

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Instituto de Biologia
Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura



Trabalho de Conclusão de Curso

Influência das mudanças climáticas na distribuição potencial de duas espécies de borboletas endêmicas dos Campos de Cima da Serra no Sul do Brasil

Gabriele Maria da Silva Loss

Pelotas, 2020

Gabriele Maria da Silva Loss

Influência das mudanças climáticas na distribuição potencial de duas espécies de borboletas endêmicas dos Campos de Cima da Serra no Sul do Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biologia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Agra Iserhard

Coorientador: Prof. Dr. Marco Silva Gottschalk

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

L879i Loss, Gabriele Maria da Silva

Influência das mudanças climáticas na distribuição potencial de duas espécies de borboletas endêmicas dos Campos de Cima da Serra no sul do Brasil / Gabriele Maria da Silva Loss ; Cristiano Agra Iserhard, orientador ; Marco Silva Gottschalk, coorientador. — Pelotas, 2020.

37 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) — Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Borboletas endêmicas. 2. Campos de Cima da Serra. 3. Maxent. 4. Distribuição potencial de espécies. I. Iserhard, Cristiano Agra, orient. II. Gottschalk, Marco Silva, coorient. III. Título.

CDD : 595.78098165

Gabriele Maria da Silva Loss

Influência das mudanças climáticas na distribuição potencial de duas espécies de borboletas endêmicas dos Campos de Cima da Serra no Sul do Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Licenciatura em Ciências Biológicas, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 08/12/2020

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cristiano Agra Iserhard (Orientador)

Doutor em Biologia Animal pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profª Drª Karen Mustin Carvalho

Doutora em Zoologia pela Universidade de Aberdeen

Profª Drª Roberta Marques

Doutora em Parasitologia pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

Agradeço imensamente a minha família pelo apoio incondicional, pelo encorajamento e pelo amor. Esses cinco anos foram um desafio para todos nós, e cheguei até aqui graças vocês. Amo vocês!

Às minhas colegas e amigas, Luíze, Bianca, Thaísa, Calorina e Violeta pela força, pelo incentivo, pelo aprendizado, pelo companheirismo. Sou muito grata por termos feito essa trajetória juntas, obrigada por todo amor.

A equipe do Lelep/Lacef, foi maravilhoso poder conviver e aprender com vocês. Obrigada pela parceria, pelo apoio e pelo convívio gostoso. Principalmente esse momento de quarenta, muitas vezes foram vocês que incentivaram e me impulsionaram a continuar.

Agradeço demais ao meu orientador Cristiano Iserhard, por todo o incentivo, paciência, dedicação, carinho e amizade. Tua calma e orientação foram fundamentais no meu processo de final de curso. Ao meu coorientador Marco Gottschalk pela imensa paciência e por toda a dedicação. Muito obrigada por todas as tardes de conhecimento trocados juntos de vocês.

À Amanda Perin, Alessandro Romano e meus amigos, Guilherme e Moshin por todo auxílio e apoio com a pesquisa.

Aos meus melhores amigos Tiago Medeiros e Victória Finger por estarem sempre comigo independentemente de qualquer distância e situação. Muito obrigada por todo incentivo e por me apresentar esse mundo inspirador da educação.

À ecologia e as borboletas, obrigada por esse mundo incrível!

Resumo

LOSS, Gabriele. **Influência das mudanças climáticas na distribuição potencial de duas espécies de borboletas endêmicas dos Campos de Cima da Serra no Sul do Brasil**. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas Licenciatura, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Os Campos de Cima da Serra vêm sofrendo impactos antrópicos devido a descaracterização e fragmentação do habitat, sendo dados alarmantes em virtude da sua alta taxa de riqueza de espécies e endemismos. As borboletas são boas bioindicadores, pois são fáceis de encontrar e avaliar, assim como muitas delas estão intimamente associadas ao ambiente onde vivem. O grupo Nymphalidae é composto por borboletas frugívoras que possuem ampla distribuição, sendo Satyrinae sua subfamília mais rica em termos faunísticos. Pertencentes a esses grupos, a espécie *Prenda clarissa* e a subespécie *Pampasatyrus reticulata reticulata* são endêmicas dos Campos de Cima da Serra e encontram-se vulneráveis às mudanças climáticas, visto que um pequeno aumento nas temperaturas médias pode afetar suas distribuições geográficas. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo realizar a modelagem de distribuição potencial atual e futura de ambas espécies através de variáveis bioclimáticas para verificar os impactos das mudanças climáticas na distribuição das duas espécies. Os registros de ocorrência foram obtidos com base na literatura. As variáveis ambientais foram extraídas do banco de dados *WorldClim*, e a partir delas foi realizada uma análise de correlação e o teste Jackknife, assim identificamos que a temperatura e a sazonalidade de precipitação são as variáveis bioclimáticas que mais impactam nas suas distribuições. Ademais, o algoritmo Maxent foi utilizado para fornecer o modelo de distribuição atual e futuro. A modelagem indicou que a distribuição potencial da *Prenda clarissa* abrange as regiões da serra gaúcha, catarinense, paranaense a algumas áreas do Uruguai, e para *Pampasatyrus reticulata reticulata* a serra gaúcha, catarinense e alguns locais no estado paranaense, porém para os cenários futuros a distribuição das duas espécies sofre grandes reduções ao longo do tempo. As áreas de adequabilidade ambiental de ambas se mostram bastante reduzidas e isso pode ser um indicativo que tanto a *P. reticulata reticulata*, quanto a *Prenda clarissa* podem estar correndo risco de extinção devido às mudanças climáticas.

Palavras chaves: borboletas endêmicas, Campos de Cima da Serra; Maxent; distribuição potencial de espécies.

Abstract

LOSS, Gabriele. **Influence of climate change on the potential distribution of two endemic butterfly in the highland grasslands in the southern Brazil**. 37f. Term paper in Biological Sciences - Graduation, Institute of Biology, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2020

The highland grasslands in the southern Brazil have high rates of diversity and endemisms and suffer with anthropogenic impacts due to the modification and fragmentation of its habitats. Butterflies are good bioindicators, as they are easy to sample and evaluate and have close association with their environment. The Nymphalidae group is composed by fruit-feeding butterfly species that have a wide distribution, being Satyrinae its richest subfamily. Belonging to these groups, the species *Prenda clarissa* and subspecies *Pampasatyrus reticulata reticulata* are endemic to the southern Brazilian highland grasslands and are vulnerable to climate change, since a small increase in average temperatures can affect their geographic distribution. Our work aims to model the current and future potential distribution of both species using bioclimatic variables to verify the impacts of climate change on the distribution of the two taxa. The occurrence records were obtained based on the literature. The climatic environmental variables were extracted from the WorldClim database, and based on a correlation analysis and the performed Jackknife test, we identified that temperature and seasonality of precipitation are the bioclimatic variables that most impact their distributions. In addition, the Maxent algorithm was used to provide the current and future distribution models. The modeling indicated that the potential distribution of *Prenda clarissa* covers the regions of the highland grasslands of Santa Catarina, Paraná to some areas of Uruguay, and for *Pampasatyrus reticulata reticulata* the highland grasslands in Rio Grande do Sul, Santa Catarina and some sites in Paraná. However, for the future scenarios concerning the distribution of the two taxa a great reduction is expected over time. The areas of environmental suitability of both are quite small and this may be an indication that both *P. reticulata reticulata* and *Prenda clarissa* may be at risk of extinction due to climate change.

Keywords: highland grasslands; Maxent; endemic butterflies; potential distribution of species.

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Pampasatyus reticulata reticulata</i> : a. Dorsal, b.Ventral. FONTE: ISERHARD, 2009; <i>Prenda clarissa</i> : c. Dorsal, d. Ventral.....	13
Figura 2	Mapa de ocorrência da espécie <i>Prenda Clarissa</i> nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.....	18
Figura 3	Mapa de ocorrência da <i>Pampasatyus reticulata reticulata</i> nos estados do Rio Grand do Sul e Santa Catarina.....	19
Figura 4	Curva de respostas das variáveis ambientais usadas para geração do modelo da <i>P. reticulata reticulata</i>	20
Figura 5	Curva de respostas das variáveis ambientais usadas para geração do modelo da <i>Prenda clarissa</i>	21
Figura 6	Adequabilidade ambiental da subespécie <i>Pampasatyus reticulata reticulata</i> nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.....	22
Figura 7	Adequabilidade ambiental da espécie <i>Prenda clarissa</i> nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.....	22
Figura 8	Projeção futura de distribuição potencial da <i>P. clarissa</i> para o cenário SSP1-2-6 em diferentes períodos.....	23
Figura 9	Projeção futura de distribuição potencial da <i>P. clarissa</i> para o cenário SSP2-4-5 em diferentes períodos.....	24
Figura 10	Projeção futura de distribuição potencial da <i>P. clarissa</i> para o cenário SSP3-7-0 em diferentes períodos.....	24
Figura 11	Projeção futura de distribuição potencial da <i>P. reticulata reticulata</i> para o cenário SSP1-2-6 em diferentes períodos.....	26

Figura 12	Projeção futura de distribuição potencial da <i>P. reticulata reticulata</i> para o cenário SSP2-4-5 em diferentes períodos.....	26
Figura 13	Projeção futura de distribuição potencial da <i>P. reticulata reticulata</i> para o cenário SSP3-7-0 em diferentes períodos.....	27

Lista de tabelas

Tabela 1	Seleção de variáveis bioclimáticas para geração dos modelos.....	15
Tabela 2	Contribuição percentual e importância da permutação das variáveis ambientais para o modelo da <i>P. reticulata reticulata</i>	19
Tabela 3	Contribuição percentual e importância da permutação das variáveis ambientais para o modelo da <i>P. clarissa</i>	20
Tabela 4	Áreas de distribuição da <i>Prenda clarissa</i> nos diferentes cenários em diferentes períodos.....	25
Tabela 5	Áreas de distribuição da <i>Pampasatyrus reticulata reticulata</i> nos diferentes cenários em períodos distintos.....	27

Sumário

1 Introdução.....	10
2 Materiais e Métodos	14
2.1 Registros de Ocorrência e Seleção de Variáveis Ambientais.....	14
2.2 Modelagem de distribuição potencial	16
3 Resultados	17
4 Discussão.....	28
5 Considerações finais	31
Referências	32
Anexos	37

1 Introdução

As mudanças climáticas resultantes das atividades humanas estão alterando a distribuição e a abundância da fauna e da flora em todo mundo (WARREN et al, 2001). Dentre as ações antrópicas, o desmatamento, a queima de combustíveis fósseis e as queimadas têm alterado o clima do planeta, causando aumento na temperatura global desde a década de 1970 (SAMPAIO et al, 2008). Diante disso, é previsível que muitas espécies serão ameaçadas de extinção e que seus habitats irão encolher (SILVA, 2018), assim como é esperado que se desloquem para latitudes e altitudes mais elevadas (CHEN et al., 2009).

A modelagem de distribuição potencial é uma ferramenta importante para explorar diversas questões em ecologia, evolução e conservação (ELITH et al, 2006). Segundo GIANNINI et al (2012), ela tem sido utilizada para diversos objetivos como avaliar a introdução de espécies exóticas, a conservação de espécies raras ou ameaçadas, os impactos de mudanças climáticas e o estudo de disseminação de doenças e perda na biodiversidade. O processo de modelagem compreende várias etapas, as quais exigem o conhecimento de diferentes técnicas e conceitos relacionados com a biologia, geografia, biodiversidade e clima (GIANNINI et al, 2012). Tais etapas podem ser descritas como: (i) levantamento dos pontos de ocorrência da espécie estudada; (ii) escolha das variáveis ambientais e (iii) escolha dos algoritmos de modelagem. Baseia-se em converter dados primários da espécie em estudo aliando dados ambientais de interesse (uso do solo, variáveis climáticas), e posteriormente aplicando algoritmos para encontrar possíveis correlações entre os pontos de ocorrência da espécie e o conjunto multivariado de variáveis ambientais (PHILLIPS; ANDERSON; SCHAPIRE, 2006). Sendo assim, por não considerar as barreiras

geográficas, os fatores bióticos e as interações entre as espécies, essa distribuição potencial é equivalente ao seu nicho fundamental (BROWN; LOMOLINO, 2006).

O conceito do nicho foi proposto inicialmente por Grinnel (1904, 1917, 1924), e relacionava nicho com o espaço, em vez de uma particularidade da espécie. Isto é, se a espécie possui condições de se estabelecer e se reproduzir devido as condições do ambiente em que está inserida (GIANNINI, 2012). Anos após, Elton (1927) aprimorou o conceito de nicho levando em consideração o impacto que a espécie tem naquele ambiente, tanto quanto o impacto que o ambiente causa nela, ou seja, seu papel dentro do sistema ecológico e suas funções dentro da cadeia alimentar (GIANNINI, 2012). Porém, a partir dos trabalhos de Hutchinson (1944, 1957), o conceito foi reestruturado considerando o nicho como todos os fatores ambientais que atuam sobre o organismo, e diferenciando em nicho realizado e nicho fundamental. O nicho realizado se refere ao conjunto de variáveis ambientais que uma espécie precisa para ocupar uma determinada área, considerando, ainda, os recursos e as interações biológicas que podem restringir a distribuição da espécie. Já o nicho fundamental é o conjunto de variáveis ambientais necessárias para que a espécie possa ocorrer em uma determinada área.

A Mata Atlântica é um bioma representado por um conjunto de formações florestais e ecossistemas associados (MONTEIRO-FILHO; CONTE, 2018), que essencialmente se estende por mais de 3300 km ao longo da Costa leste brasileira e cobrindo mais de 1,1 milhões de km² (MORELLATO; HADDAD, 2000). Segundo o INPE (2009), há urgência na implementação de ações de conservação a fim de se preservar estes ecossistemas ou os remanescentes da sua formação original, considerando que esse bioma é um dos *hotspots* mundiais de diversidade por apresentar uma grande riqueza de espécies, endemismos e alta taxa de perturbação antrópica (PINTO et al, 2006).

Dentre os ecossistemas associados podemos destacar os Campos de Cima da Serra, que são encontrados na região do Planalto Sul-Brasileiro, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, e também nos picos nas Serras do sul e sudeste do Brasil (PILLAR, 2009). Esta região contém o clima mais frio do sul do país, com chuvas ocorrendo em todos os meses, sem haver uma estação completamente seca (BOND-BUCKUP et al, 2010). Abrange uma

fisionomia natural heterogênea, composta por campos de altitude com diversas formações florísticas, Mata com Araucária, banhados e cursos d' água típicos de montanha (BOND-BUCKUP et al, 2010) formando um mosaico de tipologias vegetais (RIBEIRO; FREITAS, 2010).

Os Campos de Cima da Serra vêm sofrendo devido aos impactos antrópicos, que resultam na descaracterização e fragmentação dos seus diversos ambientes (QUADROS, 2009). A introdução de espécies exóticas a partir da silvicultura de *Pinus* e *Eucalyptus*, assim como a criação extensiva de gado e o corte seletivo em remanescentes florestais, representam as principais ameaças para a conservação desses ecossistemas (QUADROS, 2009; RIBEIRO; FREITAS, 2010). Sabendo que estes ecossistemas apresentam taxas altas de riqueza de espécies e endemismo, entende-se que são fortemente sensíveis a conversão de habitat e suscetíveis às mudanças climáticas (RIBEIRO; FREITAS, 2010). Um pequeno aumento nas temperaturas médias pode levar ao aumento da extinção local (SPEHN et al, 2002), portanto, estudar a abrangência desses impactos atuais e em cenários futuros pode ser uma importante ferramenta na determinação e predição de distribuição potencial das espécies.

A Ordem Lepidoptera constitui um dos grupos mais diversificados dentro da Classe Insecta, tendo como representantes as borboletas e mariposas (KRISTENSEN; SCOBLE; KARSHOLT, 2007). No Brasil ocorrem aproximadamente 3280 espécies de borboletas (BROWN; FREITAS, 1999) sendo 2/3 registradas na Mata Atlântica (BROWN, 1996). Borboletas são encontradas em quase todos os ecossistemas naturais (FILHO-MONTEIRO; CONTE, 2018) e muitas espécies são altamente sensíveis a qualquer tipo de alteração ambiental, visto que estão diretamente associadas ao ambiente onde vivem por possuírem uma relação forte com os fatores bióticos, abióticos e recursos em diferentes escalas (MONTEIRO-FILHO; CONTE, 2018; MACHADO; DRUMMOND; PAGLIA, 2008).

A família Nymphalidae é composta por borboletas frugívoras e nectarívoras, que possuem ampla distribuição mundial (SILVA, 2013) e é a segunda maior em número de espécies no Brasil e na Mata Atlântica (MONTEIRO-FILHO; CONTE, 2018), sendo Satyrinae a sua subfamília mais rica e diversa (FREITAS et al, 2010). Pertencentes a esta subfamília, a subespécie *Pampasatyrus reticulata reticulata* (Weymer, 1907) (Figura 1a-b) e a espécie *Prenda clarissa* (Freitas & Mielke, 2011)

(Figura 1 c-b) são endêmicas dos Campos de Cima da Serra, respectivamente associadas a campos bem preservados e áreas úmidas, e encontram-se vulneráveis em função da destruição dos habitats.

Considerando os impactos antrópicos, as alterações climáticas e o papel das borboletas para o ecossistema, o objetivo desse trabalho foi realizar a modelagem de distribuição potencial atual e futura das espécies *P. clarissa* e *P. reticulata reticulata* através de variáveis ambientais de clima para verificar os impactos das mudanças climáticas na distribuição dessas espécies, a fim de auxiliar na sua conservação. Por serem espécies endêmicas dos Campos de Cima da Serra, supõe-se que estas espécies estejam perdendo gradativamente seus habitats nativos, podendo ocorrer isolamento de suas populações e diminuição na sua distribuição potencial, o que as torna sujeitas a risco de extinção.

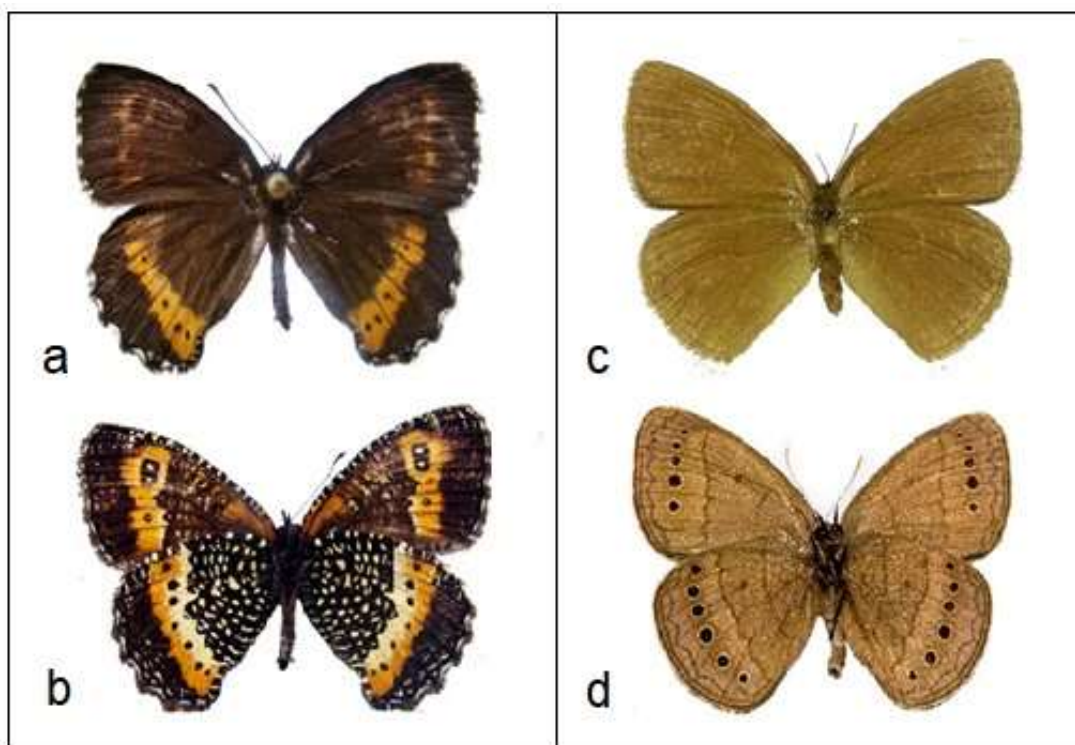


Figura 1 - *Pampasatyrus reticulata reticulata*: a. Dorsal, b.Ventral. FONTE: ISERHARD, 2009; *Prenda clarissa*: c. Dorsal, d. Ventral. FONTE: FREITAS, 2011.

2 Materiais e Métodos

2.1 Registros de Ocorrência e Seleção de Variáveis Ambientais

Os registros de ocorrência das borboletas *P. clarissa* e *P. reticulata reticulata* foram obtidos a partir dos estudos de FREITAS et al (2010), ZACCA (2013) e ZACCA et al (2016). Para os exemplares em que não foram encontrados o registro exato do lugar da coleta, as coordenadas geográficas do município mais próximo foram utilizadas e retiradas do software *Google Earth Pro*.

Dezenove variáveis bioclimáticas históricas (com a média dos valores de 1970-2000) foram pré-selecionadas e extraídas do banco de dados *WorldClim 2.0* (disponível em www.worldclim.org) (Anexo 1), com resolução de 2.5 arc-minuto, sendo que as variáveis tachadas foram excluídas antes de iniciarmos as análises por envolver a interação das duas variáveis, dificultando as interpretações posteriores em relação ao efeito das mesmas sobre as (sub)espécies estudadas. A fim de evitar o uso de variáveis bioclimáticas altamente correlacionadas entre si, foi realizada uma análise de correlação de Spearman entre as camadas destas variáveis pré-selecionadas a partir do ambiente de análises estatísticas RStudio versão 1.1463, utilizando o pacote de dados ENMTools (WARREN; GLOR; TURELLI, 2010).

Valores de correlação entre as camadas superiores a $|0,75|$ foram consideradas fortes, e uma das variáveis foi selecionada para a modelagem, enquanto a outra foi descartada. Foram utilizadas análises prévias com o cálculo do teste de *Jackknife* com o algoritmo Maxent, como o critério para a escolha da variável selecionada após a análise de correlação – variáveis com maiores contribuições para construção dos modelos. Os valores de correlação entre as camadas inferiores a $|0,75|$ foram considerados baixos, e as variáveis tratadas como independentes. Entretanto,

mesmos estas camadas foram avaliadas quanto a sua contribuição na geração do modelo pelos testes de *Jackknife*, e aquelas com contribuições muito baixas foram eliminadas das análises. Assim, a correlação foi feita com intuito de avaliar a multicolineariedade entre os dados (GIANNINI, 2012; RUSHTON; ORMEROD; KERBY, 2004), assim como o teste *Jackknife* (MILLER, 1974), que avalia quais variáveis têm maior relevância para prever a distribuição da espécie (PHILLIPS; DUDIK, 2008), com base o algoritmo Maxent. Desta forma, foram selecionadas quatro variáveis bioclimáticas para *P. reticulata reticulata* e três bioclimáticas para *P. clarissa* para a geração dos modelos históricos atual e futuros (Tabela 1)

Tabela 1- Seleção de variáveis bioclimáticas para geração dos modelos.

Espécie	Abreviação	Variáveis bioclimáticas
<i>Prenda clarissa</i>	Bio5	Temperatura Máxima do Mês mais quente
	Bio11	Temperatura Média do Trimestre Mais Frio
	Bio15	Sazonalidade de Precipitação (coeficiente de variação)
<i>Pampasatyrys reticulata reticulata</i>	Bio2	Temperatura Média Mensal
	Bio5	Temperatura Máxima do Mês mais quente
	Bio11	Temperatura Média do Trimestre Mais Frio
	Bio15	Sazonalidade de Precipitação (coeficiente de variação)

Para realizar as projeções futuras, utilizamos as mesmas variáveis bioclimáticas da modelagem histórica para geração do modelo, que foi projetado para os períodos de tempo de 2021-2040 e 2041-2060, a partir de camadas obtidas com o modelo BCC-CSM2-MR, em três caminhos socioeconômicos compartilhados (SSPs), sendo o SSP1-2.6, SSP2-4.5 os cenários mais otimistas e SSP3-7.0 o cenário mais pessimista. As SSPs são um conjunto de dados de concentração de gases de efeito estufa (GEE), que fazem parte dos protocolos do Projeto de Intercomparação de Modelo Acoplado (CMIP6) presentes no ARC6 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2021 (MEINSHAUSEN et al., 2020).

2.2 Modelagem de distribuição potencial

O programa Maxent (Maximum Entropy versão 3.4.1) foi utilizado para o cálculo do modelo de distribuição potencial histórico atual e futuro da espécie *P. clarissa* e da subespécie *P. reticulata reticulata*. O Maxent atua a partir do princípio da máxima entropia, em que a distribuição prevista seja próxima da distribuição uniforme, necessitando apenas dos dados de presença da espécie (PHILLIPS et al., 2006). Além disso, o programa apresenta bons resultados com poucos pontos de ocorrência para gerar os modelos (GIANNINI et al, 2012; WISZ et al, 2008).

Os modelos foram ajustados a partir do conjunto de dados divididos aleatoriamente em dados de teste (25%) e dados de treino (75%) com o número máximo de interações e o total de 50 réplicas no modo *bootstrap*. O desempenho dos modelos foi avaliado a partir dos valores da área sob a curva ROC (AUC), sendo considerado valores de AUC excelentes quando superior a 0,9; bom entre 0,8 e 0,9; aceitável entre 0,7 e 0,8; ruim entre 0,6 e 0,7; e inválido para valores abaixo de 0,6 (ARAÚJO et al, 2005).

Para a construção dos mapas de distribuição potencial binários no ambiente QGIS 3.4.8, foi escolhido como limiar de corte (*thresholds*) a média dos valores mínimos de adequabilidade atribuída a um ponto de presença real dos pontos de treino MTP (*Minimum training presence*) para os modelos históricos, sendo 0,0959 para *P. reticulata reticulata* e 0,0966 para *P. clarissa* para os valores de saída da análise (Cloglog). Após a aplicação do limiar, foi calculada a área (em Km²) de distribuição potencial das espécies em todas as projeções geradas com o *plugin* 'r.report' (SHAPIRO, 2013) do programa QGIS 3.4.8.

Também foram calculados a importância de cada variável para o modelo histórico e as curvas de resposta dos táxons estudados através da técnica de *Jackknife*.

3 Resultados

Foram obtidos 14 pontos de ocorrência para *Prenda clarissa* no Sul do Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (Figura 2). No Rio Grande do Sul nos municípios de Bom Jesus, São Francisco de Paula, Cambará do Sul, Pelotas e Pinheiro Machado. Em Santa Catarina, nos municípios de Bom Jardim da Serra, Lages, Santa Cecília, São Joaquim, São Luiz e Urupema, e no Paraná no município de Balsa Nova, São José dos Pinhás e Castro. Já para *Pampasatyris reticulata reticulata* foram obtidas 20 localidades de ocorrência, nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Figura 3). No Rio Grande do Sul os pontos de ocorrência se distribuem nos municípios de São José dos Ausentes, Bom Jesus, São Francisco de Paula e Cambará do Sul, em Santa Catarina nos municípios de Bom Jardim da Serra, Lages, Santa Cecília, Curitibanos, São Joaquim, Urubici, Urupema.

Os valores de AUC para cada modelo gerado foram considerados muito bons, visto que para a projeção da *P. clarissa* foi obtido o valor de 0,964 com desvio padrão de 0,014 e para *P. reticulata reticulata* um AUC de 0,992 com desvio padrão de 0,004. Esses valores indicam que as projeções realizadas estão bem ajustadas, demonstrando um ótimo desempenho preditivo.

A variável ambiental com maior contribuição para o modelo da *P. reticulata reticulata* foi a Bio5, seguida de Bio15 Bio11 e Bio2 (Tabela 2). Baseado nas curvas de resposta (Figura 4), observamos que a espécie possui maior adequabilidade ambiental quando a temperatura do mês mais quente é mais amena (entre os 21° e 23°C), assim como quando a temperatura do trimestre mais frio é baixa, (ficando aproximadamente entre 10° a 12°C) e a temperatura média mensal também (6° a

10°C). Ademais, a espécie tem maior adequabilidade quando a variação da sazonalidade de precipitação é mais baixa.

Já para o modelo da *P. clarissa*, a variável Bio5 também foi a que mais contribuiu para a construção do modelo, seguido da Bio15 e Bio11 (Tabela 3). Pelas curvas de resposta geradas (Figura 5), compreendemos que *Prenda clarissa* tem uma resposta semelhante com *P. reticulata reticulata*, visto que a espécie apresenta maior adequabilidade quando a temperatura do mês mais quente não é tão alta (de 20° a 24°C), e a temperatura do trimestre mais frio não seja mais alta que 12°C. Quanto a sazonalidade de precipitação, por mais que a variável tenha contribuído pouco com o modelo, a espécie respondeu bem quanto a sua variação.

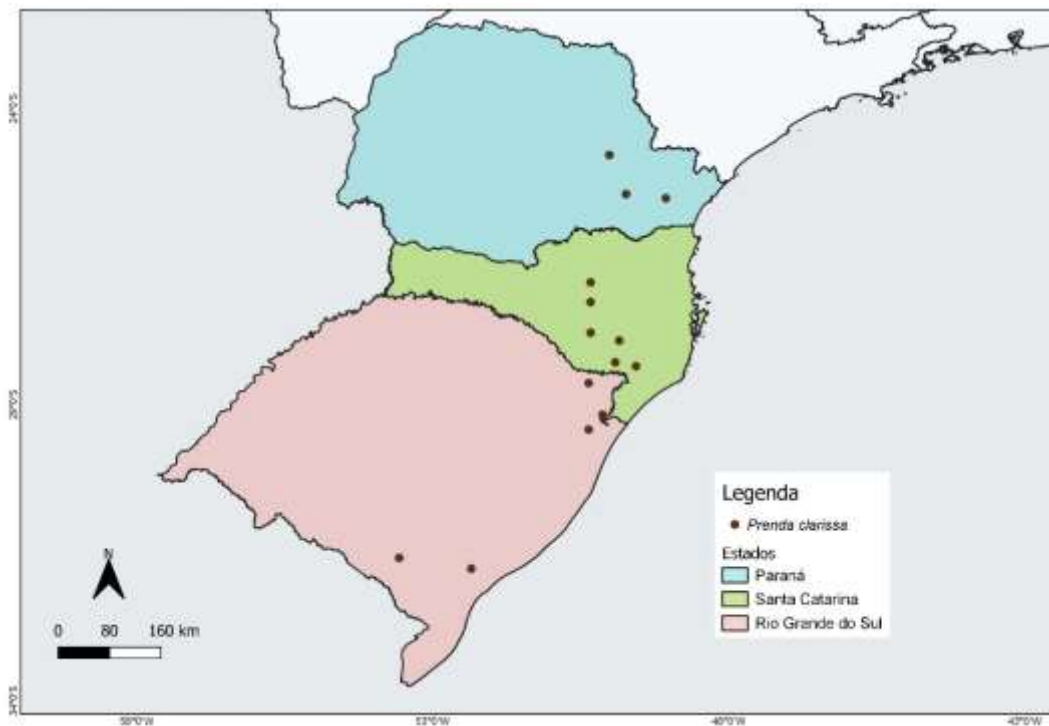


Figura 2 - Mapa de ocorrência da espécie *Prenda Clarissa* nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

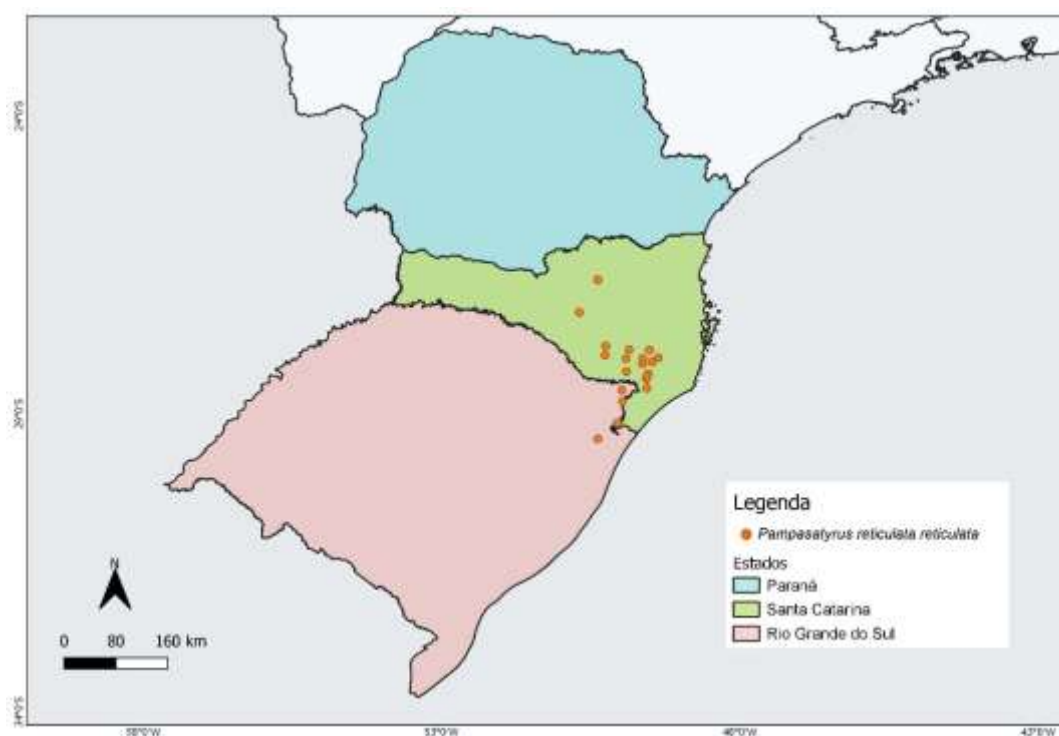


Figura 3 - Mapa de ocorrência da espécie *Pampasatyrus reticulata reticulata* nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Tabela 2 – Contribuição percentual e importância da permutação das variáveis ambientais para o modelo da *P. reticulata reticulata*.

Variável	Contribuição percentual	Importância da permutação
Bio5	90,1	72,9
Bio15	5,5	26,1
Bio11	2,6	0,3
Bio2	1,8	0,8

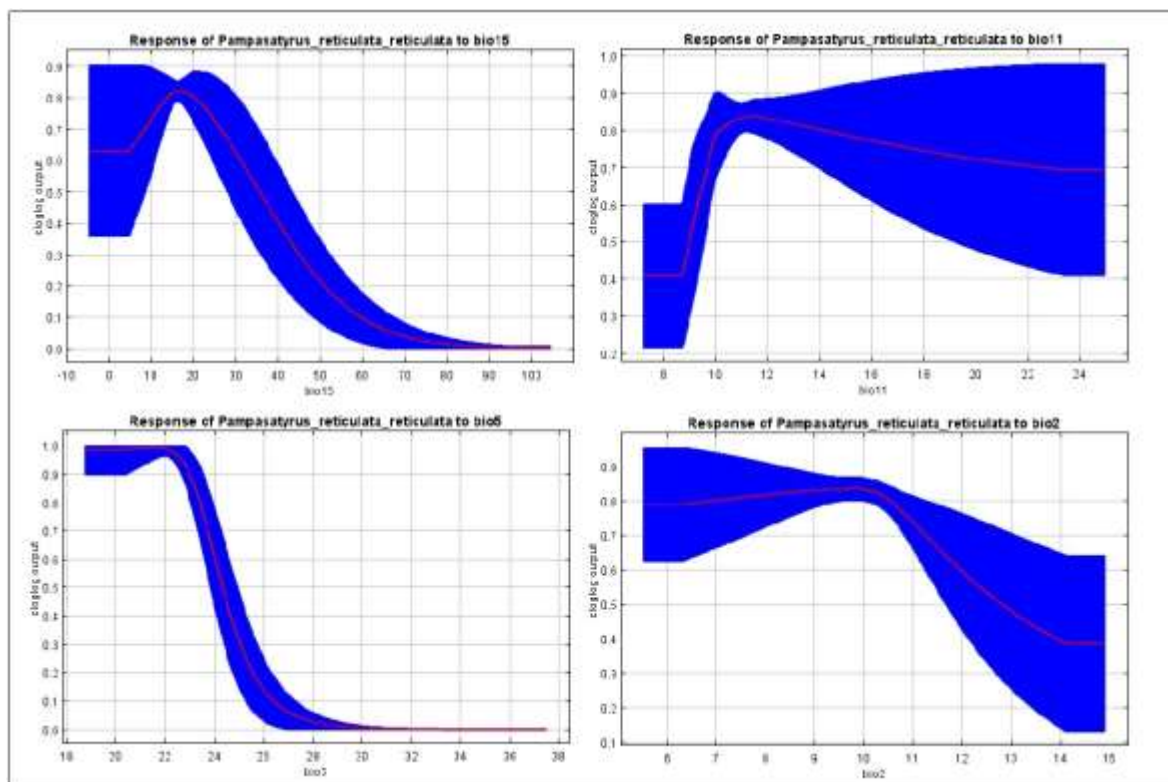


Figura 4 - Curva de respostas das variáveis ambientais usadas para geração do modelo da *P. reticulata reticulata*.

Tabela 3 – Contribuição percentual e Importância da permutação das variáveis ambientais para o modelo da *P. clarissa*.

Variável	Contribuição percentual	Importância da permutação
Bio5	86,5	78,9
Bio15	12,7	20,9
Bio11	0,8	0,2

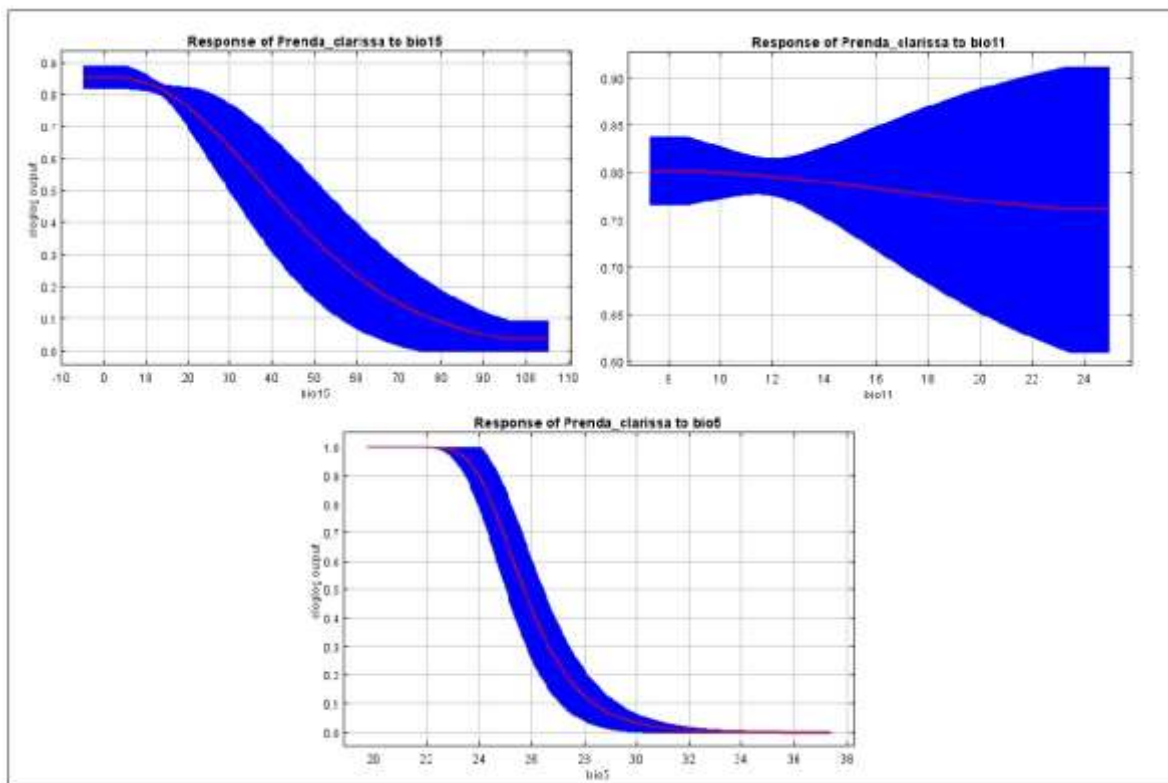


Figura 5 - Curva de respostas das variáveis ambientais usadas para geração do modelo da *Prenda clarissa*.

Os mapas de calor gerados pela modelagem indicam que as áreas com maior adequabilidade ambiental se concentram, em grande parte, na serra catarinense para ambas espécies, principalmente nos municípios de São Joaquim, Paineira, Bom Jardim da Serra, Urubici e Urupema. Ainda, *P. reticulata reticulata* (Figura 6) possui alta adequabilidade nos municípios de Bom Retiro e Alfredo Wagner, e *P. clarissa* (Figura 7) no município de Lages, Curitiba, Ponta Alta do Norte, Santa Cecília, Lebon Regis, assim como nos municípios gaúchos de São José dos Ausentes, Cambará do Sul, São Francisco de Paulo, Canela, entre as cidades de Riozinho e Maquiné, e na cidade de Bom Retiro no estado paranaense.

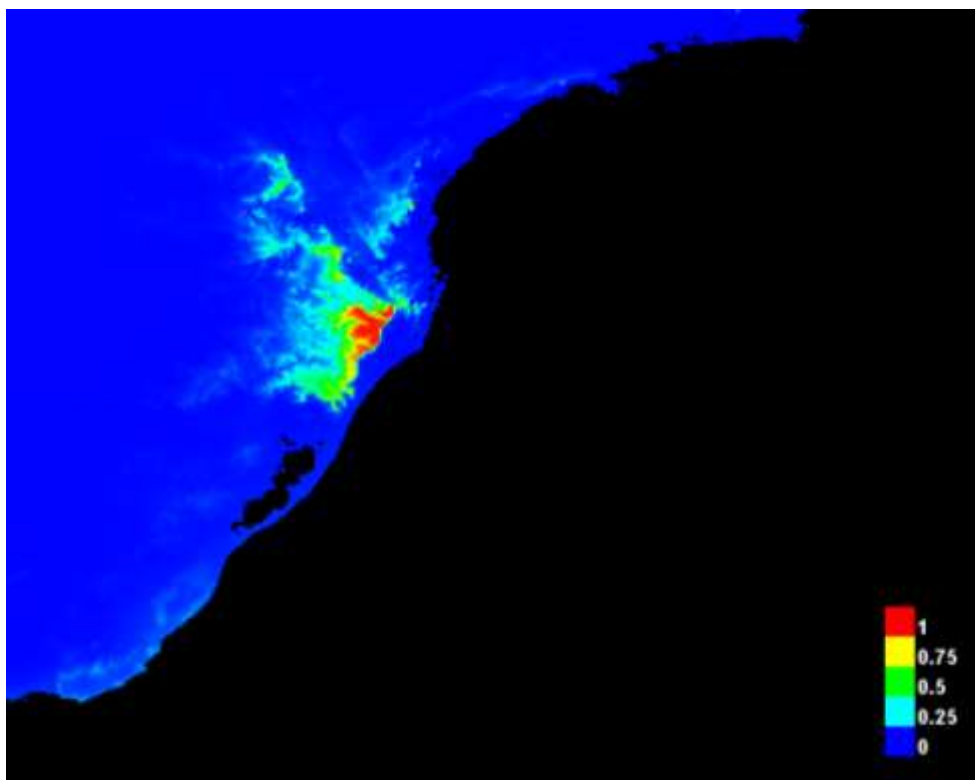


Figura 6 - Adequabilidade ambiental da subespécie *Pampasatyrus reticulata reticulata* nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

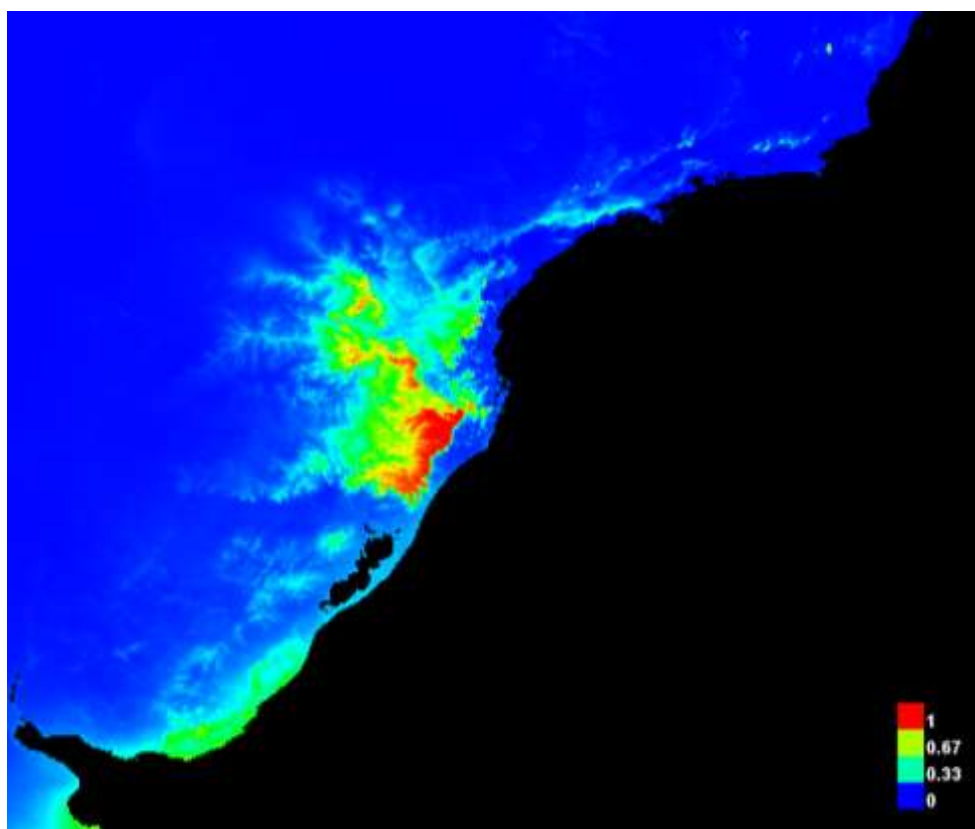


Figura 7 - Adequabilidade ambiental da espécie *Prenda clarissa* nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

A modelagem com os dados histórico, após aplicar o limiar MTP, indicou que a área de distribuição da *P. clarissa* compreendem grande parte da Serra Gaúcha, Serra Catarinense e Serra Paranaense, além de algumas regiões de São Paulo e também parte de regiões de altas latitudes, como o Uruguai. Nas projeções futuras (Figuras 8-10), sua área de distribuição potencial diminui em todos os cenários e nos dois períodos de tempo, porém essa diminuição varia entre os cenários de até 353.423km² a 899.00km² (Tabela 4), sendo que a maior diminuição mostra-se no pior cenário chegando a restar apenas 25% da sua área potencial.

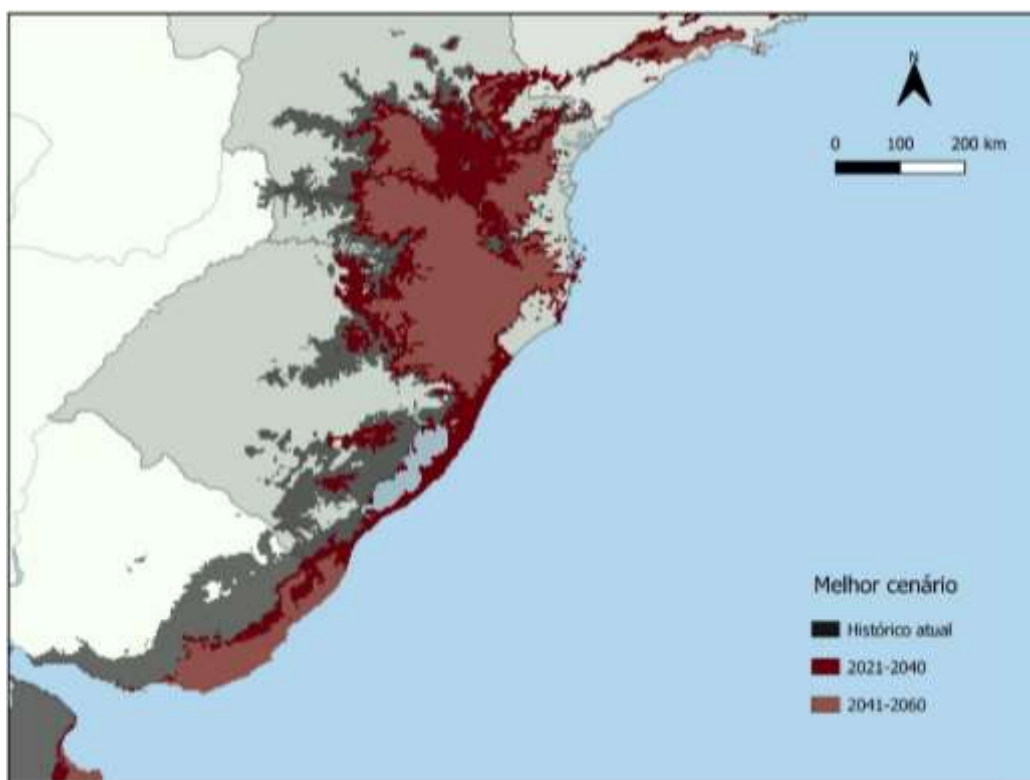


Figura 8 – Projeção futura de distribuição potencial da *P. clarissa* para o cenário SSP1-2.6 em diferentes períodos.

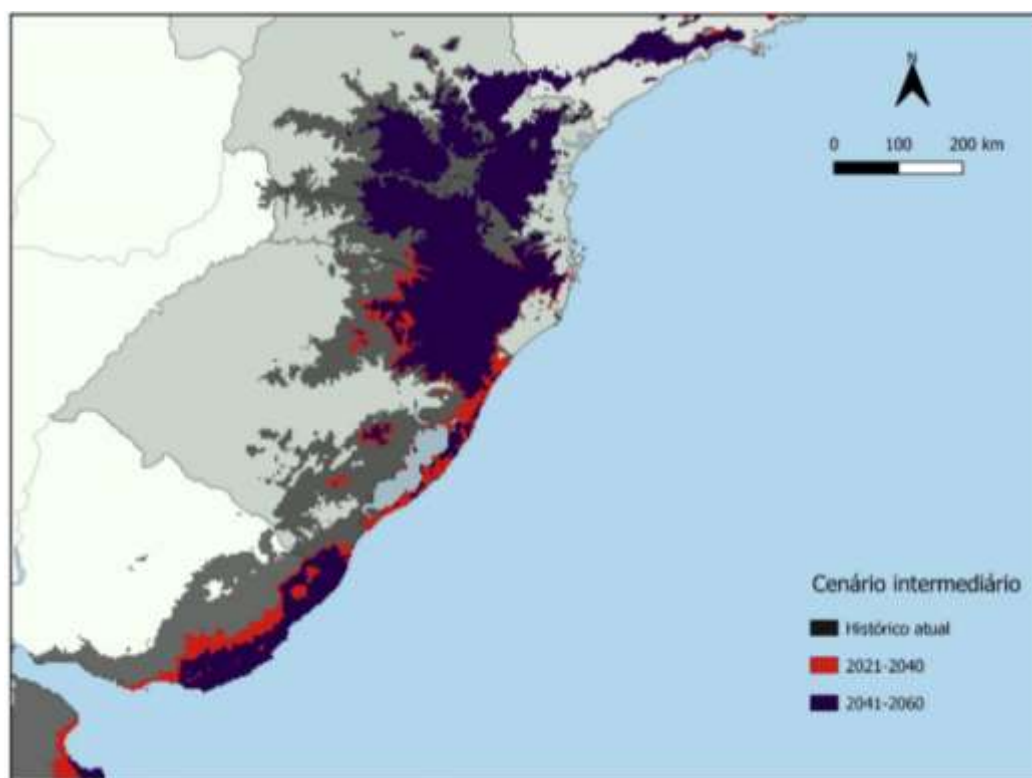


Figura 9 – Projeção futura de distribuição potencial da *P. clarissa* para o cenário SSP2-4-5 em diferentes períodos.

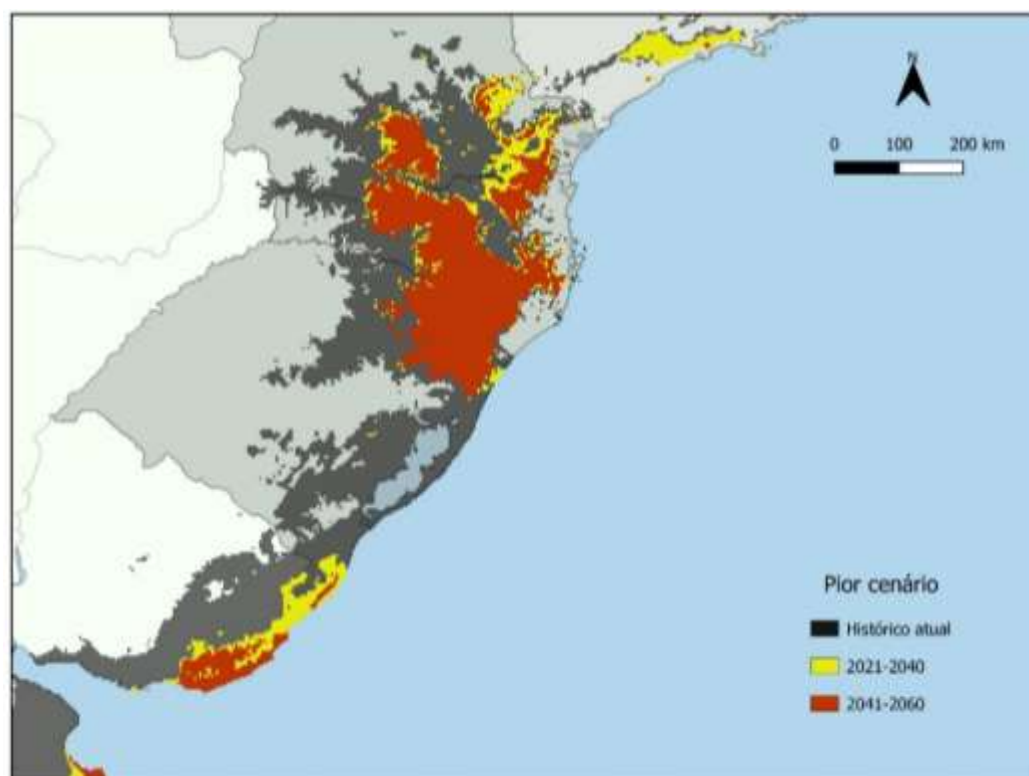


Figura 10 – Projeção futura de distribuição potencial da *P. clarissa* para o cenário SSP3-7-0 em diferentes períodos.

Tabela 4 – Áreas de distribuição da *Prenda clarissa* nos diferentes cenários em diferentes períodos.

Modelo BCC-CSM2-MR		Área em km ² acima do limiar MTP	% de área do modelo com dados históricos previstas pelos modelos futuros acima do limiar do MTP
Histórico atual		353.423	100
SSP1-2.6	2021-2040	215.304	60,92
	2041-2060	118.731	33,59
SSP2-4.5	2021-2040	169.914	48,08
	2041-2060	156.476	44,27
SSP3-7-0	2021-2040	126.402	35,77
	2041-2060	89900	25,44

Para a subespécie *P. reticulata reticulata* a modelagem indicou que a área potencial de distribuição abrange a Serra Catarinense e Serra Gaúcha, além de algumas regiões do Paraná. Porém, suas projeções futuras (Figuras 11-13), em comparação com sua distribuição atual, mostraram uma diminuição expressiva para ambos períodos de tempo e para os três cenários socioeconômicos, assim sua área potencial de distribuição se restringe a serra catarinense e algumas regiões dos Campos de Cima da Serra no Rio Grande do Sul, chegando a variar de 354.19 km² até 112.61km² entre os cenários (Tabela 5), sendo que a maior diminuição mostra-se no pior cenário chegando restar apenas 16,37% da sua área potencial.

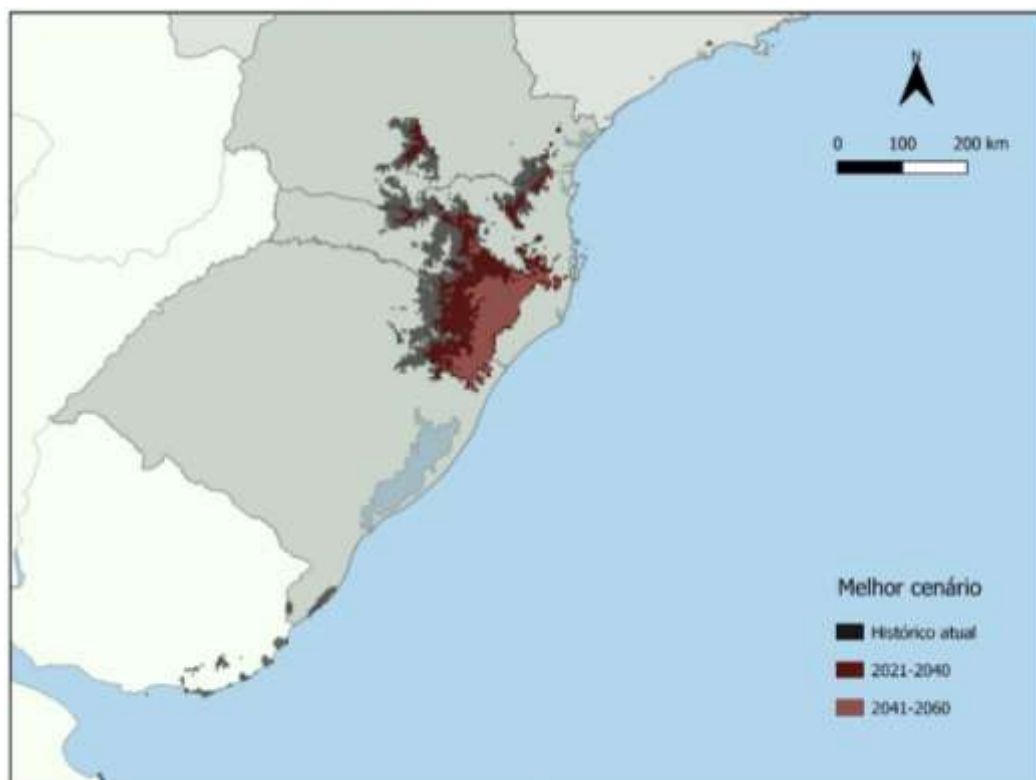


Figura 11 - Projeção futura de distribuição potencial da *P. reticulata reticulata* para o cenário SSP1-2-6 em diferentes períodos.

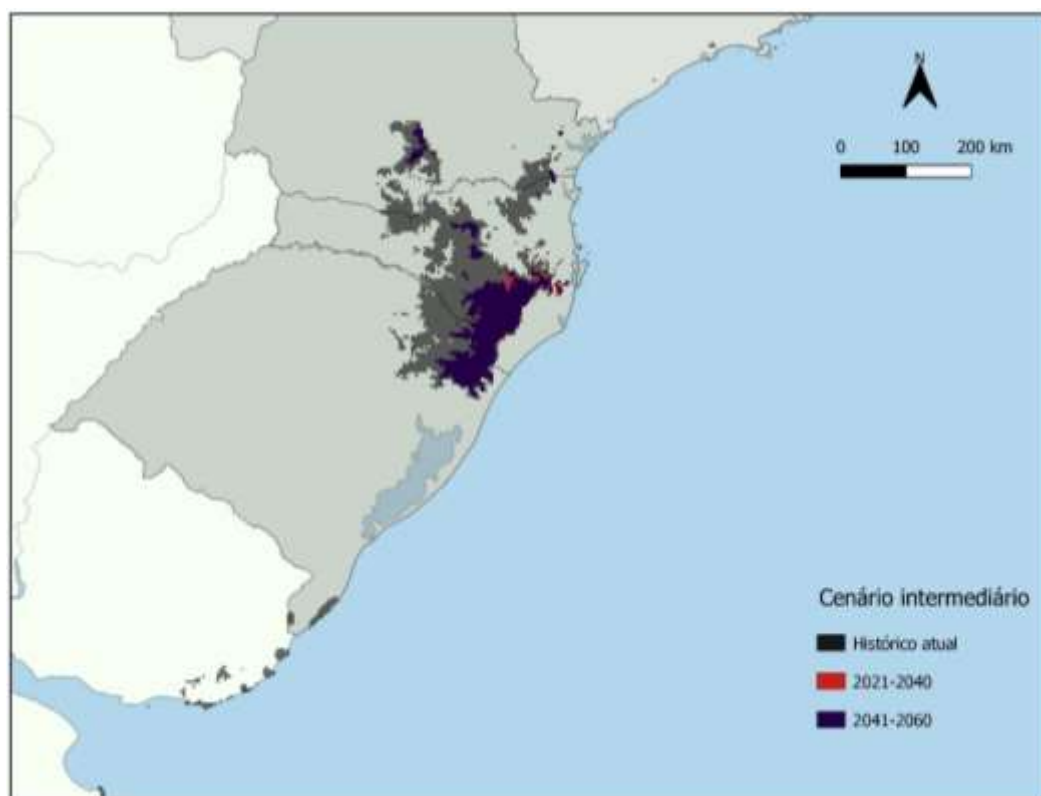


Figura 12 - Projeção futura de distribuição potencial da *P. reticulata reticulata* para o cenário SSP2-4-5 em diferentes períodos.

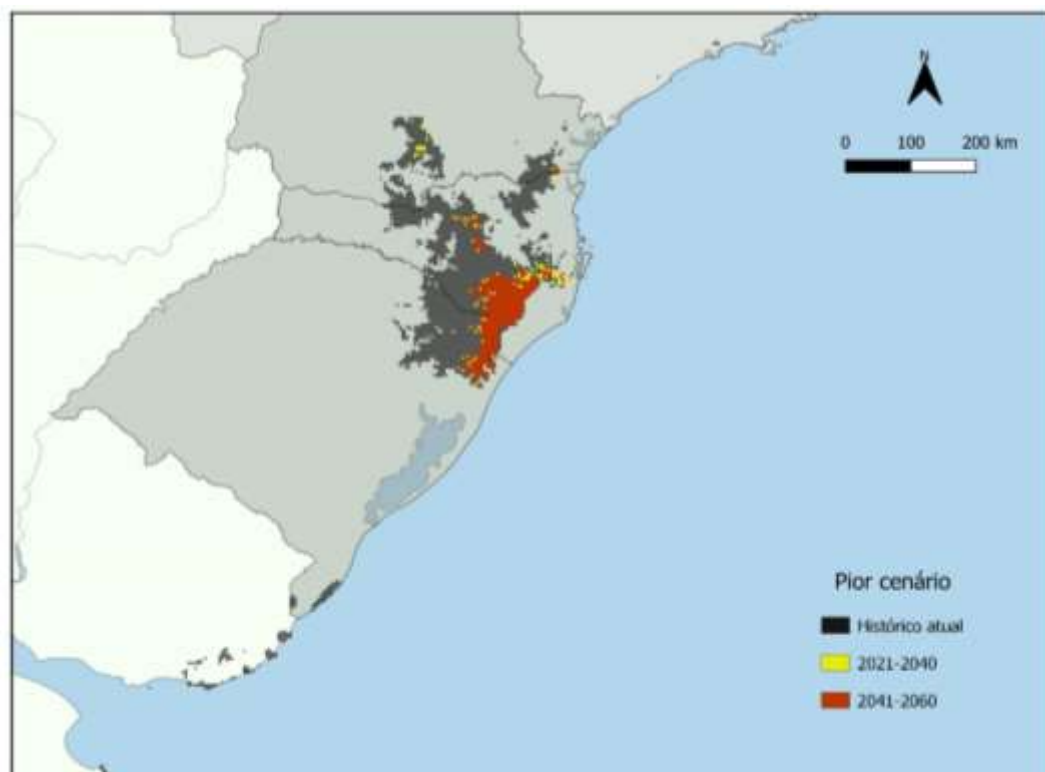


Figura 13 - Projeção futura de distribuição potencial da *P. reticulata reticulata* para o cenário SSP3-7-0 em diferentes períodos.

Tabela 5 – Áreas de distribuição da *Pampasatyus reticulata reticulata* nos diferentes cenários em períodos distintos.

Modelo BCC-CSM2-MR		Área em km ² acima do limiar MTP	% de área do modelo com dados históricos previstas pelos modelos futuristas acima do limiar do MTP
Histórico atual		68774	100
SSP1-2.6	2021-2040	35419	51,5
	2041-2060	14443	21
SSP2-4.5	2021-2040	17239	25,07
	2041-2060	19112	27,79
SSP3-7.0	2021-2040	13676	19,89
	2041-2060	11261	16,37

4 Discussão

A modelagem de distribuição potencial futura mostrou que tanto a espécie *Prenda clarissa* quanto a subespécie *Pampasatyrus reticulata reticulata* provavelmente sofrerão grande redução nas suas áreas ao longo dos anos em todos os cenários, resultando numa diminuição de áreas geográficas. As áreas de adequabilidade ambiental mostram-se bastante reduzidas e, se considerarmos apenas o nicho climático, ambas podem correr risco de extinção. Portanto, é necessária atenção para manter as condições, pelo menos, atuais de clima visando garantir o nicho climático, além da conservação e manutenção dos habitats das duas espécies.

As variáveis ambientais que mais impactam na redução dessas espécies de borboleta são a temperatura e a sazonalidade de precipitação, isto é, variáveis climáticas que afetam diretamente atividades vitais desses organismos (SACCOL, 2018) visto que são endêmicas dos Campos de Cima da Serra, e bastante sensíveis a mudanças ambientais (MONTEIRO-FILHO; CONTE, 2018). A temperatura é um indicador fundamental para definir o padrão de distribuição de espécies, visto que essa afeta as borboletas tanto quanto na disponibilidade de recursos, como também na sua biologia e fisiologia (SACCOL, 2018). Já uma variação na sazonalidade de precipitação, pode afetar a disponibilidade de recursos para as larvas, já que são nas épocas chuvosas que há produção de folhas novas (GROTAN et al, 2012).

Porém, sabemos que essas não são as únicas variáveis que podem afetar suas distribuições futuras, outros fatores como umidade, velocidade do vento, luminosidade, além da degradação dos seus habitats por práticas agrícolas e as interações biológicas como predação, competição e parasitismo afetam direta e indiretamente a sobrevivência e reprodução desses indivíduos, e conseqüentemente suas distribuições (GROTAL el al, 2012; GRAAE et al, 2011). Devido a isso, a predição

da distribuição potencial de ambas espécies pode ser ainda mais acurada se demais características como as interações entre os fatores ecológicos e de história de vida que as afetam auxiliem em estimativas que não somente das mudanças climáticas (PEARSON; DAWSON, 2003) sobre suas populações.

Ademais, as borboletas desempenham um papel fundamental na polinização em campos de altitude, superando a polinização por abelhas (ARROYO; PRIMACK; ARMESTO, 1982), assim como representam grande parte dos visitantes florais da família Asteraceae (MANI; SARAVANAN, 1999). Todavia, além das mudanças climáticas afetarem suas distribuições geográficas e sua fisiologia e biologia, pode causar também assincronia entre o florescimento das plantas e a atividade de polinização, podendo levar a perda dessa interação tão importante para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e para biodiversidade local (RICKLEFS, 2003; KLEIN et al, 2007).

Até o ano de 2100 os impactos antrópicos irão causar um incremento de temperatura de até 6°C em comparação aos anos 1990, além de mudanças na variabilidade do clima, intensidade de eventos extremos e mudanças na precipitação, como por exemplo o aumento na frequência de ondas de calor, diminuição de frequências de ondas de frio, frequência de chuvas intensas e de secas mais duradouras no verão (MARENGO, 2001). Esses impactos podem variar de região para região, porém os efeitos das mudanças climáticas poderão ser detectados especialmente em regiões de alta latitude e campos de altitude (SIQUEIRA; PADIAL; BINI, 2009). Estas regiões são muito frágeis às perturbações antrópicas, e pelas dificuldades de aplicação das políticas públicas de proteção legal, monitoramento e regeneração de áreas degradadas (VASCONCELOS, 2014) podem sofrer modificações e desconfiguração na paisagem pelo aumento de temperatura e perda severa de habitat. Além disso, áreas de altitudes elevadas abrigam um grande número de espécies de borboletas com história natural desconhecida, e muitas dessas já podem estar sofrendo com efeitos das mudanças climáticas, se encaixando em diversas categorias de ameaça (FREITAS, 2010). Destaca-se que as espécies de borboletas que se encontram na lista nacional de fauna ameaçada de extinção são, em maioria, típicas de Campos de Altitude (MONTEIRO-FILHO; CONTE 2017).

Os mapas de distribuição potencial gerados podem indicar áreas onde provavelmente haja populações das duas espécies, que podem ser usados para futuros trabalhos, visto que é importante saber da história natural de ambas, afim de

elaborar planos de conservação eficientes. Sendo assim, pesquisas baseadas em modelagem de distribuição potencial de borboletas são fundamentais para prever os impactos das mudanças climáticas na biodiversidade, sabendo-se que os lepidópteros são considerados excelentes modelos para o diagnóstico dos efeitos climáticos (SANTOS et al, 2015), podendo ser um ótimo grupo de pesquisa para auxiliar a reduzir os efeitos causados pelas perturbações antrópicas em uma escala global.

5 Considerações finais

A modelagem realizada indica que as borboletas *Prenda clarissa* e *Pampasatyrus reticulata reticulata* estão vulneráveis frente aos impactos climáticos e a redução das suas áreas de distribuição potencial. As suas áreas de adequabilidade ambiental estão em regiões da Serra Catarinense e Serra Gaúcha, porém bastante reduzidas, assim como suas áreas de distribuição diminuem ao longo dos anos. Essas lepidópteras endêmicas dos Campos de Cima de Serra podem vir a correr risco de extinção, já que pequenos aumentos na temperatura e mudanças na sazonalidade de precipitação podem diminuir sua distribuição. Além disso, é importante avaliar se a descaracterização e fragmentação dos habitats nativos por práticas antrópicas pode contribuir para realçar os efeitos climáticos nos Campos de Cima da Serra dado o grau de endemismo da região. Ademais, os mapas de distribuição potencial indicados nesse trabalho podem ser usados para encontrar possíveis populações, e auxiliar na elaboração de futuros planos de conservação e manejo da biodiversidade, bem como validar os modelos aqui apresentados.

Referências

- ARAÚJO, Miguel B. et al. Validation of species–climate impact models under climate change. **Global change biology**, v. 11, n. 9, p. 1504-1513, 2005.
- ARROYO, M. K.; PRIMACK, R.; ARMESTO, J. Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of central Chile. I. Pollination mechanisms and altitudinal variation. **American journal of botany**, v. 69, n. 1, p. 82-97, 1982.
- BOND-BUCKUP, Georgina; BUCKUP, Ludwig; DREIER, Claudia. **Biodiversidade dos campos de Cima da Serra**. Porto Alegre: Libretos, 2010. 196p.
- BROWN JR, K. S. Diversity of Brazilian Lepidoptera: history of study, methods for measurement, and use as indicator for genetic, specific and system richness. **Biodiversity in Brazil: a first approach**. São Paulo, p. 121-154, 1996.
- BROWN JR, K. S.; FREITAS, A. V. L. Lepidoptera. **Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX**. São Paulo, v. 5, p. 225-243, 1999.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC Editora, 2006. 692p.
- CHEN, I.-Ching et al. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. **Science**. Washington, v. 333, n. 6045, p. 1024-1026, 2011.
- ELITH, Jane et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, n. 2, p. 129-151, 2006.
- ELTON, C. S.; **Animal ecology. Sidgwick and Jackson**. Londres, 1927. 296p.
- FREITAS, André Victor Lucci. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre as borboletas. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 53-57, 2010.
- FREITAS, A. V. L.; MARINI-FILHO, O. J. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2011. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/pan-lepidoptera/livro_lepidopteras_web2.pdf. Acesso em 8 de agosto de 2019.
- FREITAS, A. V. L. et al. A new genus and species of Euptychiina (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) from southern Brazil. **Neotropical Entomology**. São Paulo, v. 40, n. 2, p. 231-237, 2011.
- KLEIN, A.M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 2007.

KRISTENSEN, N. P.; SCOBLE, M. J.; KARSHOLT, O. L. E. Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. **Zootaxa**, v. 1668, n. 1, p. 699-747, 2007.

GRAAE, b J. et al. Sobre o uso de dados meteorológicos em estudos ecológicos ao longo de gradientes altitudinais e latitudinais. **Oikos**, v. 121, n. 1, pág. 3-19, 2012.

GIANNINI, Tereza Cristina et al. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**. São Paulo, v. 63, n. 3, p. 733-749, 2012.

GRINNELL, Joseph. A origem e distribuição do chapim-de-dorso-castanha. **The Auk**, v. 21, n. 3, p. 364-382, 1904.

GRINNELL, Joseph. As relações de nicho do California Thrasher. **The Auk**, v. 34, n. 4, p. 427-433, 1917.

GRINNELL, Joseph. Geografia e evolução. **Ecologia**, v. 5, n. 3, p. 225-229, 1924.

GRØTAN, Vidar et al. Ciclos sazonais de diversidade e similaridade de espécies em uma comunidade de borboletas tropicais. **Journal of Animal Ecology**, v. 81, n. 3, pág. 714-723, 2012.

HUTCHINSON, G. Evelyn. Estudos limnológicos em Connecticut. VII. Um exame crítico da suposta relação entre a periodicidade do fitoplacton e as mudanças químicas nas águas dos lagos. **Ecologia**, v. 25, n. 1, p. 3-26, 1944.

HUTCHINSON, G. Evelyn. O nicho multivariado. In: **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**. 1957. p. 415-421.

MANI, M.; Saravanan, J.M. **Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. Science Publishers, Inc., 1999.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e Projeções de Cenários Climáticos do Futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. São Paulo, v.16, n.1, 001-18, 2001.

MACHADO, A. B.; DRUMMOND, G. M.; PAGLIA, A. P. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volumel/vol_I_parte1.pdf. Acesso em 10 de setembro de 2018.

MEINSHAUSEN, Malte et al. As concentrações de gases de efeito estufa do caminho socioeconômico compartilhado (SSP) e suas extensões para 2500. **Geoscientific Model Development**, v. 13, n. 8, 3571–3605, 2020. Disponível em: <https://gmd.copernicus.org/articles/13/3571/2020/>. Acessado em 15 de novembro de 2020.

MILLER, Rupert G. The jackknife-a review. **Biometrika**. v. 61, n. 1, p. 1-15, 1974.

MONTEIRO-FILHO, Emygdio Leite de Araujo; CONTE, Carlos Eduardo. **Revisões em zoologia: Mata Atlântica**. Série Pesquisa, 310. 1 ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2018. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/56279>. Acesso em 8 de Agosto de 2019.

MORELLATO, Patrícia C .; HADDAD, Célio FB. Introdução: A Mata Atlântica brasileira 1. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000.

PEARSON, Richard G.; DAWSON, Terence P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, n. 5, pág. 361-371, 2003.

PHILLIPS, Steven J.; DUDÍK, Miroslav. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n. 2, p. 161-175, 2008.

PHILLIPS, Steven J.; ANDERSON, Robert P.; SCHAPIRE, Robert E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

PILLAR, Valério de Patta Pillar, et al. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. 403p.

PINTO, Luiz Paulo, et al. Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial. **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: RiMa, 2006. 91-118.

QUADROS, Marina Todeschini de. **Diversidade e composição da assembléia de borboletas (Lepidoptera: Papilionoidea e Hesperioidea) em diferentes ambientes da Floresta Nacional de São Francisco de Paula**. Orientadora Helena Piccoli Romanowski. 101 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RIBEIRO, Katia Torres; FREITAS, Leandro. Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. **Biota Neotropica**. São Paulo, v. 10, n. 4. Campinas, 2010.

RUSHTON, S. P.; ORMEROD, S. J.; KERBY, G. Novos paradigmas para modelagem de distribuição de espécies. **Jornal de ecologia aplicada**, v. 41, n. 2, pág. 193-200, 2004.

SACCOL, Laiane Ineu et al. **Influência de fatores abióticos na comunidade de borboletas (Lepidoptera: papilionoidea) no extremo sul do Brasil**. Orientadora Marlise Ladvocat Bartholomei Santos. 55f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Animal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

SAMPAIO, Gilvan; MARENCO, José; NOBRE, Carlos. A Atmosfera e as mudanças climáticas. In: BUCKERIDGE, Marcos. **Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil**. São Carlos: RiMa Editora, 2008. p. 5-28.

SILVA, Janaína Madruga et al. Borboletas frugívoras (Lepidoptera: Nymphalidae) no Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Biotemas**. Pelotas, v. 26, n. 1, p. 87-95, 2013.

SILVA, Priscila Lemes de Azevedo. Biodiversidade e mudanças climáticas no Brasil: levantamento e sistematização de referências. **WWF Brasil (Relatório)**. Brasília, 2018. Disponível em: https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/WWF_Levantamento_21maio18_nr09.pdf. Acesso em 26 de maio de 2019.

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

SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período 2005-2008**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2009. Disponível em: http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas%20mata%20atlantica-relatorio2005-2008.pdf. Acesso em 20 de junho de 2019.

SPEHN, Eva M; MESSERLI, B.; KÖRNER, C.; A global assessment of mountain biodiversity: a synthesis. In: KÖRNER, C.; SPEHN, E.M. (eds). **Mountain biodiversity: a global assessment**. Parthenon, Nova Iorque, p. 325-330, 2002.

SHAPIRO, Michael. Army Construction Engineering Research Laboratory Sort option by Martin Landa. U.S, Czech Technical University in Prague, 2013 Disponível em: <https://grass.osgeo.org/grass76/manuals/r.stats.html>. Acesso em 30 de novembro de 2020.

TEAM, R. Core; DC, R. A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2012. URL <https://www.R-project.org>, 2019.

ZACCA, Tamara. **Revisão taxonômica de Pampassatyris Hayward, 1953 gen. reval. e descrição de um gênero novo (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae)**. Orientador Olaf Hermann Hendrik Mielke. 169 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Área de concentração de entomologia) – Faculdade Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

ZACCA, Tamara et al. Systematics of the Neotropical genus Pampasatyris (Lepidoptera: Satyrinae: Pronophilina), with description of three new taxa. **Insect Systematics & Evolution**, v. 48, n. 3, p. 201-255, 2017.

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.

WARREN, D. L.; GLOR, R. E.; TURELLI, M. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. **Ecography**, v. 33, n. 3, p. 607-611, 2010.

WARREN, M. S. et al. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. **Nature**, v. 414, n. 6859, p. 65, 2001.

Anexos

Anexo 1 - Variáveis ambientais pré-selecionadas.

Abreviação	Descrição
Bio1	Temperatura Média Anual
Bio2	Temperatura Média Mensal
Bio3	Isotermalidade
Bio4	Sazonalidade de Temperatura (coeficiente de variação)
Bio5	Temperatura Máxima do Mês mais quente
Bio6	Temperatura Máxima do Mês mais frio
Bio7	Faixa Anual de Temperatura
Bio8	Temperatura Média do Trimestre Mais úmido
Bio9	Temperatura Média do Trimestre Mais Seco
Bio10	Temperatura do Trimestre Mais Quente
Bio11	Temperatura 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 umido
Bio17	Precipitação do Trimestre Mais Seco
Bio18	Precipitação do Trimestre Mais Quente
Bio19	Precipitação do Trimestre Mais Frio