

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM ESPÉCIES
VEGETAIS DO BIOMA PAMPA

Daiane Röglin Silveira

São João del-Rei
2025

Daiane Röglin Silveira

Efeitos das mudanças climáticas em espécies vegetais do bioma
Pampa

Orientador: Prof. Dr. José Elvino do Nascimento Júnior

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

São João del-Rei
2025

Nome: Daiane Röglin Silveira

Título Efeitos das mudanças climáticas em espécies vegetais do bioma Pampa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial à obtenção do título de mestre

Aprovado em:

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Elvino do Nascimento Júnior (Orientador)

Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ

Prof. Dr. Cleber José da Silva (Membro titular)

Universidade Federal de São João del-Rei - UFSJ

Prof. Dr. Marcos Eduardo Guerra Sobral (Membro titular)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

São João del-Rei-MG, 26 de fevereiro de 2025.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI/UFSJ
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO – M.Sc.

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE
EM ECOLOGIA



Aos vinte e seis dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às 14 horas, na Universidade Federal de São João del - Rei, instalou-se a banca examinadora de dissertação de mestrado da aluna **Daiane Röglin Silveira** . A banca examinadora foi composta pelo professor Dr. Marcos Eduardo Guerra Sobral, examinador externo, pelo professor Dr. Cleber José da Silva, UFSJ, examinador interno, e pelo professor Dr. José Elvino do Nascimento Júnior, UFSJ, orientador. Deu-se início a abertura dos trabalhos, por parte do professor José Elvino do Nascimento Júnior, que, após apresentar os membros da banca examinadora e esclarecer a tramitação da defesa, solicitou a candidata que iniciasse a apresentação da dissertação, intitulada **Efeitos das mudanças climáticas em espécies vegetais do bioma Pampa**, marcando um tempo de cinquenta minutos para a apresentação. Concluída a exposição, o professor José Elvino do Nascimento Júnior, passou a palavra ao examinador externo, professor Marcos Eduardo Guerra Sobral para arguir a candidata, e, em seguida, ao examinador interno, professor Cleber José da Silva para que fizessem o mesmo. Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, a candidata foi APROVADA conforme as normas vigentes na Universidade Federal de São João del Rei. A versão final da dissertação deverá ser entregue ao programa no prazo de 30(trinta) dias, a contar da data de defesa, contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa, conforme o artigo 97 da Resolução CONEP Nº 001, de 15 de março de 2023. A candidata não terá o título se não cumprir as exigências acima descritas



Documento assinado digitalmente

MARCOS EDUARDO GUERRA SOBRAL

Data: 29/03/2025 18:00:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. MARCOS EDUARDO GUERRA SOBRAL
Examinador Externo à Instituição



Documento assinado digitalmente

Cleber Jose da Silva

Data: 31/03/2025 11:59:32-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. CLEBER JOSE DA SILVA, UFSJ
Examinador Interno



Documento assinado digitalmente

JOSE ELVINO DO NASCIMENTO JUNIOR

Data: 28/03/2025 18:59:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. JOSÉ ELVINO DO NASCIMENTO JUNIOR, UFSJ
Presidente



Documento assinado digitalmente

DAIANE ROGLIN SILVEIRA

Data: 27/03/2025 21:16:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DAIANE RÖGLIN SILVEIRA
Mestranda

S587e Silveira, Daiane Röglin.
Efeitos das mudanças climáticas em espécies
vegetais do bioma Pampa / Daiane Röglin Silveira ;
orientador José Elvino do Nascimento Júnior. -- São
João del-Rei, 2025.
36 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ecologia) -- Universidade Federal de São João del
Rei, 2025.

1. Biodiversidade. 2. Pampa Sul-Americano. 3.
Mudanças climáticas. I. do Nascimento Júnior, José
Elvino, orient. II. Título.

Financiamento:



Apoio:



Universidade Federal
de São João del-Rei



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ECOLOGIA

As duas mulheres importantes da
minha vida, Mara Lucia Silveira e
Ilze Güllich Röglin.

Agradecimentos:

Agradeço ao meu orientador José Elvino do Nascimento Júnior por ter me acolhido em um momento difícil aceitando ser meu orientador nessa jornada. Por ter contribuído não apenas com conhecimento e empenho na realização do trabalho mas com a sensibilidade do ouvir. Nunca vou ter palavras o suficiente para agradecer o quanto tu foste importante nesse período, obrigada!

Agradeço também a algumas pessoas muito importantes que se tornaram uma família aqui em São João del-Rei: Daniel Camilo Oliveira, Érica Silva Bachetti, Letícia dos Santos Ribeiro, Talita de Rezendo Bueno e suas respectivas famílias. Obrigada por não deixar que eu desistisse e por todas as tantas vezes que me salvaram sem nem ao nem menos saberem o quanto estavam sendo importantes. Por todos os campos, ensinamentos, paciência e por todo carinho que me acolheram. Se tem pessoas ao qual eu posso agradecer todos os dias da minha vida certamente são vocês.

Agradeço ao seu Nilson e toda equipe pela ajuda.

Agradeço também aos demais amigos e colegas, dos quais não vou citar nomes para não esquecer nenhum.

Agradeço também ao programa e aos demais professores por todos os ensinamentos.

Lista de Fig.s

Figura 1: Mapa de localização do Pampa e área de trabalho. Fonte: Modificado de Mapa de cobertura e uso da terra Pampa trinacional, MapBiomias 2022. 17

Figura 2: Mapa da América do Sul com destaque do Pampa, para a máscara utilizada e para as localizações das cinco espécies de árvores incluídas no estudo. Fonte: *SpeciesLink*. 19

Figura 3: Distribuição geográfica de *Astronium balansae* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência). 25

Figura 4: Distribuição geográfica de *Citharexylum montevidense* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência). 26

Figura 5: Distribuição geográfica de *Euploca ocellata* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência). 27

Figura 6: Distribuição geográfica de *Xylosma schroederi* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência). 27

Lista de tabelas

Tabela 1: Tabela 1: A distribuição em Km das espécies *A. Balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. schroederi* no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100). 21

Tabela 2: Contribuição percentual das duas variáveis climáticas e ambientais que mais foram significativas na distribuição das espécies *Astronium balansae*, *Citharexylum montevidense*, *Euploca ocellata* e *Xylosma schroederi* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100. Os valores representam a importância relativa de cada variável na modelagem da distribuição dessas espécies. Na coluna “variável 1”, está a variável com maior contribuição percentual e ao lado direito o seu valor, na coluna “variável 2” a segunda variável que mais contribuiu e ao lado direito na coluna “contribuição percentual” o seu respectivo valor. 21

Tabela 3: Áreas protegidas (em km) das espécies *A. Balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. Schroederi* no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100). 23

Tabela 4: Áreas antrópicas (em km) das espécies *A. Balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. Schroederi* no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100). 23

Tabela 5: Cálculo da distribuição potencial remanescente (em km) das espécies *A. Balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. schroederi*, no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100). 24

Sumário

1. Introdução.....	13
2. Metodologia.....	17
2.1 Área de estudo	17
2.2 Dados de ocorrência das espécies.....	18
2.3 Tratamento dos dados climáticos.....	18
2.4 Análises de modelagem	19
3. Resultados.....	20
4. Discussão	29
5. Conclusão	31
6. Referências Bibliográficas.....	32

Efeitos das mudanças climáticas em espécies vegetais do bioma Pampa

Daiane Röglin Silveira^{a*}, José Elvino do Nascimento Júnior^a

^aPrograma de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil.

*rogindaiane@gmail.com

Resumo

Este estudo investiga os efeitos das mudanças climáticas sobre a distribuição de quatro espécies vegetais do bioma Pampa (*Astronium balansae* da família Anacardiaceae, *Citharexylum montevidense* da família Verbenaceae, *Euploca ocellata* da família Heliotropiaceae e *Xylosma schroederi* da família Salicaceae), utilizando modelagem de nicho ecológico sob cenários futuros de emissões de gases de efeito estufa (SSP3-7.0 e SSP5-8.5) para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100. Os resultados indicam respostas variadas das espécies às mudanças climáticas: *Astronium balansae* e *Euploca ocellata* apresentaram expansão significativa em suas áreas de distribuição, sugerindo adaptação às novas condições climáticas. Em contraste, *Xylosma schroederi* sofreu reduções, indicando vulnerabilidade às alterações climáticas. *Citharexylum montevidense* mostrou uma resposta mista, com variações dependendo do cenário e período. A precipitação do trimestre mais seco (Bio 17) foi a variável climática mais influente na distribuição das espécies. O estudo também destaca o alto impacto antrópico, com até 30% das áreas de distribuição das espécies já ocupadas por atividades humanas, enquanto apenas 1% está em áreas protegidas. Conclui-se que as mudanças climáticas e a pressão antrópica representam ameaças significativas à biodiversidade do Pampa, reforçando a necessidade de estratégias de conservação adaptativas e expansão de áreas protegidas para mitigar esses impactos.

Palavras-chave: Biodiversidade, Pampa Sul-Americano, Mudanças climáticas

Abstract

This study investigates the effects of climate change on the distribution of four plant species from the Pampa biome (*Astronium balansae* of the Anacardiaceae family, *Citharexylum montevidense* of the Verbenaceae family, *Euploca ocellata* of the Heliotropiaceae family and *Xylosma schroederi* of the Salicaceae family), using ecological niche modeling under future greenhouse gas emissions scenarios (SSP3-7.0 and SSP5-8.5) for the periods 2041-2060 and 2081-2100. The results indicate varied responses of the species to climate change: *Astronium balansae* and *Euploca ocellata* showed significant expansion in their distribution areas, suggesting adaptation to new climatic conditions. In contrast, *Xylosma schroederi* suffered reductions, indicating vulnerability to climate change. *Citharexylum montevidense* showed a mixed response, with variations depending on the scenario and period. Precipitation during the driest quarter (Bio 17) was the most influential climate variable on species distribution. The study also highlights the high anthropogenic impact, with up to 30% of the species' distribution areas already occupied by human activities, while only 1% is in protected areas. It is concluded that climate change and anthropogenic pressure represent significant threats to the Pampas' biodiversity, reinforcing the need for adaptive conservation strategies and expansion of protected areas to mitigate these impacts.

Keywords: Biodiversity, South American Pampas, Climate change

1. Introdução

O Pampa abriga uma grande complexidade de ecossistemas associados e é composto por diversas formações vegetais, com paisagens naturais de planícies a serras, morros ruprestes e coxilhas, que se caracterizam pelo predomínio de campos nativos tendo a presença de matas ciliares, matas de encontas, formações arbustivas, butiazais, banhados entre outros. É principalmente representado pelas áreas camprestres dominadas por gramíneas, mas com inclusões florestais, especialmente em margens de rios e outros ambientes com maior umidade. Apresenta um grande patrimônio cultural que está associado a sua biodiversidade e por ser um conjunto de ecossistemas muito antigos, tendo uma flora e fauna próprios. E seu desenvolvimento se deu sob a influência de grandes herbívoros pastejadores até o Holoceno Inferior (Behling, 2007; Andrade et al., 2019; MMA, 2022).

A biodiversidade do Pampa é diretamente afetada por diversos fatores como o aumento das áreas de monoculturas e também da silvicultura, sendo que 48,4% da vegetação nativa já foi antropizada. As áreas do Pampa brasileiro têm sido rapidamente convertidas em áreas agrícolas e para silvicultura e o país teve a maior perda proporcional da vegetação campestre com 2,9 milhões de hectares. Em termos absolutos, a Argentina teve as maiores perdas de vegetação campestre com 3,7 milhões de hectares e no Uruguai a perda de vegetação foi de 2,5 milhões de hectares, totalizando uma perda de 9,1 milhões de hectares em 38 anos (Gabriel et al., 2021; MapBiomass, 2022; Silva et al., 2022).

Isso tem levado a uma rápida degradação e descaracterização desses ambientes naturais. O Pampa vem sendo severamente modificado pelo uso humano (Brasil, 2010). Um dos impactos ecológicos da expansão agrícola é a perda e fragmentação dos habitats, que leva a uma redução e isolamento das populações, e aumenta o risco de extinções (Ewers & Didham, 2006), tendo potencial para causar uma extinção local de espécies nativas, a perda de diversidade alfa e gama, a expansão de espécies generalistas tolerantes às bordas e as espécies exóticas, fazendo com que se tenham mudanças nas interações biológicas e em processos ecológicos fundamentais (Tabarelli, Lopes et al. 2008; Pardini et al., 2010).

Os impactos do plantio da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) no Pampa trazem prejuízos não somente ambientais como também socioeconômicos e culturais. As mudanças decorrentes do uso da terra são mais expressivas e de maior impacto na paisagem e biodiversidade dos campos, visto que envolvem a retirada total da vegetação

nativa para o plantio, causando perda de habitats. Considerando que o Pampa brasileiro perdeu mais de 50% de sua cobertura vegetal natural nos últimos 35 anos, e que no ano de 2018 as áreas convertidas por ação antrópica (7.893,373ha) ultrapassaram em extensão as áreas de vegetação nativa (6.519,015ha), é possível inferir que as dinâmicas ecológicas do solo foram alteradas nas áreas de cultivo, além destas gerarem expressivas alterações nos modos de vida dos habitantes da região (Peterson et al. 2018; Rede Campos Sulinos, 2020; MapBiomass, 2022).

As espécies endêmicas e de distribuição restrita são apontadas como potencialmente mais ameaçadas pelas mudanças climáticas, devido à sua suposta menor capacidade de lidar com as novas condições ambientais ficando mais propensas à extinção (Malcolm et al. 2006). A identificação dessas espécies e a compreensão de seus padrões de distribuição influenciados por informações históricas, ecológicas e evolutivas apoiam a avaliação do seu risco de extinção, o planejamento de recuperação e a gestão e monitoramento dessas espécies, o que permite a concretização de objetivos e estratégias para a sua conservação (Gallagher et al., 2020).

Estudos que avaliam a dinâmica das populações endêmicas favorecem a compreensão de mecanismos ecológicos que causam a especificidade destas espécies, especialmente quando se considera as diferenças no habitat, o histórico de manejo e o contexto paisagístico (Santos et al., 2021). Avaliações mais cuidadosas que vão considerar a dinâmica, estrutura, tamanho, flutuações e ameaças da população são essenciais para definir estratégias de conservação (Kamino et al., 2012; Kougioumoutzis et al., 2021). Uma distribuição mais limitada está frequentemente associada a populações pequenas e a uma maior vulnerabilidade dessas espécies aos efeitos ambientais, como as mudanças climáticas, riscos naturais e a estocasticidade demográfica (Barton & Fortunel, 2023).

A modelagem de nicho de espécies endêmicas é uma ferramenta para a avaliação do estado de conservação das espécies, onde é possível observar se a alta diversidade de espécies endêmicas tende a diminuir após as mudanças climáticas, devido à perda de adequação ambiental associada com a redução da cobertura vegetal original, impactando assim sua existência (Marengo 2006).

A conservação das espécies requer um conhecimento detalhado sobre sua história natural e também sobre a sua distribuição geográfica e seu potencial de ocorrência (Papes & Gaubert, 2007). Estudos biogeográficos possibilitam um maior entendimento dos

padrões que podem vir a influenciar tanto na divergência populacional quanto na especiação, e auxiliam também na identificação dos processos que estruturam a diversidade dos organismos em várias escalas geográficas e taxonômicas (Carstens, Richards et al., 2007).

Muitas espécies de plantas estão ameaçadas pelos impactos das alterações climáticas. Assim, a realização de trabalhos sobre estas plantas no contexto das alterações climáticas, principalmente com espécies mais vulneráveis, torna-se fundamental para uma elaboração eficaz de estratégias de conservação. Segundo o último relatório do IPCC (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*), estima-se que a temperatura média global aumente 1,5 °C e os regimes de precipitação sejam alterados (IPCC, 2023).

Há 17 anos (Overbeck et al., 2007) já alertavam sobre a negligência com o Pampa. Em 2021 no Brasil ocorreu um aumento de 92% na perda de vegetação em comparação com 2020 (RAD, 2021). Segundo o cadastro nacional de unidades de conservação (SNUC) o Pampa brasileiro tem apenas 3,03% de suas áreas protegidas em unidades de conservação, sendo o menos protegido (Leuzinger et al. 2020). Uma porcentagem de proteção muito abaixo da meta assinada (30% até 2030) durante a Décima Quinta Conferência das Partes (COP-15) da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB, 2022), onde foi adotado o Marco Global de Kunming-Montreal (Decisão CDB 15/4).

O Rio Grande do Sul também flexibilizou a sua legislação ambiental no ano 2019 alterando cerca de 500 pontos em relação à anterior. Entre as mudanças estão a criação da Licença Ambiental por Compromisso (LAC), autodeclaratória e sem análise prévia dos técnicos ambientais, e a redução da zona de amortecimento de 10km para 3km a partir do limite da UC (LEI Nº 15.434, DE 9 DE JANEIRO DE 2020). O Pampa também tem sua biodiversidade fortemente ameaçada pelo projeto de lei 364/19 (Overbeck et al., 2024).

Mais pesquisas e esforços de conservação deveriam ser direcionadas para a biodiversidade do Pampa, pois fazer um reconhecimento e proteger essas áreas é essencial para salvaguardar a saúde ambiental e humana (Ellwanger et al., 2022).

Nesse sentido é de extrema importância trabalhos que vão apontar a possível direção das espécies, indicando quais serão as tendências nos diferentes cenários futuros e onde cada espécie possivelmente poderá encontrar uma área de adequabilidade climática e apontar áreas estratégicas para a conservação das espécies e orientar possíveis medidas para sua proteção no futuro.

O principal objetivo do trabalho é analisar o efeito das mudanças climáticas sobre a distribuição potencial de espécies vegetais do bioma Pampa em diferentes cenários de emissões de gases de efeito estufa e períodos de tempo.

Além disso, pretendemos:

I-Verificar se as áreas de distribuição potencial das espécies poderá sofrer retrações ou ampliações em diferentes cenários climáticos;

II- Analisar qual proporção das áreas de distribuição potencial das espécies já está ocupada por atividades antrópicas.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O Bioma Pampa (fig. 1) abrange três países: o Brasil, a Argentina e o Uruguai. O bioma Pampa Sul-Americano ocupa 6,1 % da América do Sul, ou seja, 109,2 milhões de hectares (Hasenack, H., 2006, MapBiomias, 2022).

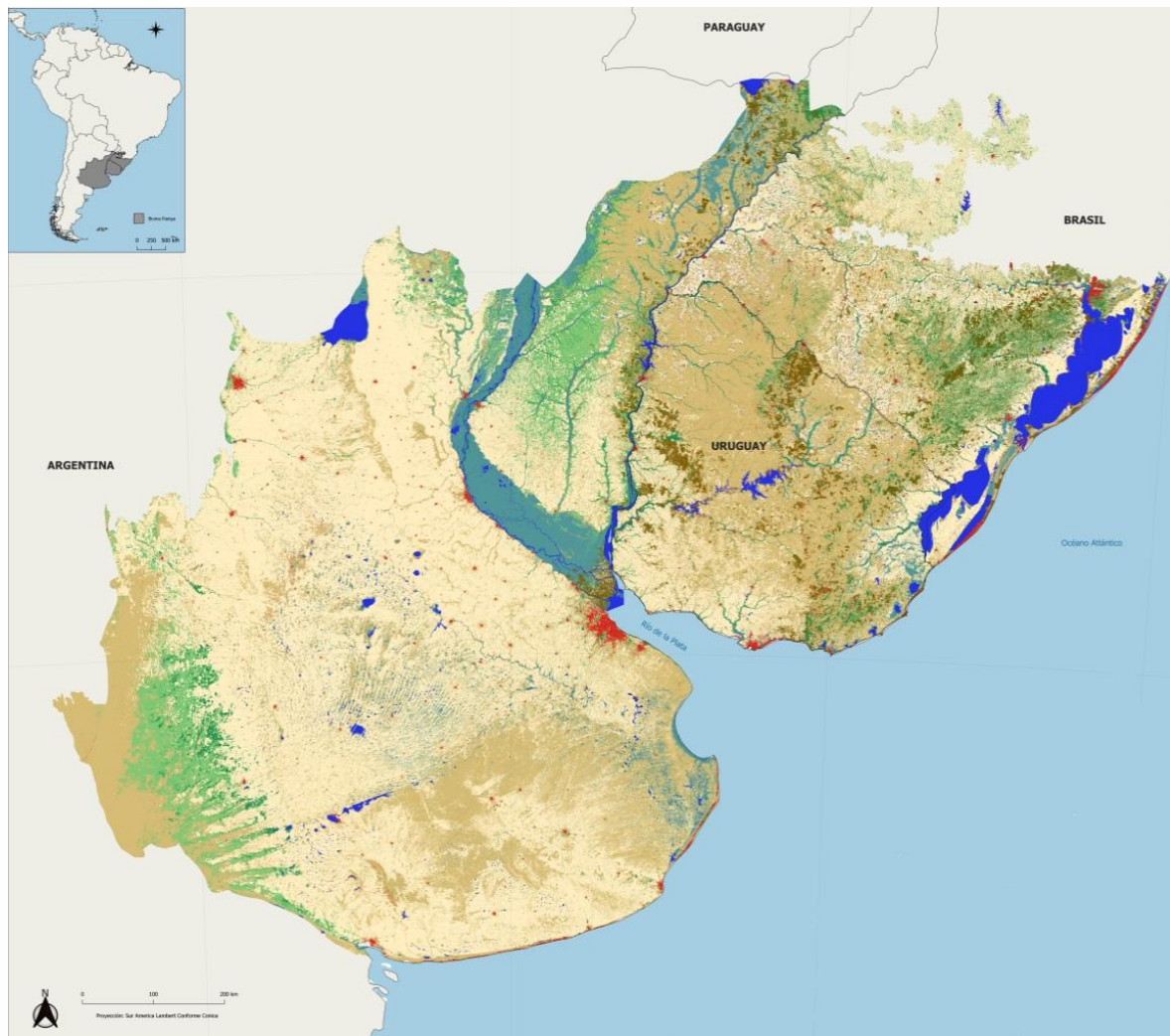


Figura 1: Mapa de localização do Pampa e área de trabalho. Fonte: Modificado de Mapa de cobertura e uso da terra Pampa trinacional, MapBiomias 2022.

No Brasil a ocorrência é restrita à região sul do estado do Rio Grande do Sul, ao norte do estado faz limite com o bioma Mata Atlântica, onde é comum a ocorrência de ecótonos de uma vegetação com predominância de espécies arbóreas para uma fitofisionomia dominada por herbáceas. No Brasil o Pampa tem uma área de 19,4 milhões de hectares, o que corresponde a 18% do Pampa Sul-Americano, 69% do Rio Grande do Sul e 2,07% do país (MapBiomias, 2022, MMA, 2022; PROBIO, 2007). Na Argentina o

Pampa compreende a região ao sul do rio da Prata com um área de 72 milhões de hectares, 66% do Pampa Sul-Americano (MapBiomas, 2022) no Uruguai em compreende 17,8 milhões de hectares sendo 16% do Pampa Sul-Americano (MapBiomas, 2022).

O Pampa é classificado segundo Köppen-Geiger (Kottek et al. 2006) majoritariamente como Cfa (subtropical úmido) e Cfb (oceânico), características de clima temperado, com estações bem definidas, verões quentes ou amenos, invernos frios e precipitação distribuída ao longo do ano.

2.2 Dados de ocorrência das espécies

As espécies vegetais, em sua maioria endêmicas do bioma Pampa foram selecionadas utilizando o site Flora e Funga do Brasil (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br>), utilizando os critérios de busca de ocorrência (só ocorre em), domínio fitogeográfico (Pampa) e forma de vida (árvore) resultando nas quatro espécies do trabalho:

1- *Astronium balansae* (Engl.) Santin, da família Anacardiaceae; **2-** *Citharexylum montevidense* (Spreng.) Moldenke, da família Verbenaceae; **3-** *Euploca ocellata* (Cham.) J.I.M.Melo & Semir, da família Heliotropiaceae; e **4-** *Xylosma schroederi* Sleumer ex Herter, da família Salicaceae.

As coordenadas geográficas de ocorrência de cada uma das espécies foram retirados das bases de dados *Specieslink* (<https://specieslink.net/search/>), do Centro de Referência em Informações Ambientais-CRIA (<https://www.cria.org.br/>) e GBIF- *Global Biodiversity Information Facility* (<https://www.gbif.org/>).

2.3 Tratamento dos dados climáticos

As camadas climáticas históricas e para os cenários futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100) foram obtidas na base de dados WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/bioclim.html>), numa resolução de 30s (pixels de aproximadamente 1 km²).

A seleção das camadas foi realizada através de uma análise de autocorrelação com auxílio do pacote SAMTools implementado no ArcGis 10.8 (<https://www.esri.com/about/newsroom/announcements/esri-releases-guide-teaching-arcgis-desktop-10-8/>). As camadas ambientais selecionadas foram: **Bio 5** (temperatura máxima do mês mais quente), **Bio 6** (temperatura mínima do mês mais frio), **Bio 15**

(sazonalidade da precipitação), **Bio 16** (precipitação do trimestre mais chuvoso), Bio 17 (precipitação do trimestre mais seco) e **Elevação**. Cada camada foi recortada para uma máscara que limitava a criação dos modelos para a porção centro-sul da América do Sul, a qual engloba o pampa e áreas adjacentes para as quais poderia ser indicada a ocorrência das espécies (Fig. 2). Todas as camadas foram preparadas para as análises de maneira usual no ArcGis 10.8.

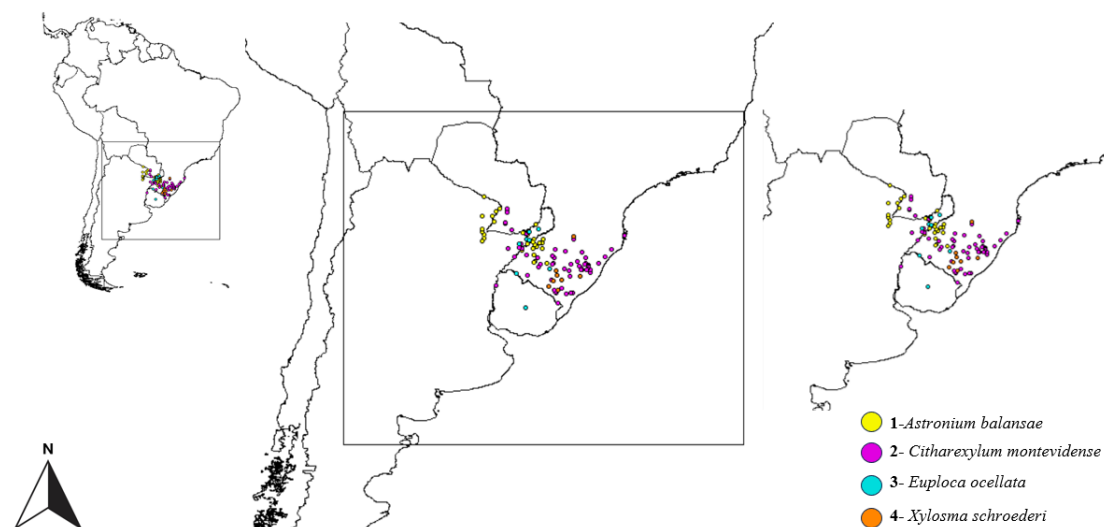


Figura 2: Mapa da América do Sul com destaque do Pampa, para a máscara utilizada e para as localizações das cinco espécies de árvores incluídas no estudo. Fonte: SpeciesLink.

2.4 Análises de modelagem

Para a criação dos modelos, utilizamos o software *MaxEnt* versão 3.4.4 (Phillips et al. 2005), que estima a probabilidade de ocorrência de uma espécie em função de suas limitações ambientais, com base em dados de presença e camadas de variáveis ambientais da área de estudo.

As áreas de provável ocorrência das espécies indicadas para cada modelo foram calculadas no Arcgis 10.8, utilizando como limiar de corte o *Maximum training sensitivity plus specificity logistic threshold*. Os valores das áreas de provável ocorrência de cada modelo foram ainda subtraídos pelas áreas nas quais atividades antrópicas como cidades e áreas agropastoris estão atualmente implantadas. Além disso, verificamos a proporção das prováveis áreas das espécies que atualmente são protegidas por unidades de conservação ou estão inseridas em áreas de reserva indígena ou quilombola. Embora essas áreas estejam sujeitas a impactos antrópicos, estudos indicam que elas podem ser mais

conservadas do que áreas fora de unidades de conservação (MapBiomas 2025). As áreas quilombolas, indígenas e antropizadas foram obtidas na base de dados MapBiomas Pampa (<https://pampa.mapbiomas.org>), utilizando a coleção 4.0 e dados de 2023.

3. Resultados

As análises de distribuição de espécies sob os diferentes cenários temporais (2041-2060 e 2081-2100) e climáticos de concentração de gases de efeito estufa (SSP3-7.0 e SSP5-8.5) revelaram uma variação na área de ocorrência das espécies estudadas. Os resultados que ilustram essas variações estão apresentados na Tabela 1. A espécie *Astronium balansae* (Fig. 3) apresenta um aumento expressivo em sua distribuição sob ambos os cenários e períodos futuros, com 589.565,76 km² para o SSP3-7.0 no período 2041-2060, e um aumento para 795.168,25 km² no período 2081-2100. No cenário SSP5-8.5, os valores foram de 593.869,97 km² em 2041-2060 e 960.065,43 km² em 2081-2100, quando comparados à distribuição atual de 344.781,04 km².

Citharexylum montevidense (Fig. 4) demonstra uma redução em sua distribuição sob o cenário SSP5-8.5, com valores de 404.743,64 km² (2041-2060) e 399.261,74 km² (2081-2100), em relação à sua distribuição atual de 457.214,47 km². Sob o cenário SSP3-7.0, observa-se uma leve redução no período 2041-2060 (445.408,97 km²) e um aumento discreto no período 2081-2100 (411.884,12 km²).

Euploca ocellata (Fig. 5) apresenta um aumento significativo em sua distribuição sob ambos os cenários e períodos futuros. Sob o cenário SSP3-7.0, houve um aumento para 200.452,62 km² em 2041-2060 e 755.291,81 km² em 2081-2100. No cenário SSP5-8.5, os valores aumentaram significativamente para 309.372,10 km² em 2041-2060 e 759.306,18 km² em 2081-2100, quando comparados à distribuição atual de 138.651,65 km².

Xylosma schroederi (Fig. 7) demonstra uma relativa estabilidade em sua distribuição sob os diferentes cenários e períodos futuros, com valores próximos à sua distribuição atual de 161.396,73 km². Sob o cenário SSP3-7.0, houve uma ligeira redução para 158.882,94 km² em 2041-2060 e 140.874,64 km² em 2081-2100. No cenário SSP5-8.5, os valores aumentaram para 176.706,05 km² em 2041-2060 e 187.524,43 km² em 2081-2100.

Tabela 1: Tabela 1: A distribuição em quilômetros quadrados (Km²) das espécies *A. balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. schroederi* no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100).

Espécies	Distribuição histórica	SSP3-7.0 2041-2060	SSP3-7.0 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
<i>A. balansae</i>	344.781,04	589.565,76	795.168,25	593.869,97	960.065,43
<i>C. montevidense</i>	457.214,47	445.408,97	411.884,12	404.743,64	399.261,74
<i>E. ocellata</i>	138.651,65	200.452,62	755.291,81	309.372,10	759.306,18
<i>X. schroederi</i>	161.396,73	158.882,94	140.874,64	176.706,05	187.524,43

Observando os resultado da contribuição percentual das duas variáveis climáticas e ambientais que mais foram significativas na distribuição das espécies sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100 (Tabela 2), vemos que a variável **Bio 17** (Precipitação do trimestre mais seco) foi a que mais contribuiu para a distribuição das espécies em todos os cenários e períodos analisados. A variável **Bio 5** (Temperatura máxima do mês mais quente) foi a segunda mais importante para a maioria das espécies especialmente para as espécies *Astronium balansae* e *Euploca ocellata*. A variável **elev** (elevação) foi relevante principalmente para *Citharexylum montevidense* e *Astronium balansae* no cenário SSP5-8.5 (2081-2100). A variável **Bio 15** (sazonalidade da precipitação) foi especialmente relevante para *Xylosma schroederi*.

Tabela 2: Contribuição percentual das duas variáveis climáticas e ambientais que mais foram significativas na distribuição das espécies *Astronium balansae*, *Citharexylum montevidense*, *Euploca ocellata* e *Xylosma schroederi* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100. Os valores representam a importância relativa de cada variável na modelagem da distribuição dessas espécies. Na coluna “variável 1”, está a variável com maior contribuição percentual e ao lado direito o seu valor, na coluna “variável 2” a segunda variável que mais contribuiu e ao lado direito na coluna “contribuição percentual” o seu respectivo valor. Sendo que Bio 17 (Precipitação do trimestre mais seco), Bio 5 (Temperatura máxima do mês mais quente) e Bio 15 (sazonalidade da precipitação).

Espécie	Cenário	Variável 1	Contribuição Percentual	Variável 2	Contribuição Percentual
<i>A. balansae</i>	SSP3-7.0 (2041-2060)	Bio 17	60,4%	Bio 5	13,2%
	SSP3-7.0 (2081-2100)	Bio 17	63,5%	Bio 5	13,5%
	SSP5-8.5 (2041-2060)	Bio 17	60,9%	Bio 6	24,6%
	SSP5-8.5 (2081-2100)	Bio 17	63%	Elev	13,2%
<i>C. montevidense</i>	SSP3-7.0 (2041-2060)	Bio 17	73,5%	Elev	8,9%
	SSP3-7.0 (2081-2100)	Bio 17	74%	Elev	8,4%
	SSP5-8.5 (2081-2100)	Bio 17	74,6%	Bio 15	57,5%
	SSP5-8.5 (2081-2100)	Bio 17	74,3%	Elev	10,1%
<i>E. ocellata</i>	SSP3-7.0 (2041-2060)	Bio 17	52,3%	Bio 5	26,6%
	SSP3-7.0 (2081-2100)	Bio 17	51,4%	Bio 5	27,3%
	SSP5-8.5 (2041-2060)	Bio 17	55,3%	Bio 15	54,2%
	SSP5-8.5 (2081-2100)	Bio 17	51,2%	Bio 5	26,6%
<i>X. schroederi</i>	SSP3-7.0 (2041-2060)	Bio 17	58%	Bio 15	38,4%
	SSP3-7.0 (2081-2100)	Bio 17	57,9%	Bio 15	38,4%
	SSP5-8.5 (2041-2060)	Bio 17	61,9%	Bio 15	90,9%
	SSP5-8.5 (2081-2100)	Bio 17	55,7%	Bio 15	40,5%

Todas as espécies analisadas tem a sua área protegida (Tabela 3) no máximo 2%. Em contraste a isso a área antropizada (Tabela 4) é significativamente maior, chegando até a 30% da área total, indicando um alto impacto antrópico sobre os habitats dessas espécies.

No cenário 5-8.5 as áreas totais e as áreas antropizadas tendem a ser maiores em comparação com o cenário 3-7.0, especialmente no período 2081-2100, como para a espécie *Astronium balansae*, a área total aumenta de 589.565,76 (3-7.0, 2041-2060) para 960.065,43 (5-8.5, 2081-2100), enquanto a área antropizada aumenta de 62.166,87 para 146.309,66, já a área protegida fica em apenas 1% da área total.

A área antropizada é uma fração significativa da área total em todos os cenários. Por exemplo, para *Citharexylum montevidense*, a área antropizada varia de 88.727,56 (cenário atual) a 104.381,39 (3-7.0, 2081-2100).

Tabela 3: Áreas protegidas (em km²) das espécies *A. balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. Schroederi* no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100).

Espécies	Distribuição histórica	SSP3-7.0 2041-2060	SSP3-7.0 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
<i>A. balansae</i>	3.072,66	4.473,30	6.014,78	4.962,82	10.693,15
<i>C. montevidense</i>	5.851,48	6.014,78	6.057,77	5.647,00	5.792,94
<i>E. ocellata</i>	1.248,03	989,86	4.162,40	1.636,74	4.196,93
<i>X. schroederi</i>	2.087,21	1.771,70	2.106,23	2.268,78	3.158,24

Tabela 4: Áreas antrópicas (em km²) das espécies *A. balansae*, *C. montevidense*, *E. Ocellata* e *X. Schroederi* no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100).

Espécies	Distribuição histórica	SSP3-7.0 2041-2060	SSP3-7.0 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
<i>A. balansae</i>	42.607,66	2.166,87	100.530,27	67.647,40	146.309,66
<i>C. montevidense</i>	88.727,56	95.103,91	104.381,39	90.781,84	103.964,07
<i>E. ocellata</i>	35.033,12	35.260,52	105.508,56	48.857,62	106.018,02
<i>X. schroederi</i>	44.412,17	40.521,42	40.746,40	48.897,91	56.510,18

A distribuição potencial remanescente foi calculada subtraindo as áreas antropizadas da distribuição total para cada cenário e espécie (Tabela 5), obtendo assim a área real potencialmente disponível para a expansão da espécie. Por exemplo, a espécie *X. schroederi* que no cenário 5-8.5 (2081-2100) tem uma área de 187.524,43 e após o cálculo apenas 131.014,25.

Tabela 5: Cálculo da distribuição potencial remanescente (em km²) das espécies *A. balansae*, *C. montevidense*, *E. ocellata* e *X. schroederi*, no período atual e sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 (2041-2060 e 2081-2100) e SSP5-8.5 (2041-2060 e 2081-2100).

Espécies	Distribuição histórica	SSP3-7.0 2041-2060	SSP3-7.0 2081-2100	SSP5-8.5 2041-2060	SSP5-8.5 2081-2100
<i>A. balansae</i>	302.173,38	545.153,59	694.637,98	526.222,57	813.755,77
<i>C. montevidense</i>	368.486,91	527.398,89	307.502,73	313.961,80	295.297,67
<i>E. ocellata</i>	103.618,53	350.305,06	649.783,24	260.514,49	653.288,16
<i>X. schroederi</i>	116.984,56	118.361,52	100.128,23	127.808,13	131.014,25

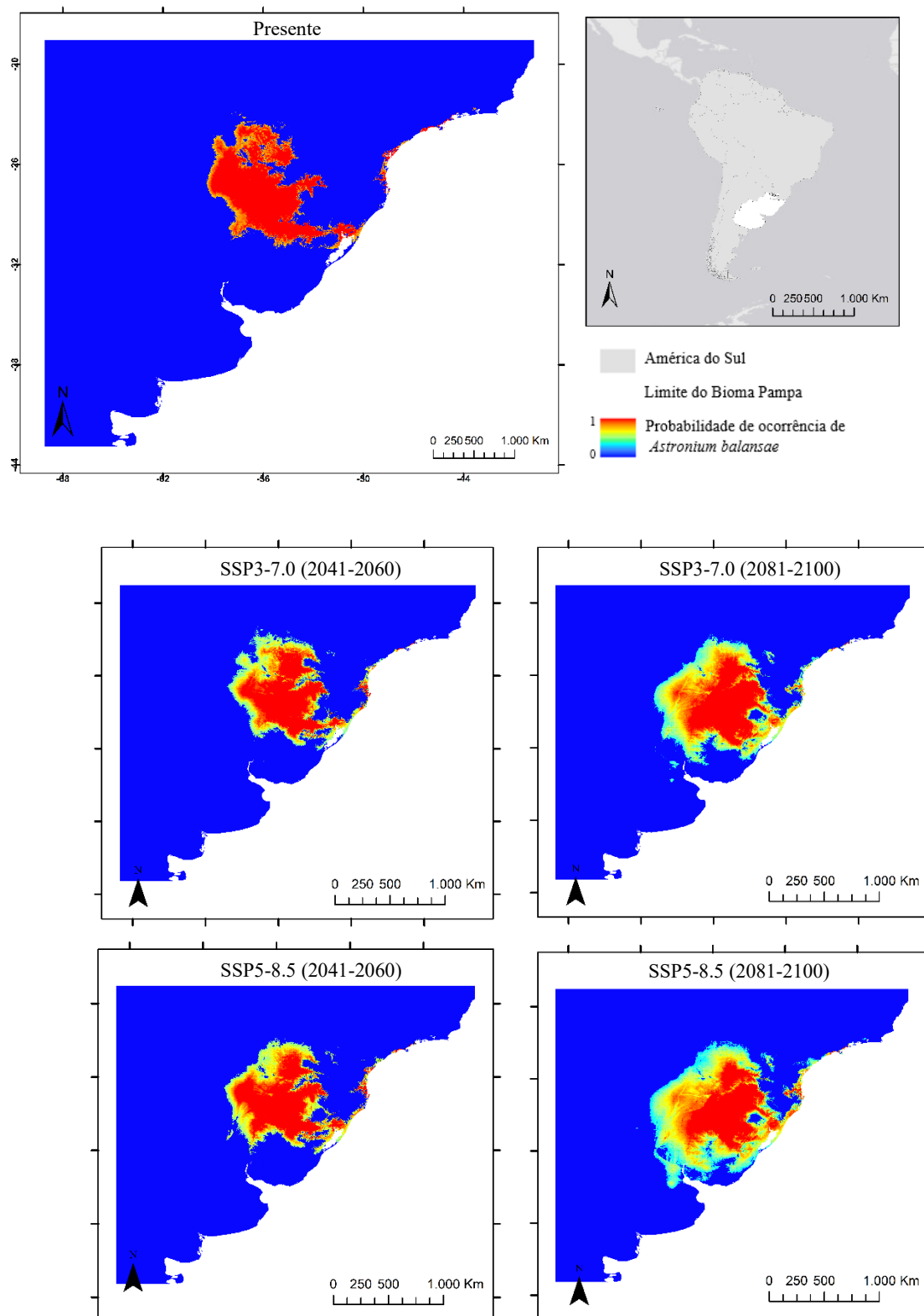
Distribuição de *Astronium balansae* nos diferentes cenários:

Figura 3: Distribuição geográfica de *Astronium balansae* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência).

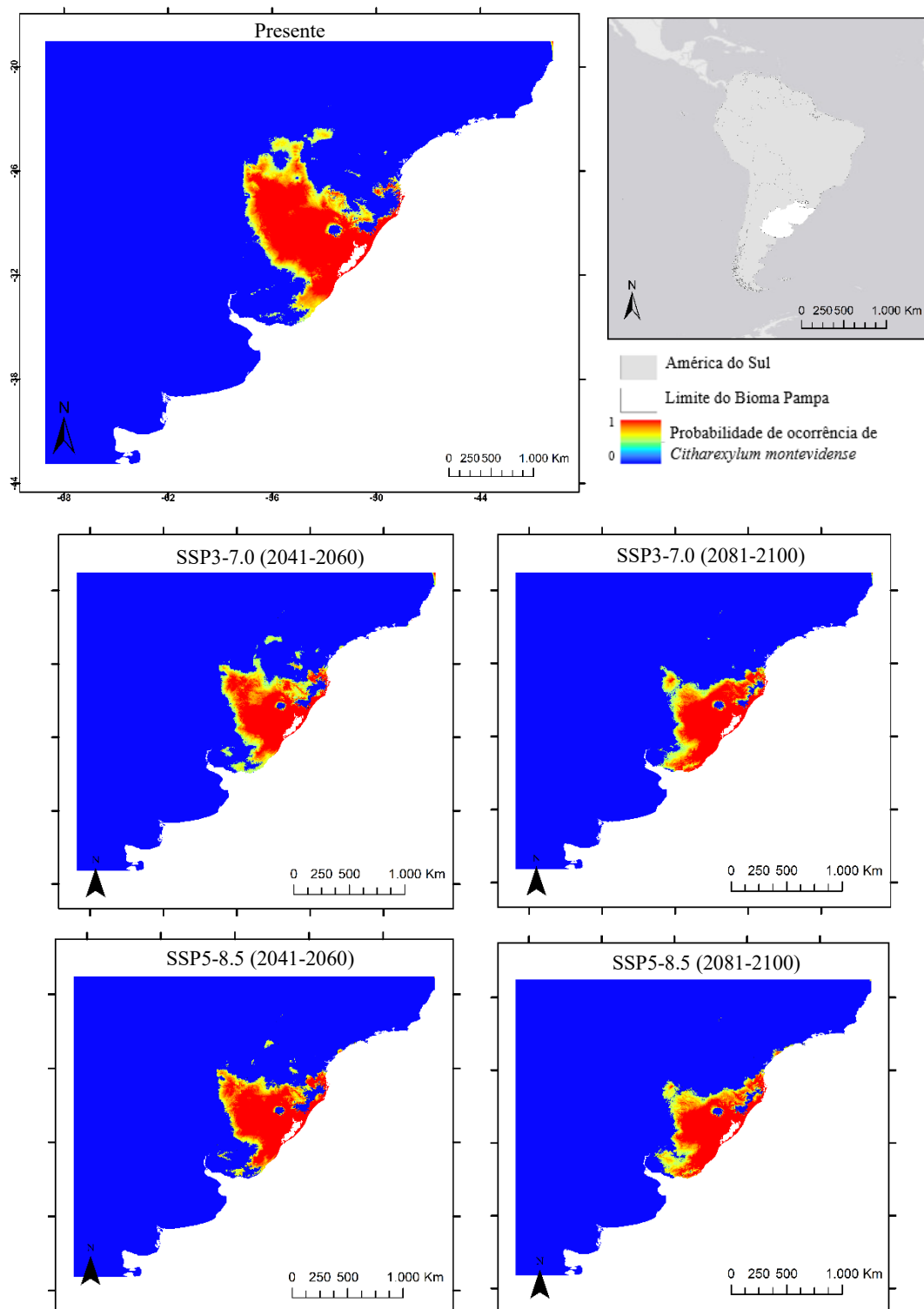
Distribuição de *Citharexylum montevidense* nos diferentes cenários:

Figura 4: Distribuição geográfica de *Citharexylum montevidense* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência).

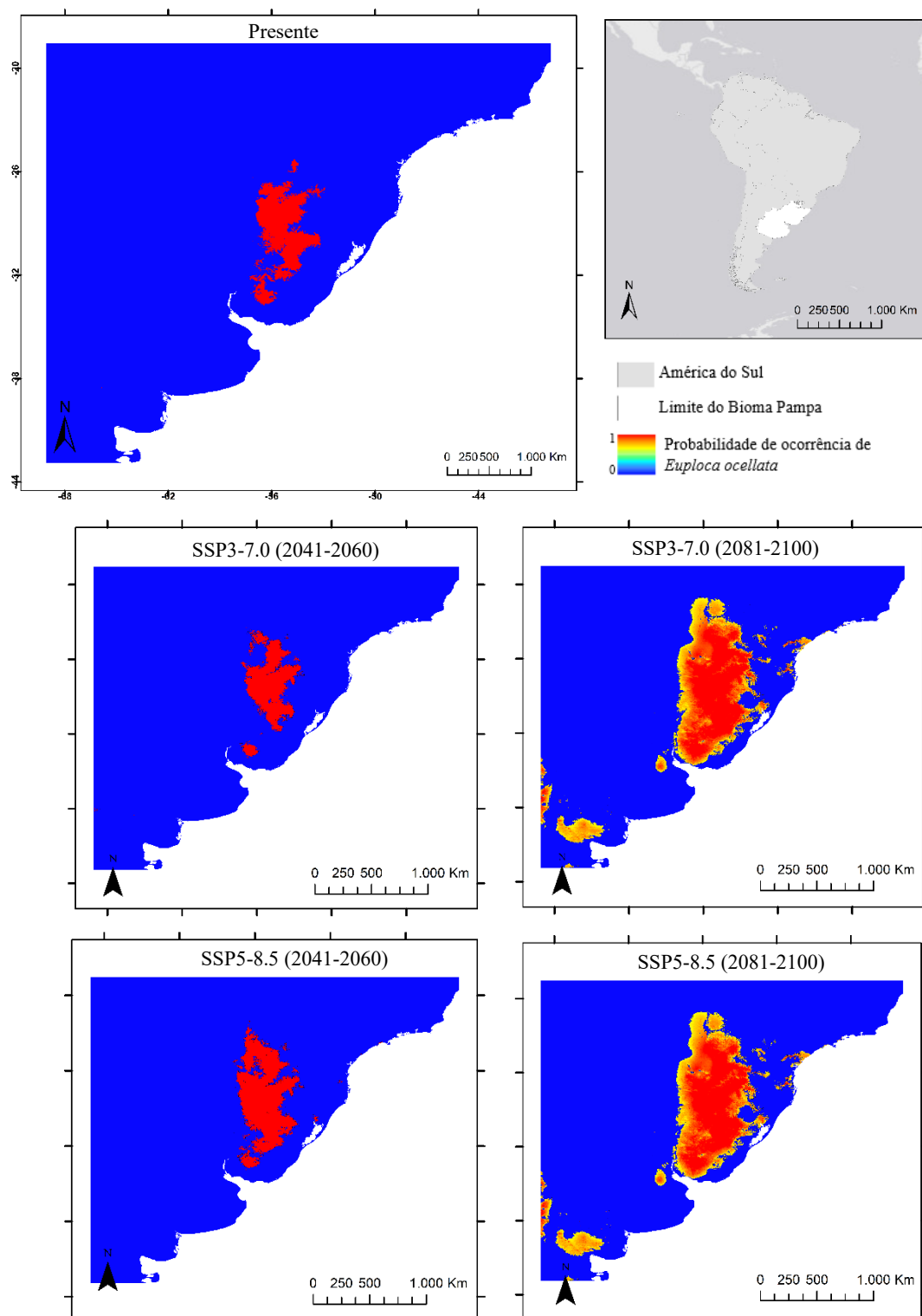
Distribuição de *Euploca ocellata* nos diferentes cenários:

Figura 5: Distribuição geográfica de *Euploca ocellata* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência).

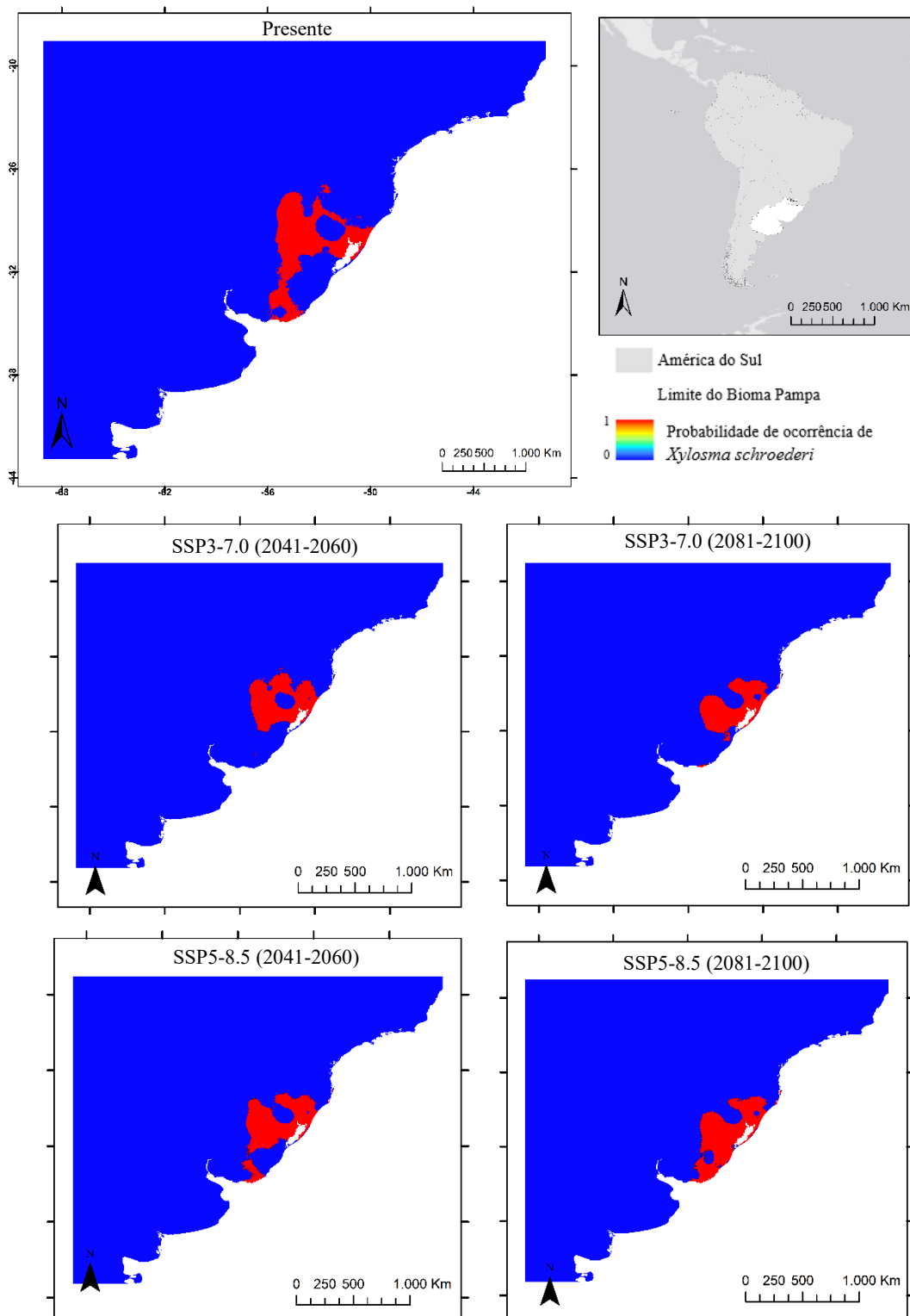
Distribuição de *Xylosma schroederi* nos diferentes cenários:

Figura 6: Distribuição geográfica de *Xylosma schroederi* sob os cenários climáticos futuros SSP3-7.0 e SSP5-8.5, para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100, em comparação com a distribuição atual (Presente). As áreas coloridas representam a distribuição potencial da espécie para o bioma Pampa (sendo que quanto mais vermelho maior a probabilidade de ocorrência).

4. Discussão

Os resultados deste estudo evidenciaram que as mudanças climáticas, representadas pelos cenários SSP3-7.0 e SSP5-8.5, têm impactos variados na distribuição das espécies que foram analisadas. A espécie *Astronium balansae* apresentou um aumento expressivo em sua área de ocorrência sob ambos os cenários e períodos futuros, sugerindo assim uma possível adaptação ou expansão sob as novas condições climáticas. Da mesma forma, a espécie *Euploca ocellata* demonstrou um aumento significativo em sua distribuição, indicando uma resposta positiva às mudanças climáticas, possivelmente devido à sua capacidade de ocupar novos habitats favoráveis (Urban et al., 2016). Esse padrão é consistente com estudos que indicam que algumas espécies podem se beneficiar com as mudanças climáticas, expandindo o seu nicho ecológico em resposta às novas condições ambientais disponíveis (Bellard et al., 2012). Peralta et al. (2024) também encontrou uma projeção de expansão na distribuição potencial das espécies, com padrões heterogêneos nas mudanças de distribuição.

Por outro lado, a espécie *Xylosma schroederi* apresentou reduções em suas áreas de distribuição potencial, o que pode indicar impactos negativos das mudanças climáticas. Esses resultados estão alinhados com os estudos que mostram que muitas espécies podem sofrer reduções em sua distribuição devido aos aumentos de temperaturas e as mudanças nos padrões de precipitação (Parmesan & Yohe, 2003).

Até mesmo espécies que possivelmente poderiam se beneficiar e expandir a sua distribuição potencial com temperaturas mais elevadas e uma maior propensão à seca, foi prevista uma redução em clima favorável, onde as alterações climáticas vão se tornar um dos principais impulsionadores do risco de extinção dos cactos, sendo que 60-90% das espécies avaliadas foram afetadas negativamente pelas alterações climáticas (Pillet et al., 2022).

A espécie *Citharexylum montevidense* mostrou uma resposta mista, com variações dependendo do cenário e período analisado, o que pode refletir sua sensibilidade para as diferentes condições climáticas e sua capacidade limitada de dispersão (Thuiller et al., 2008). As mudanças climáticas afetam as plantas de várias maneiras, além das alterações na distribuição, como a redução da disponibilidade de água, o aumento do estresse térmico e também impactos sobre a interação entre plantas e polinizadores (Garcia et al. 2014). E o Pampa pode sofrer aumentos de temperatura e alterações nos padrões de chuva (Boulanger et al. 2006).

A identificação de áreas de alta adequabilidade para espécies como *Astronium balansae* e *Euploca ocellata* sob cenários futuros pode orientar esforços de conservação, especialmente em regiões onde essas espécies estão atualmente subrepresentadas em unidades de conservação. Por outro lado, a redução na distribuição de *Xylosma schroederi* alerta para a necessidade de medidas de mitigação e proteção dessas espécies em áreas onde estão atualmente presentes. O que reforça a importância das estratégias de conservação adaptativas, que vão considerar as mudanças climáticas e suas implicações para a biodiversidade (Hannah et al., 2007).

A importância das variáveis climáticas, como temperatura e precipitação, corrobora com outros estudos que destacam a sua influência na sobrevivência e distribuição das espécies vegetais (Elith & Leathwick, 2009). E também com estudos que identificaram as mudanças climáticas como um fator crítico na redistribuição das espécies (Bellard et al., 2012).

O Pampa é um bioma negligenciado, apesar de sua alta biodiversidade. A expansão agrícola e a pecuária extensiva têm levado à fragmentação de habitats e à perda de espécies nativas (Overbeck et al. 2007). Somados aos impactos das mudanças climáticas ainda temos os impactos da agricultura e pecuária sobre a vegetação nativa (Boldrini; 2009). Por isso se têm uma necessidade de restaurar ecossistemas campestres, como o Pampa (Overbeck et al. 2013).

Muitas áreas críticas para a biodiversidade ainda não estão adequadamente protegidas. (Maxwell, et al. 2020). A proteção das espécies é insuficiente sendo que apenas 1% da área total das espécies analisadas está protegida. Mesmo que algumas áreas protegidas tenham aumentado, esses aumentos não são eficazes na proteção da biodiversidade, especialmente em regiões com alta pressão antrópica, pois o Pampa sofre de um escassez de Unidades de Conservação, que tem apenas 0,3% de sua área protegida por esses instrumentos legais (Teixeira Filho, Winckler; 2020).

A qualidade das áreas protegidas é tão importante quanto a quantidade (Geldmann, et al. 2021). A implementação efetiva, gestão inadequada e pressões humanas contínuas, o que limita sua capacidade de conservar a biodiversidade.

O fato das áreas antropizadas chegar a 30% da área total das espécies analisadas está alinhado com outros estudos que mostram o crescente impacto antrópico sobre os ecossistemas naturais, que demonstraram que mais de 75% da superfície terrestre do planeta já foi significativamente alterada por atividades humanas, como agricultura,

urbanização e exploração de recursos naturais. Isso tem levado à perda de habitat e à fragmentação de ecossistemas, ameaçando a sobrevivência de muitas espécies (Williams et al. 2020).

A expansão agrícola e a urbanização continuam a ser os principais fatores da perda de biodiversidade. A demanda global por alimentos e recursos naturais continuará a crescer, especialmente em cenários de altas emissões, colocando ainda mais pressão sobre os ecossistemas naturais. (Tilman et al. 2017). A conversão de habitats naturais para agricultura e a silvicultura são os principais motores da perda de biodiversidade (Lawrence et al. 2019). Segundo Urban et al. (2016), em cenários de altas emissões, muitas espécies vão enfrentar "dívidas de extinção", onde os impactos das mudanças climáticas e da perda de habitat vão se acumulam ao longo do tempo, levando assim a extinções futuras.

5. Conclusão

Este estudo destaca os efeitos das mudanças climáticas na distribuição de espécies vegetais, que são importantes para estratégias de conservação em um contexto de mudanças globais. Os resultados reforçam a necessidade de considerar variáveis climáticas e bióticas das espécies e destacam a importância de considerar as diferentes respostas das espécies às mudanças climáticas para orientar estratégias de conservação e gestão ambiental, além de destacar a urgência de ações de conservação para espécies endêmicas. A contribuição deste estudo para o campo da ecologia e conservação reside na identificação dos padrões de respostas das espécies às mudanças climáticas, oferecendo uma base para futuras pesquisas e políticas de conservação.

A análise dos dados mostra que as áreas protegidas atuais são insuficientes para garantir a conservação das espécies analisadas, especialmente diante do alto impacto antrópico e das mudanças climáticas. A expansão de áreas protegidas, a gestão integrada de paisagens e a adoção de políticas de conservação baseadas em evidências são estratégias essenciais para mitigar esses impactos. A literatura científica recente fornece um forte embasamento para essas ações, destacando a urgência de abordagens multifacetadas para a conservação da biodiversidade em um mundo em rápida mudança.

6. Referências Bibliográficas

Andrade, Bianca O. et al. Classification of South Brazilian grasslands: Implications for conservation. *Applied Vegetation Science*, v. 22, n. 1, p. 168-184, 2019.

Barton, Kasey E.; Fortunel, Claire. Island plant functional syndromes and competition with invasive species. *Journal of Biogeography*, v. 50, n. 4, p. 641-653, 2023.

Behling, Hermann et al, Late-Holocene fire history in a forest-grassland mosaic in southern Brasil: Implications for conservation, *Applied Vegetation Science*, v. 10, n. 1, p. 81–90, 2007.

Bellard, Céline et al. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology letters*, v. 15, n. 4, p. 365-377, 2012.

Boldrini, I.I. A flora dos Campos do Rio Grande do Sul. In: Campos Sulinos: Conservação e uso sustentável da biodiversidade (eds) Pillar, V.P., Müller, S. C., Castilhos, Z. M. e Jacques, A.V.). MMA Brasília DF. p. 63-77, 2009.

Boullanger, Jean-Philippe; Martinez, Fernando; Segura, Enrique C. Projection of future climate change conditions using IPCC simulations, neural networks and Bayesian statistics. Part 2: precipitation mean state and seasonal cycle in South America. *Climate Dynamics*, v. 28, p. 255-271, 2007.

Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Diretoria do Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade - DCBio. Quarto Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010.

Calvin, Katherine et al. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland., p. 1-34, 2023.

Carstens, Bryan C.; Richards, Corinne L. Integrating coalescent and ecological niche modeling in comparative phylogeography. *Evolution*, v. 61, n. 6, p. 1439-1454, 2007.

CBD. Decision 15/4, Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. (KMGBF, GBF.) Convention on Biological Diversity (CDB), Conference of Parties, 15 th (CoP-15), Part II, Montreal, Canada, 7-19 Dec.2022. (CBD/COP/DEC/15/4; 19 Dec. 2022.) Disponível em:<<https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>>. Último acesso em: mar. de 2024.

Elith, Jane; Leathwick, John R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, v. 40, n. 1, p. 677-697, 2009.

Ellwanger, Ioel Henrique et al., Protect Brazil's overlooked Pampa biome. *Science* 377,720-720 (2022). DOI:10.1126/science.ade1838.

Ewers, Robert M.; Didham, Raphael K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological reviews*, v. 81, n. 1, p. 117-142, 2006.

Gabriel, Alice Poche; da Silva, Franciele; Foletto, Eliane Maria, Áreas Protegidas do Pampa-Argentina, Brasil e Uruguai: análise da distribuição espacial e correlação das diferentes categorias, *Geografia (Londrina)*, v. 30, n. 2, p. 129–147, 2021.

Gallagher, R. V., et al. "Global shortfalls in extinction risk assessments for endemic flora." *BioRxiv*, 2020.

Garcia, Raquel A., et al. "Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity." *Science* 344.6183, 2014.

Geldmann, Jonas et al. Essential indicators for measuring site-based conservation effectiveness in the post-2020 global biodiversity framework. *Conservation Letters*, v. 14, n. 4, p. e12792, 2021.

Guisan, Antoine; Thuiller, Wilfried. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.

Hannah, Lee et al. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 5, n. 3, p. 131-138, 2007.

Hasenack, H. (org.) Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa. In: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Sumário Executivo do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF. 2006.

Kamino, Luciana Hiromi Yoshino et al. Reassessment of the extinction risk of endemic species in the Neotropics: how can modelling tools help us. *Natureza & Conservação*, v. 10, n. 2, p. 191-198, 2012.

Kougioumoutzis, Konstantinos et al. Extinction risk assessment of the Greek endemic flora. *Biology*, v. 10, n. 3, p. 195, 2021.

Kottek, Markus et al. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. 2006.

Lawrence TJ, Stedman RC, Morreale SJ, Taylor SR. Rethinking Landscape Conservation: Linking Globalized Agriculture to Changes to Indigenous Community-Managed Landscapes. *Tropical Conservation Science*. 2019. doi:10.1177/1940082919889503.

Leuzinger, Márcia Dieguez; Santana, Paulo Campanha; Souza, Lorene Raquel de. Os 20 anos da lei do sistema nacional de unidades de conservação. Brasília:UniCEUB, 433 p.2020.

Tilman, David et al. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, v. 546, n. 7656, p. 73-81, 2017.

Malcolm, Jay R. et al. Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation biology*, v. 20, n. 2, p. 538-548, 2006.

MapBiomias Pampa-. Cobertura y uso del suelo MapBiomias Pampa 1985 - 2023. Disponível em: https://pampa.mapbiomas.org/wpcontent/uploads/sites/9/2024/12/Factsheet_Pampa_C4_13.12_v3.pdf. (Acessado em: ago de 2024).

MapBiomias – Mapeamento anual de cobertura e uso da terra no Brasil entre 1985 a 2022 – Coleção 8, acessado em 14/02/2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/12/FACT_MapBiomias_Quilombos_18.12.pdf>.

Marengo, José A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Ministério Do Meio Ambiente Secretaria de Biodiversidade EF, 2006.

Maxwell, S.L., Cazalis, V., Dudley, N. et al. Area-based conservation in the twenty-first century. *Nature* 586, 217–227, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2773-z>.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Lei Nº. 9.985, de 18 de julho de 2000. Decreto Nº. 4.340, de 22 de agosto de 2002. 2. Ed. Aumentada. Brasília: MMA/SBF.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. Pampa. 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomias/pampa>>. Acesso em: nov de 2024.

Morrone, J. J. Biogeografía de América Latina y el Caribe. M&T–Manuales & Tesis SEA, vol. 3. Zaragoza, 148 pp, 2001.

Overbeck, Gerhard E. et al. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 9, n. 2, p. 101-116, 2007.

Overbeck, Gerhard E., et al. "Restoration ecology in Brazil-time to step out of the forest." 2013.

Overbeck, Gerhard E. et al. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and distributions*, v. 21, n. 12, p. 1455-1460, 2015.

Overbeck, Gerhard E. et al., Brazil's natural grasslands under attack. *Science* 384, 168-169, 2024. DOI:10.1126/science.adp4923.

Papes, M.; Gaubert, Philippe. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and distributions*, v. 13, n. 6, p. 890-902, 2007.

Pardini, Renata et al. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. *PloS one*, v. 5, n. 10, p. e13666, 2010.

Parmesan, Camille; YOHE, Gary. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *nature*, v. 421, n. 6918, p. 37-42, 2003.

Peterson, Garry D. et al. Welcoming different perspectives in IPBES. *Ecology and Society*, v. 23, n. 1, 2018.

Peralta, Patricia A. et al. Facing climate change: Range dynamics and chromosome diversity in *Hedeoma multiflora* Benth., a South American aromatic-medicinal plant at risk. *Flora*, v. 315, p. 152519, 2024.

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.

Pillet, Michiel et al. Elevated extinction risk of cacti under climate change. *Nature plants*, v. 8, n. 4, p. 366-372, 2022.

PROBIO. Cobertura Vegetal do Bioma Pampa–Relatório Técnico, 1st ed.; Ministério do Meio Ambiente: Brasília, Brazil, 2007.

RAD2021: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2021 - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2022 - 126 páginas. <http://alerta.mapbiomas.org>.

Rede de campos Sulinos. A agonia do Pampa: um panorama atual sobre a supressão da vegetação nativa campestre. Contribuição de pesquisadores da Rede Campos Sulinos, 2020.

Santos, Guilherme Neto, et al. "Dynamics of adult and regenerative tree species components in a cloud forest in the South Plateau of Santa Catarina state, Brazil." *Ciência Florestal* 31, 2021.

Silva, Clécio Danilo Dias et al. Diversity loss of epigeic Collembola after grassland conversion into Eucalyptus forestry in Brazilian Pampa Domain. *Diversity*, v. 14, n. 6, p. 490, 2022.

Tabarelli, Marcelo; Lopes, Ariadna V.; Peres, Carlos A. Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. *Biotropica*, v. 40, n. 6, p. 657-661, 2008.

Teixeira Filho, Althen; Winckler, Lilian Terezinha. *Anais do I Congresso sobre o Bioma Pampa*. 2020.

Thuiller, Wilfried et al. Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, v. 9, n. 3-4, p. 137-152, 2008.

Urban, Mark C. et al. Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science*, v. 353, n. 6304, p. aad8466, 2016.

Williams, Brooke A. et al. Change in terrestrial human footprint drives continued loss of intact ecosystems. *One Earth*, v. 3, n. 3, p. 371-382, 2020.