América Latina (ADAM et al., 2015), que pode exercer papel importante na presença da espécie, uma vez que há registros da mesma nesta bacia hidrográfica, no município de Mineiros, em Goiás (CÁCERES et al., 2008).

Segundo nosso modelo climático para a ISC, *L. crassicaudata* apresentou distribuição potencial especialmente em áreas de menores altitudes, assim como visto na Mata Atlântica. Áreas com menores altitudes são marcadas pela presença de corpos d'água, e margens de manguezais na Ilha de Santa Catarina são propícios à ocorrência da espécie *L. crassicaudata* (MONTEIRO-FILHO et al., 2006). A distribuição da espécie, mais ao norte, parece se limitar a locais litorâneos e mais baixos, com presença de manguezais, como o de Ratonés e, mais ao sudoeste, ao do Rio Itacorubi. Ao sul da ISC, a distribuição de *L. crassicaudata* cobriu áreas como o Manguezal do Rio Tavares e até mesmo próximo a Lagoa Pequena. Os ambientes de manguezais são historicamente ameaçados por aterros e ocupações. Por se encontrar normalmente junto à foz de rios, é um ecossistema extremamente contaminado por variados poluentes, situação que se evidencia em todos os Manguezais da Ilha de Santa Catarina (FIGUEIROA & SCHERER, 2016). Essa degradação põe em perigo toda fauna dependente dos Manguezais, afetando suas relações ecológicas (DUKE et al., 2007).

É notável a influência de variáveis de precipitação para a distribuição potencial da espécie, uma vez que apenas precipitação do mês mais chuvoso e do trimestre mais frio chegaram a explicar ~30% a presença da espécie. Faixa anual de temperatura e Isotermalidade foram variáveis de sazonalidade de temperatura que marcaram a distribuição da espécie. É, portanto, que ao considerar a análise com variáveis climáticas e ambientais para a ISC, faixa anual de temperatura teve maior relação positiva com a presença da espécie.

Quando consideramos interações entre espécies na interpretação da distribuição, a não ocorrência de espécie em um local pode estar relacionada à maior abundância de um predador natural, podendo ser o caso de jacarés para *L. crassicaudata*. A explicação da presença potencial de *L. crassicaudata* na ISC pela faixa anual de temperatura pode, portanto, também estar relacionada com este tipo de interação. Na ocorrência de períodos com baixa temperatura, animais termorreguladores como *Caiman latirostris* (jacaré-de-papo-amarelo) tem sua movimentação reduzida, uma vez que podem não atingir temperaturas corporais necessárias (SEEBACHER & FRANKLIN, 2005), o que pode favorecer a ocorrência de uma de suas presas, *L. crassicaudata*, uma vez que se trata de uma relação presa-predador. Relação similar é observada para o gênero *Chironectes*, onde a presença de predadores aquáticos no ambiente, como *Paleosuchus*, influenciam a ausência do marsupial (VOSS & EMMONS, 1996;

RIBEIRO-SOUZA et al., 2022). Além disso, são nesses períodos que *L. crassicaudata* se reproduz. Períodos mais quentes, no entanto, podem ser positivos para *L. crassicaudata*, pois são marcados por maior disponibilidade de recursos alimentares (ABREU et al., 2015), o que pode amenizar a relação entre as duas espécies. Contudo, a ISC caracteriza-se por um maior número de registros de *L. crassicaudata* sendo, então, importante avaliar se este marsupial continua sendo registrado em áreas onde jacarés passaram a ter ocorrência após os registros do marsupial.

MDEs para toda Floresta Atlântica versus ISC

A distribuição potencial de *L. crassicaudata* deste estudo corrobora em parte com a prevista anteriormente por RIBEIRO-SOUZA et al. (2022). No entanto, nossos resultados mostram uma área adequada, climaticamente, mais restrita. Isso pode ser explicado pela menor representatividade do nicho climático da espécie ao usarmos apenas o limite da Mata Atlântica. Isso diminui a variação climática ao longo de sua distribuição, e conseqüentemente, reduz áreas climaticamente adequadas. O mesmo observamos na distribuição potencial de *L. crassicaudata* para a Mata Atlântica, que considerou a ISC como um todo como área adequada e quando em contraste com a modelagem de distribuição potencial somente para esta última, mostra que há limites na distribuição. Ao passo que o limite de corte utilizado e também o número de registros da espécie utilizados podem apresentar essa variação nas áreas adequadas. Utilizamos, em ambas áreas de estudo, o limite de corte máximo, no entanto a ISC teve um limite de corte maior e, conseqüentemente, selecionando apenas as áreas com altos valores de adequabilidade ambiental para a ocorrência da espécie (GIANNINI et al., 2012). Além disso, dos registros da espécie utilizados na modelagem para Mata Atlântica metade localizam-se na ISC. Assim, a estimativa de distribuição potencial para toda a Mata Atlântica pode ter considerado a ISC como adequável em sua totalidade devido ao maior número de registros e agrupamento. Sobretudo, nossos resultados trazem áreas altamente adequadas para a espécie, o que é essencial para a conservação da mesma.

Áreas adequadas e Áreas protegidas

De acordo com nossos resultados, a distribuição potencial climática de *L. crassicaudata* está inserida em ~11% do atual sistema de UCs na ISC, englobando nove UCs e, entre elas,

duas não são de proteção integral, mas as de uso sustentável: Reserva Extrativista Marinha do Pirajubaé (RESEX Pirajubaé) e Reserva Particular do Patrimônio Natural Menino Deus (RPPNMD) (BRASIL, 2000). Contudo, uma parcela crítica da distribuição potencial está localizada fora de regiões protegidas legalmente, o que pode estar relacionado com o fato de que ambientes úmidos e lênticos sofrem com a falta de uma legislação específica, baseada no conhecimento científico, que as protejam, mesmo sendo importantes habitats para certas espécies e auxiliarem na regulação de microclimas (RIBEIRO-SOUZA et al., 2022; DE MEESTER et al., 2005; JUNK et al., 2014; TEIXEIRA, 2020).

Uma das estratégias mais eficazes na conservação da biodiversidade é a criação de áreas protegidas, como as UCs, uma vez que exercem papel essencial na proteção e gestão do ambiente e espécies (BRITTEZ et al., 2003; MACE, 2014; SPEAR et al., 2013; DA SILVA et al., 2018). A redução da cobertura vegetal, no entanto, pode contribuir para o aumento do efeito de borda e perda da conectividade entre as UCs (CASTRO et al., 2002) e, assim, a biodiversidade tende a diminuir, por conta da exposição das espécies a um ambiente mais alterado nas bordas dos fragmentos (FERRETTI, 2013). É importante ressaltar, inclusive, que atualmente a espécie *L. crassicaudata* é listada oficialmente como vulnerável no Estado de Santa Catarina (CONSEMA, 2011). Portanto, para atingir os objetivos de conservação de longo prazo, é imprescindível avaliar a conectividade entre os fragmentos protegidos, através de corredores ecológicos que, normalmente ocorrem na forma de cursos d'água, topos de morro e faixas vegetacionais (MARTINS E FERRETTI, 2019; LOVEJOY, 2006), bem como buscar maior proteção a ambientes lênticos e úmidos. A ISC apresenta muitas áreas úmidas, mas também acelerado processo de intervenções humanas, principalmente quando nos referimos à construção civil (HORN-FILHO, 2004). Em especial a área do entre mares, onde fica localizado o aeroporto de Florianópolis, considerando esta e inúmeras outras espécies é de especial importância para a conservação e não deveria estar sendo ocupada por atividades humanas. A ocupação desta área que forma um corredor de conectividade entre a porção do extremo sul da ilha e a região central consiste em um erro estratégico, não só devido à biodiversidade presente e seu papel na conectividade e geração de serviços ecossistêmicos, mas destaca-se também que esta área possui um nível muito baixo e o desenvolvimento da urbanização que está sendo realizado na mesma deverá sofrer grande impacto devido a elevação do nível do mar.

6 CONCLUSÕES

Para ambas áreas estudadas, Mata Atlântica das regiões Sul e Sudeste do Brasil e ISC, nossos modelos de distribuição potencial para a espécie *L. crassicaudata* inferem que regiões mais baixas e mais suscetíveis à presença de áreas alagáveis são mais adequadas para a espécie, especialmente formações pioneiras da Mata Atlântica, corroborando com outros trabalhos sobre a preferência de habitat da espécie. Nossos resultados mostram áreas altamente adequadas para a espécie e, ao passo que muitos destes ambientes encontram-se fora de regiões protegidas legalmente, sugerimos a inclusão destes como prioridade para conservação, beneficiando a espécie estudada e toda a fauna associada. Recomendamos não só a implementação de unidades para conservação ao longo da distribuição potencial da espécie, mas avaliação da conectividade entre os remanescentes de áreas adequadas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, E. F.; KÖHLER, A. Mastofauna de médio e grande porte na RPPN da UNISC, RS, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 4, p. 169-174, 2009.
- ABREU, M. S. L.; SCHMITZ, G. W.; DE OLIVEIRA, L. R. Recursos alimentares nos estratos verticais e sua relação com pequenos mamíferos em uma floresta de araucária do sul do Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 131-144, 2015.
- ADAM, K. N., FAN, F. M., PONTES, P. R. M., BRAVO, J. M.; COLLISCHONN, W. Mudanças climáticas e vazões extremas na Bacia do Rio Paraná. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 999-1007, 2015.
- AKINWANDE, M. O.; DIKKO, H. G.; SAMSON, A. Variance inflation factor: as a condition for the inclusion of suppressor variable (s) in regression analysis. **Open Journal of Statistics**, v. 5, p. 754-767, 2015. DOI: 10.4236/ojs.2015.57075.
- AMATULLI, G.; DOMISCH, S.; TUANMU, M. -N.; PARMENTIER, B.; RANIPETA, A.; MALCZYK, J.; JETZ, W. A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. **Scientific Data**, v. 5, n. 180040, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2018.40.
- ANDERSON, D.; BURNHAM, K. Model selection and multi-model inference. Second. **NY: Springer-Verlag**, v. 63, n. 2020, p. 10, 2004.
- ARAÚJO, M. B.; GUIBAN, A. Five (or so) challenges for species distribution modelling. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 10, p. 1677-1688, 2006.
- AUSTAD, S. N.; FISCHER, K. E. Mammalian aging, metabolism, and ecology: evidence from the bats and marsupials. **Journal of gerontology**, v. 46, n. 2, p. B47-B53, 1991.
- ÁVILA, M. C. N. **Distribuição da família Didelphidae (Mammalia, Didelphimorphia) no Rio Grande do Sul, Brasil**. 2012. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Diversidade e Conservação da Fauna, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- BARBET-MASSIN, M.; JIGUET, F.; ALBERT, C. H.; THUILLER, W. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? **Methods in ecology and evolution**, v. 3, p. 327-338, 2012.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MACVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific data**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2018. DOI: 10.1038/sdata.2018.214.
- BORGES, F. O.; FERREIRA, V. O. Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. **Revista Cerrados**, v. 17, n. 1, p. 114-130, 2019. DOI: 10.22238/rc2448269220191701114130.

BORNSCHEIN, M. R.; REINERT, B. L. Acrescido de marinha em Pontal do Paraná: uma área a ser conservada para a manutenção das aves dos campos e banhados do litoral do Paraná, sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, **Anais...**, Curitiba, 1997.

BORNSCHEIN, M. R.; REINERT, B. L.; PICHORIM, M. Descrição, ecologia e conservação de um novo *Scytalopus* (Rhinocryptidae) do sul do Brasil, com comentários sobre a morfologia da família. **Ararajuba**, v. 6, n. 1, p. 3-36, 1998.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 18 de julho de 2000. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 01 dez. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS. Mata Atlântica: Patrimônio Nacional dos Brasileiros. **Brasília: MMA**, 2010. 408 p. (Série Biodiversidade, 34).

BRITTEZ, R. M. et al. Manejo do entorno. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, p. 349-365, 2003.

BROWN, B. E. **Atlas of new world marsupials**. 2004.

CÁCERES, N. C.; CASELLA, J.; VARGAS, C. F.; PRATES, L. Z.; TOMBINI, A. A.; GOULART, C. S.; LOPES, W. H. Distribuição geográfica de pequenos mamíferos não voadores nas bacias dos rios Araguaia e Paraná, região centro-sul do Brasil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 98, p. 173-180, 2008.

CÁCERES, N. C.; GHIZONI-JÚNIOR, I. R.; GRAIPEL, M. E. Diet of two marsupials, *Lutreolina crassicaudata* and *Micoureus demerarae*, in a coastal Atlantic Forest island of Brazil. **Mammalia**, v. 66, n. 33, p. 331-340, 2002.

CASTRO, H., MOLINA, F.; GARCÍA, M. La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio. En: Castro, H. (Eds.). Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. Documento técnico. **Integra Territorial**. Sevilla, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, p. 27-99, 2002.

CAVANAUGH, J. E.; NEATH, A. A. The Akaike information criterion: Background, derivation, properties, application, interpretation, and refinements. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics**, v. 11, n. 3, p. 11, 2019. DOI: 10.1002/wics.1460.

CHEN. C.; LIU, LM. Joint estimation of model parameters and outlier effects in time series. **Journal of the American Statistical Association**, v. 88, n. 421, p. 284-297, 1993.

CONSEMA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Portaria nº 002, de 06 de dezembro de 2011, p. 02-08. **Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina.**

COOPER, C. E.; WITHERS, P. C.; CRUZ-NETO, A. P. Metabolic, ventilatory, and hygric physiology of the gracile mouse opossum (*Gracilinanus agilis*). **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 82, n. 2, p. 153-162, 2009.

CORDEIRO, J. L.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**, p. 285-299, 2009.

CORTELETTI, R.; BLASIS, P. A. D. **Projeto arqueológico Alto Canoas-Paraca: um estudo da presença Jê no planalto Catarinense**. 2012. 342 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CUYCKENS, G. A. E.; PEREIRA, J. A.; TRIGO, T. C.; DA SILVA, M.; GONÇALVES, L.; HUARANCA, J. C.; BOU PÉREZ, N.; CARTES, J. L.; EIZIRIK, E. Refined assessment of the geographic distribution of Geoffroy's cat (*Leopardus geoffroyi*) (Mammalia: Felidae) in the Neotropics. **Journal of Zoology**, v. 298, n. 4, p. 285-292, 2016.

D'ANDREA, P. S.; GENTILE, R.; CERQUEIRA, R.; GRELE, C. E. V.; HORTA, C.; REY, L. Ecology of small mammals in a Brazilian rural area. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 3, p. 611-620, 1999.

DA SILVA, F. R.; GONÇALVES-SOUZA, T.; PATERNO, G. B.; PROVETE, D. B.; VANCINE, M. H. Análises ecológicas no R (1ª ed.). **Nupeea**: Recife, PE: Canal 6: São Paulo. 640 p., 2022. ISBN 978-85-7917-564-0.

DA SILVA, M. X.; PAVIOLO, A.; TAMBOSI, L. R.; PARDINI, R. Effectiveness of protected areas for biodiversity conservation: mammal occupancy patterns in the Iguazu National Park, Brazil. **Journal for nature conservation**, v. 41, p. 51-62, 2018.

DALAPICOLLA, J. Tutorial de Modelos de Distribuição de Espécies: Guia Prático usando o Maxent e o ArcGis 10. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. **Retrieved**, v. 6, 2016.

DE MEESTER, L.; DECLERCK, S.; STOKS, R.; LOUETTE, G.; VAN DE MEUTTER, F.; DE BIE, T.; MICHELS, E.; BRENDONCK, L. Ponds and pools as model systems in conservation biology, ecology and evolutionary biology. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 15, n. 6, p. 715-725, 2005. doi:10.1002/aqc.748.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA-NETO, J. L. Les types de climats annuels au Brésil: une application du classement de Köppen de 1961 à 2015. **Confins: revue franco-brésilienne de géographie**, v. 37, 2018. <https://doi.org/10.4000/confins.15738>.

DUKE, N. C.; MEYNECKE, J. O.; DITTMANN, S.; ELLISON, A. M.; ANGER, K.; BERGER, U.; CANNICCI, S.; DIELE, K.; EWEL, K.C.; FIELD, C. D.; KOEDAM, N.; LEE, S. Y.; MARCHAND, C.; NORDHAUS, I.; DAHDOUH-GUEBAS, F. A World Without Mangroves? **Science**, v. 317, n. 5834, p. 41-43, 2007

EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H. Mammals of the neotropics: the central neotropics (Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil). Vol. 3. Chicago and London: **The University of Chicago Press**, 1999, cap 5, p. 54-55. Disponível em: <https://bit.ly/3Gf086S>.

FENG, M.; SEXTON, J. O.; CHANNAN, S.; TOWNSHEND, J. R. A Global, High-Resolution (30-M) Inland Water Body Dataset for 2000: First Results of a Topographic-Spectral Classification Algorithm. **International Journal of Digital Earth**, v. 9, n. 2, p. 113-133, 2015. DOI:10.1080/17538947.2015.1026420.

FERRAN, V. **Pan-biogeografia dos gêneros Didelphis, Philander, Metachirus, Chironectes e Lutreolina (Didelphimorphia: Didelphidae)**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

FERREIRA, M. C. C. S. **Modelos de Regressão: uma aplicação em Medicina Dentária**. 2013. 143 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Estatística, Matemática e Computação, Universidade Aberta, Lisboa, 2013.

FERRETTI, O. E. Áreas protegidas na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. **ACTA Geográfica**, v. 13, n. 31, p. 66-89, 2019.

FERRETTI, O. **Os espaços de natureza protegida na Ilha de Santa Catarina, Brasil**. 2013. 346 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Florianópolis, 2013.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017. DOI: 10.1002/joc.5086.

FIGUEIROA, A. C.; SCHERER, M. E. Para onde estamos indo? Uma avaliação do plano diretor do Município de Florianópolis para o entorno da Estação Ecológica de Carijós. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, n. 14, p. 283-301, 2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2014-2015. Relatório Técnico. São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica**, 2016, p. 70.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica: período 2017-2018. Relatório Técnico. São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica**, 2019, p. 10.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019-2020. Relatório Técnico. São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica**, 2021, p. 73.

SOS MATA ATLÂNTICA (Brasil). **MATA ATLÂNTICA**: Dados gerais. 2022. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/conheca/mata-atlantica/>>. Acesso em: 14 dez. 2022.

GARBINO, G. S. T. **Revisão sistemática de Chiroderma Peters, 1860 e filogenia de Vampyressina Baker et al. 2016 (Chiroptera: Phyllostomidae)**. 2019. 264 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

GARDNER, A. L. (Ed.). *Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. **University of Chicago Press**, 2008.

GASPER, A. L. D.; UHLMANN, A.; VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L. Variação da estrutura da floresta estacional decidual no estado de Santa Catarina e sua relação com a altitude e clima. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 77-89, 2015.

GIANNINI, T. C.; SIQUEIRA, M. F.; ACOSTA, A. L.; BARRETO, F. C. C.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 733-749, 2012.

GRAIPEL, M. E.; CHEREM, J. J.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; CARMIGNOTTO, A. P. (2017). Mamíferos da Mata Atlântica. In: Revisões em zoologia: Mata Atlântica. **Ed. UFPR**, Curitiba. 528p.

GRAIPEL, M. E.; CHEREM, J. J.; XIMENEZ, A. Mamíferos terrestres não voadores da Ilha de Santa Catarina, sul do Brasil. **Biotemas**, v.14, n. 2, p. 109–140, 2001.

GRAIPEL, M.; MILLER, P. R. M; XIMENEZ, A. Contribuição à identificação e distribuição das subespécies de *Lutreolina crassicaudata* (Desmarest, 1804) (Marsupialia, Mammalia). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 13, n. 3, p. 781-790, 1996.

GUIMARÃES, P. R. B. Métodos Quantitativos Estatísticos. Curitiba: **IESDE Brasil S.A.**, v. 1, p. 245, 2008.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science**, v. 342, p. 850-853, 2013. DOI: 10.1126/science.1244693.

HORN-FILHO, N. O. Estudos morfossedimentares (1970-2004) nas praias da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil: uma síntese. **GRAVEL: Porto Alegre**, n. 2, p. 57-70, 2004.

HORTAL, J. B., F.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; LEWINSOHN, T. M.; LOBO, J. M.; LADLE, R. J. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523-549, 2015.

ICMBIO/MMA. **Plano de Manejo da Estação Ecológica de Carijós**. Florianópolis/SC, 2003, p. 288.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**: Sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, e procedimentos

para mapeamentos. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012. 271 p.

JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F.; LOURIVAL, R.; WITTMANN, F.; KANDUS, P.; LACERDA, L. D.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; NUNES DA CUNHA, C.; MALTCHIK, L.; SCHÖNGART, J.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.; AGOSTINHO, A. A.; NÓBREGA, R. L. B. **Classificação e delineamento das Áreas Úmidas brasileiras e de seus macrohabitats**, In: Definição e classificação das Áreas Úmidas (AUs) brasileiras: base científica para uma nova política de proteção e manejo sustentável, p. 13-76, 2014.

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J. R.; DEFRIES, R.; ROY, D. P.; HALL, D. K.; ... & BARNESLEY, M. J. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. **IEEE transactions on geoscience and remote sensing**, v. 36, n 4, p. 1228-1249, 1998. DOI:10.1109/36.701075

KÖRTNER, G.; ROJAS, A. D.; GEISER, F. Thermal biology, torpor use and activity patterns of a small diurnal marsupial from a tropical desert: sexual differences. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 180, n. 6, p. 869-876, 2010. DOI:10.1007/s00360-010-0459-9

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

KOZERA, C.; KUNIYOSHI, Y. S.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Composição florística de uma formação pioneira com influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil. **Floresta**, v. 39, n. 2, p. 309-322, 2009.

LINO, C. F.; DIAS, H. Águas e florestas da mata atlântica: por uma gestão integrada. **Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Fundação S.O.S. Mata Atlântica**, São Paulo: CNRBMA/SOS, 2003.

LIU, C.; BERRY, P. M.; DAWSON, T. P.; PEARSON, R. G. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. **Ecography**, v. 28, p. 385-393, 2005.

LOVEJOY, T. E. Protected areas: a prism for a changing world. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 21, n. 6, p. 329-333, 2006. DOI:10.1016/j.tree.2006.04.005

MACE, G. M. Whose conservation?. **Science**, v. 345, n. 6204, p. 1558-1560, 2014.

MACHADO, A. B. M.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. In: Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção, p. 1420-1420, 2008.

MANEL, S.; WILLIAMS, H. C.; ORMEROD, S. J. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. **Journal of applied Ecology**, v. 38, n. 5, p. 921-931, 2001.

MARES, M. A.; BÁRQUEZ, R. M.; BRAUN, J. K.; OJEDA, R. A. Observations on the Mammals of Tucumán Province, Argentina I: Systematics, Distribution and Ecology of

Didelphimorphia, Xenarthra, Chiroptera, Primates, Carnivora, Perissodactyla, Artiodactyla and Lagomorpha. *Annals of the Carnegie Museum*, v. 58, p. 89-152, 1996.

MARSHALL, L. G. *Lutreolina crassicaudata*. **Mammalian Species**, n. 91, p. 1-4, 1978.

MARTINS, N.; FERRETTI, O. **Análise e monitoramento dos impactos, fragmentação e a conectividade, nas unidades de conservação da Ilha de Santa Catarina, Brasil**. Florianópolis, 2019.

MAZZER, A. M.; DILLENBURG, S. Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil). **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 1, p. 117-135, 2009.

MONTEIRO-FILHO, E. L. A.; GRAIPEL, M. E.; CÁCERES, N. C. 2006. História Natural da Cuíca-d'água *Chironectes minimus* e da cuíca-marrom *Lutreolina crassicaudata*; p. 287-295, In: *Marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução* (N. C. Cáceres; E. L. A. Monteiro-Filho, eds.). Campo Grande, MS, **Editora UFMS**.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, n. 4, p. 786-792, 2000. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00618.x

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PANDO, B. B.; GILES, J. P. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *Geofocus*. **Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica**, Granada/España, n. 7, p. 100-109, 2007.

PEREIRA, A. B. Mata Atlântica: Uma abordagem geográfica. **Nucleus**, v.6, n.1, p. 27-52, 2009. ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.152.

PETERSON, A. T. et al. Ecological niches and geographic distributions (MPB-49). In: *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. **Princeton University Press**, 2011.

PETERSON, A. T. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. **The condor**, v. 103, n. 3, p. 599-605, 2001. DOI:10.1650/0010-5422(2001)103[0599:psgdbo]2.0.co;2.

PETERSON, A.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G.; ANDERSON, R. P.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B. Niches and Distributions in Practice: Overview. In: *Ecological Niches and Geographic Distributions*. New Jersey: **Princeton University Press**, 2011. Cap. 4. p. 51-56. DOI:10.1515/9781400840670.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

PINAYA, J. L. D. **Processo de pré-análise para a Modelagem de Distribuição de Espécies**. 2013. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PRAZERES FILHO, J. **Capacidade preditiva de Modelos Credit Scoring em inferência dos rejeitados**. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

RANTA, P.; BLOM, T.; NIEMELÄ, J.; JOENSUU, E.; SIITONEN, M. The fragmented atlantic forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity Conservation**, v.7, n. 3, p. 385-403, 1998.

REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. D. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra Didática**, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009. DOI:10.1016/j.biocon.2009.02.021.

RIBEIRO-SOUZA, P.; GRAIPEL, M. E.; ASTÚA, D.; VANCINE, M. H.; PIRES, J. S. R. Effects of climate change on distribution and areas that protect two neotropical marsupials associated with aquatic environments. **Ecological Informatics**, v. 68, p. 101570, 2022.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, M. B. L. Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de Zonas Agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

RUDORFF, F.; BONETTI, J. Avaliação da Suscetibilidade à Erosão Costeira de Praias. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 9-20, 2010.

RUSHTON, S. P.; ORMEROD, S. J.; KERBY, G. New paradigms for modelling species distributions? **Journal Of Applied Ecology**, v. 41, n. 2, p. 193-200, 2004. DOI: 10.1111/j.0021-8901.2004.00903.x.

RUSHTON, S. P.; ORMEROD, S. J.; KERBY, G. New paradigms for modelling species distributions?. **Journal of applied ecology**, v. 41, n. 2, p. 193-200, 2004

SALERNO, A. R.; MÜLLER, J. J. V. Mata Atlântica catarinense. Flora Catarinense, Itajaí, **Agropecuária Catarinense**, v. 24, n. 2, p. 1-3, 2011. Semestral.

SANTORI, R. T.; ROCHA-BARBOSA, O.; VIEIRA, M. V.; MAGNAN-NETO, J. A.; LOGUERCIO, M. F. Locomotion in aquatic, terrestrial, and arboreal habitat of thick-tailed

opossum, *Lutreolina crassicaudata* (Desmarest, 1804). **Journal of Mammalogy**, v. 86, n. 5, p. 902-908, 2005.

SASSI, C. P.; PEREZ, F. G.; MYAZATO, L.; YE, X.; FERREIRA-SILVA, P. H.; LOUZADA, F. **Modelos de regressão linear múltipla utilizando os softwares R e STATISTICA: uma aplicação a dados de conservação de frutas**. 2012.

SEEBACHER, F.; FRANKLIN, C. E. Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 175, n. 8, p. 533-541, 2005. DOI:10.1007/s00360-005-0007-1

SEVEGNANI, L.; SCHROEDER, E. A vegetação no contexto brasileiro e catarinense: uma síntese. In: Biodiversidade catarinense: características, potencialidades, ameaças. Blumenau: **Edifurb**, 2013.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 163-172, 2012.

SIQUEIRA, T.; PADIAL, A. A.; BINI, L. M. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade: um panorama sobre as atividades de pesquisa. **Megadiversidade**, v. 5, n. 1-2, p. 17-26, 2009.

SMITH, P. Thick-Tailed Opossum: *Lutreolina crassicaudata* (Desmarest, 1804). **Fauna Paraguay Handbook of the Mammals of Paraguay**, n. 17, p. 1-11, 2008.

SMITH, T. J.; MCKENNA, C. M. A comparison of logistic regression pseudo R² indices. **Multiple Linear Regression Viewpoints**, v. 39, n. 2, p. 17-26, 2013.

SOBERÓN, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p. 1-10, 2005.

SOUZA, P. D. R. **Efeitos da mudança climática na distribuição potencial e áreas que protegem dois Marsupiais neotropicais associados a ambientes aquáticos**. 2020. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2020.

SPEAR, D.; FOXCROFT, L. C.; BEZUIDENHOUT, H.; MCGEOCH, M. A. Human population density explains alien species richness in protected areas. **Biological Conservation**, v. 159, p. 137-147, 2013.

TEAM, Q. D. QGIS geographic information system. Open source geospatial foundation project. 2020.

TEAM, RSTUDIO. RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA. 2021. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>.

TEIXEIRA, M. R. **Identificação e classificação de áreas úmidas costeiras relacionadas à valoração de seus serviços ecossistêmicos na ilha de Santa Catarina (Florianópolis) –**

Brasil. 2020. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 2020.

TOMAZZOLI, E. R.; PELLERIN, J. R. G. M.; HORN FILHO, N. O. Geologia da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil. **Geociências**, v. 37, n. 4, p. 715-731, 2018.

THOMPSON, S. D. Thermoregulation in the Water Opossum (*Chironectes minimus*): An Exception That "Proves" a Rule. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 61, n. 5, p. 450-460, 1988.

TUANMU, M. -N.; JETZ, W. A global, remote sensing-based characterization of terrestrial habitat heterogeneity for biodiversity and ecosystem modeling. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, p. 1329-1339, 2015. DOI: 10.1111/geb.12365.

VASCONCELOS, VITOR VIEIRA. Campos de altitude, campos rupestres e aplicação da lei da Mata Atlântica: estudo prospectivo para o estado de Minas Gerais. **Boletim de Geografia**, v. 32, n. 2, p. 110-133, 2014.

VELOZ, S. D. Spatially autocorrelated sampling falsely inflates measures of accuracy for presence-only niche models. **Journal of Biogeography**, v. 36, n. 12, p. 2290-2299, 2009.

VIEIRA, E. M.; CAMARGO, N. F. Uso do espaço vertical por marsupiais brasileiros. In: CÁCERES, N. C. (Ed.). Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Campo Grande: **Ed. UFMS**, p. 347-364, 2012.

VOSS, R. S.; EMMONS, L. Mammalian diversity in: Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, n. 230, 1996.

WITTMANN, F. Tree species composition and diversity in Brazilian freshwater floodplains. **Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments**, v. 1, p. 223-264, 2012.

WREGGE, M. S., STEINMETZ, S., REISSER, C. J., ALMEIDA, I. R., GARRASTAZU, M. C., HERTER, F. G., ... TAVARES MALUF, J. R. (2012). Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Brasília/DF: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa**, ed 2, p. 333.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N. J.; SAVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York: **Springer**, 2009. DOI 10.1007/978-0-387-87458-6.

APÊNDICE A – Tabela contendo os 42 registros de presença para *Lutreolina crassicaudata* compilados para a Mata Atlântica do Sul e Sudeste brasileiro.

Número	Estado	Longitude	Latitude	Fonte
				Literatura (Bonvicino et al., 2002)
1	São Paulo	-46,9167	-22,7167	
2	São Paulo	-47,3038	-22,7345	Literatura (Graipel et al., 1996)
3	São Paulo	-48,0390	-21,7263	Literatura (Graipel et al., 1996)
4	São Paulo	-49,4864	-23,7064	Literatura (Graipel et al., 1996)
5	São Paulo	-47,7837	-22,7143	Literatura (Graipel et al., 1996)
6	São Paulo	-47,8022	-21,1918	Literatura (Graipel et al., 1996)
7*	São Paulo	-48,0299	-21,7092	Base online (speciesLink)
8*	São Paulo	-47,3610	-21,9484	Base online (speciesLink)
9*	São Paulo	-47,6989	-21,5530	Base online (speciesLink)
10*	São Paulo	-47,0542	-22,8168	Literatura (Monteiro, 1987)
11*	São Paulo	-47,0650	-22,8178	Base online (speciesLink)
				Literatura (Lanfranco et al., 2007)
12*	Paraná	-49,2609	-25,4723	
13	Paraná	-51,3904	-26,4481	Literatura (Teixeira et al., 2014)
14*	Paraná	-51,1628	-23,3103	Base online (speciesLink)
15	Santa Catarina	-48,4779	-27,4816	Observação direta (Graipel, M)
16	Santa Catarina	-48,4800	-27,4705	Observação direta (Graipel, M)
17	Santa Catarina	-48,4199	-27,4012	Observação direta (Graipel, M)
18	Santa Catarina	-48,4739	-27,5790	Observação direta (Graipel, M)
19*	Santa Catarina	-48,5104	-27,4935	Coleção de mamíferos (UFSC)
20*	Santa Catarina	-48,4895	-27,6955	Coleção de mamíferos (UFSC)
21	Santa Catarina	-48,4773	-27,6564	Observação direta (Graipel, M)
22*	Santa Catarina	-48,5094	-27,5865	Coleção de mamíferos (UFSC)
23*	Santa Catarina	-48,4493	-27,6121	Coleção de mamíferos (UFSC)
24*	Santa Catarina	-48,514	-27,5963	Coleção de mamíferos (UFSC)
25	Santa Catarina	-48,4908	-27,4717	Observação direta (Graipel, M)
26*	Santa Catarina	-48,5493	-27,6873	Coleção de mamíferos (UFSC)
27*	Santa Catarina	-48,5248	-27,6366	Coleção de mamíferos (UFSC)

28*	Santa Catarina	-48,5289	-27,6613	Coleção de mamíferos (UFSC)
29*	Santa Catarina	-48,5042	-27,6543	Coleção de mamíferos (UFSC)
30	Santa Catarina	-48,5233	-27,7192	Observação direta (Graipel, M)
31	Santa Catarina	-48,5175	-27,6832	Observação direta (Graipel, M)
32	Santa Catarina	-48,4150	-27,4176	Observação direta
33	Santa Catarina	-48,4361	-27,4801	Observação direta (Graipel, M)
34*	Santa Catarina	-48,3937	-27,4450	Coleção de mamíferos (UFSC)
35*	Santa Catarina	-48,5250	-27,7235	Literatura (Graipel et al., 1996)
36	Rio Grande do Sul	-50,4526	-30,1623	Base online (GBIF)
37	Rio Grande do Sul	-52,4839	-32,2792	Literatura (Graipel et al., 1996)
38	Rio Grande do Sul	-52,1984	-31,2194	Literatura (Graipel et al., 1996)
39	Rio Grande do Sul	-51,2197	-30,0293	Literatura (Graipel et al., 1996)
40*	Rio Grande do Sul	-52,2758	-31,7837	Base online (speciesLink)
41*	Rio Grande do Sul	-53,7251	-29,7023	Base online (speciesLink)
42*	Rio Grande do Sul	-52,3857	-31,8012	Coleção de mamíferos (UFSC)

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

APÊNDICE B – Valores do teste VIF das variáveis preditoras climáticas selecionadas para os modelos de distribuição potencial da espécie *L. crassicaudata* para a Mata Atlântica.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	VIF
BIO2 - Intervalo Diurno Médio (Média do mês (temperatura máxima - temperatura mín.))	2,39
BIO6 - Temperatura mínima do mês mais frio	3,51
BIO8 - Temperatura média do trimestre mais úmido	2,81
BIO12 - Precipitação Anual	1,55

Fonte: Teste VIF e modificada pela autora (2022).

APÊNDICE C – Valores do teste VIF das variáveis preditoras climáticas selecionadas para os modelos de distribuição potencial da espécie *L. crassicaudata* para a Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil.

VARIÁVEL CLIMÁTICA	VIF
BIO3 - Isotermalidade (BIO2/BIO7) ($\times 100$)	4,19
BIO7 - Faixa Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)	3,99
BIO13 - Precipitação do mês mais úmido	1,32
BIO17 - Precipitação do trimestre mais seco	1,22

Fonte: Teste VIF e modificada pela autora (2022).

APÊNDICE D – Valores do teste VIF das seis variáveis preditoras climáticas e ambientais selecionadas para o Modelo Linear Generalizado, na Ilha de Santa Catarina.

Variáveis preditoras		VIF
Ambientais	EVI	1,50
	Hyd	1,75
	Rel	1,67
Climáticas	BIO17	2,57
	BIO7	6,48
	BIO3	4,73

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

APÊNDICE E – Análise de regressão linear múltipla (Modelo Linear Generalizado - GLM) e seleção do modelo mais parcimonioso, segundo o critério de Akaike, de variáveis climáticas e ambientais para *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina.

	(Intercept)	BIO17	BIO7	EVI	Hyd	Rel	BIO3	df	logLik	AICc	delta	weight	pseudo R2
M5	9,81E-03	NA	1,12	NA	NA	NA	NA	2	-24,239	52,8	0	0,584	16,7
M3	-6,45E-03	NA	1,263	-0,4449	0,3566	NA	NA	4	-22,712	54,5	1,72	0,247	22,0
M2	-2,24E-02	0,1918	1,162	-0,4988	0,3336	NA	NA	5	-22,636	56,9	4,15	0,073	22,2
M6	-1,37E-02	NA	NA	NA	NA	NA	0,7584	2	-26,666	57,6	4,85	0,052	8,4
M1	-3,01E-02	0,2321	1,171	-0,5315	0,2942	0,08075	NA	6	-22,62	59,6	6,86	0,019	22,3
M7	3,43E-17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	-29,112	60,3	7,54	0,013	0,0
M4	-8,71E-03	0,809	NA	-0,6666	0,07065	NA	NA	4	-25,8	60,7	7,9	0,011	11,4

Fonte: Elaborada pela autora (2022)

ANEXO A – Variáveis climáticas analisadas no teste *Jackknife*, no software Maxent, e suas respectivas contribuições (%) na previsão de distribuição atual de *L. crassicaudata* na Mata Atlântica. * Variáveis com percentual de contribuição igual ou superior a 4.

Variável climática	Abreviação	Contribuição (%)
Temperatura Média Anual	BIO1	1,7
Intervalo Diurno Médio (Média do mês (temperatura máxima - temperatura mín.))*	BIO2	37,1
Isotermalidade (BIO2/BIO7) (×100)	BIO3	1
Sazonalidade da Temperatura (desvio padrão ×100)	BIO4	0,5
Temperatura máxima do mês mais quente	BIO5	3,1
Temperatura mínima do mês mais frio*	BIO6	16
Faixa Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)*	BIO7	4
Temperatura média do trimestre mais úmido*	BIO8	4,8
Temperatura média do trimestre mais seco	BIO9	1,5
Temperatura Média do Trimestre Mais Quente	BIO10	1,6
Temperatura média do trimestre mais frio	BIO11	0,4
Precipitação Anual*	BIO12	5,6
Precipitação do mês mais úmido	BIO13	1,4
Precipitação do Mês Mais Seco*	BIO14	9,3
Sazonalidade de Precipitação (Coeficiente de Variação)*	BIO15	6
Precipitação do trimestre mais úmido	BIO16	0,6
Precipitação do trimestre mais seco	BIO17	0,5
Precipitação do Quarto Mais Quente*	BIO18	4,3
Precipitação do trimestre mais frio	BIO19	0,7

Fonte: Teste *Jackknife* e modificada pela autora (2022).

ANEXO B – Variáveis climáticas usadas no teste *Jackknife*, no software Maxent, e suas respectivas contribuições (%) na previsão de distribuição atual de *L. crassicaudata* na Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. * Variáveis com percentual de contribuição igual ou superior a 4,5.

Variável climática	Abreviação	Contribuição (%)
Temperatura Média Anual*	BIO1	12,3
Intervalo Diurno Médio (Média do mês (temperatura máxima - temperatura mín.))*	BIO2	14,7
Isotermalidade (BIO2/BIO7) ($\times 100$)*	BIO3	4,5
Sazonalidade da Temperatura (desvio padrão $\times 100$)	BIO4	2,5
Temperatura máxima do mês mais quente*	BIO5	5,9
Temperatura mínima do mês mais frio	BIO6	0,9
Faixa Anual de Temperatura (BIO5-BIO6)*	BIO7	5,8
Temperatura média do trimestre mais úmido	BIO8	0,6
Temperatura média do trimestre mais seco	BIO9	1,7
Temperatura Média do Trimestre Mais Quente	BIO10	2,3
Temperatura média do trimestre mais frio	BIO11	0,4
Precipitação Anual*	BIO12	4,7
Precipitação do mês mais úmido*	BIO13	15,7
Precipitação do Mês Mais Seco	BIO14	0,9
Sazonalidade de Precipitação (Coeficiente de Variação)*	BIO15	4,5
Precipitação do trimestre mais úmido	BIO16	0,7
Precipitação do trimestre mais seco*	BIO17	7,5
Precipitação do Quarto Mais Quente	BIO18	0,5
Precipitação do trimestre mais frio*	BIO19	14

Fonte: Produzida pelo *Jackknife* e modificada pela autora (2022).