

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –
CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

**Lacunas do conhecimento, mudança climática e conservação
de *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker no Cerrado**

Autor: Denise Carolina Pfingstag
Orientadora: Dra. Levi Carina Terribile
Coorientador: Dr. Matheus de Sousa Lima Ribeiro

RIO VERDE – GO
MAIO - 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO

**Lacunas do conhecimento, mudança climática e conservação
de *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker no Cerrado**

Autor: Denise Carolina Pfingstag
Orientadora: Dra. Levi Carina Terribile
Coorientador: Dr. Matheus de Sousa Lima Ribeiro

Qualificação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde - Área de Concentração: Conservação dos Recursos Naturais.

RIO VERDE – GO
MAIO de 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

PD3951 Pfingstag, Denise Carolina
Lacunas do conhecimento, mudança climática e
conservação de *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker
no Cerrado / Denise Carolina Pfingstag; orientadora
Levi Carina Terribile; co-orientadora Matheus de
Sousa Lima Ribeiro. -- Rio Verde, 2022.
38 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em
Biodiversidade e Conservação) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Biodiversidade. 2. Cienciometria. 3.
Distribuição geográfica. 4. Lacuna Wallaceana. 5.
Unidades de Conservação. I. Terribile, Levi Carina
, orient. II. Lima Ribeiro, Matheus de Sousa , co-
orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

**Lacunas do conhecimento, mudança climática e
conservação de *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker no
Cerrado**

Autor: Denise Carolina Pfingstag
Orientador: Levi Carina Terribile

TITULAÇÃO: Mestre em Biodiversidade e Conservação – Área de Concentração em
Biodiversidade e Conservação

APROVADO em 31 de maio de 2022.

Dr. Wellington Hannibal Lopes
Avaliador interno
Universidade Estadual de Goiás -
UEG

Dr. Christiano Peres Coelho
Avaliador externo
Universidade Federal de Jataí - UFJ

Dra. Levi Carina Terribile
Presidente da Banca
IF Goiano/RV

Dedicatória

Ao meu filho Andrew Köster, você é meu grande milagre.

AGRADECIMENTOS

Gratidão profunda a Deus e as minhas crenças por me amparar durante essa jornada nas minhas inseguranças mais profundas de forma incondicional.

A minha família em especial ao meu marido Claiton Cebaldo Köster, amigo de todas as horas e em todas as situações, meu companheiro de vinte e dois anos.

Ao meu filho Andrew Köster, que é meu bem mais precioso e vem aprendendo desde cedo a importância da educação e do comprometimento consigo e com o próximo.

A minha orientadora Dra. Levi Carina Terribile, pessoa iluminada, de coração e bondade inestimáveis que se doa ao próximo, compartilha seu conhecimento, prepara e conduz seu aprendiz ao sucesso com autonomia e segurança. Obrigada pela sua maestria e excelência de ponta na condução da minha formação profissional.

Ao meu coorientador Dr. Matheus de Sousa Lima Ribeiro que contribuiu para minha formação profissional, me ensinando através de perguntas inquietantes e soluções pontuais.

Ao professor Dr. Wellington Hannibal que não mede esforços na hora de contribuir, sempre prestativo e disposto a solucionar os problemas.

A todos os professores do IFGoiano, pela dedicação e firmeza diante das inseguranças da pandemia, todos cumpriram seu papel com excelência, nos conduzindo em meio a tantas dúvidas, todos vocês acrescentaram na minha formação como docente.

A Dra. Maria Andréia Côrrea Mendonça que mediante tantos imprevistos manteve a ética e o bom senso, mesmo tendo falado comigo somente uma vez pessoalmente, confiou em meu trabalho e não poupou esforços na hora de me incentivar.

Ao professor Dr. Christiano Peres Coelho e ao seu grupo de pesquisa por compartilharem e contribuírem conosco com informações valiosas para conclusão desse trabalho.

A todas as pessoas que passaram por minha jornada, colegas, amigas, pessoas do bem, que contribuem para meu crescimento pessoal e profissional, vocês são o grande segredo do sucesso.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde, por me proporcionar a oportunidade de cursar o mestrado em Biodiversidade e Conservação.

A toda equipe do laboratório de Macroecologia da Universidade Federal de Jataí – Macrolab, Ecologia Teórica - diante da pandemia se colocou à disposição em ceder o espaço físico, materiais e meios para a realização da pesquisa.

A FAPEG pelo financiamento do projeto do qual este trabalho faz parte.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Denise Carolina Pfingstag, nasceu em São Carlos – SC em 01 de outubro de 1976. Concluiu o ensino médio no Colégio Cenecista de Concórdia, na cidade de Concórdia – SC em 1996. Graduada em Ciências Biológicas modalidade Licenciatura no ano de 2017, pela Universidade Federal de Goiás, campus Jataí. Pós-graduada pela Universidade Pitágoras Unopar em Educação com Ênfase nos Ensinos Fundamental II e Médio no ano de 2019. Em 2020 ingressou na pós-graduação Stricto Sensu, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação.

ÍNDICE

RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
INTRODUÇÃO GERAL.....	6
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	8
OBJETIVOS	9
GERAL.....	9
ESPECÍFICOS.....	9
CAPITULO I REVISÃO SISTEMÉTICA E LACUNAS DO CONHECIMENTO DO GÊNERO	
<i>THISMIA</i> GRIFFT; 1844 (THISMIACEAE).....	9
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÃO.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	21
CAPITULO II DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E IMPACTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA	
SOBRE <i>THISMIA PANAMENSIS</i> (STANDL.) JONKER (THISMIACEAE.....	24
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO.....	25
MATERIAIS E METODOS.....	27
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
CONCLUSÃO.....	34
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1 A. PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO GENERO <i>THISMIA</i>	16
FIGURA 1B. PRINCIPAIS FONTES CIENTIFICAS ONDE OS ESTUDOS FORAM REALIZADOS.....	16
FIGURA 2 A, B. VISÃO GERAL DOS AUTORES.....	17
FIGURA 3. VISÃO GERAL INSTITUIÇÕES AFILIADAS.....	18
FIGURA 4. PALAVRAS CHAVES MAIS FREQUENTES.....	19
FIGURA 5. NUMERO ESTUDOS LACUNAS DO CONHECIMENTO.....	20

CAPÍTULO II

FIGURA 1 A. <i>THISMIA PANAMENSIS</i>	30
FIGURA 1 B. REGISTROS DE OCORRENCIA DE <i>T. PANAMENSIS</i> NA REGIÃO NEOTROPICAL.....	31
FIGURA 2. ADEQUABILIDADE CLIMÁTICA E PONTOS DE OCORRENCIA.....	32

FIGURA 3 A. AREA POTENCIA DE OCORRENCIA DE <i>THISMIA PANAMENSIS</i> NOS CENÁRIOS FUTUROS.....	32
FIGURA 3 B VALORES MÉDIOS DE ADEQUABILIDADE CLIMÁTICA PARA <i>T. PANAMENSIS</i> NOS CENÁRIOS CLIMÁTICOS PRESENTE E FUTURO.....	33

TABELAS

CAPITULO I

TABELA I: CLASSIFICAÇÃO DOS ESTUDOS DE <i>THISMIA</i> QUANTO AS LACUNAS DO CONHECIMENTO SOBRE A BIODIVERSIDADE.....	15
---	----

CAPITULO II

TABELA I: INDICE DE REPRESENTAÇÃO DA ADEQUABILIDADE CLIMÁTICA PARA <i>THISMIA PANAMENSIS</i> EM AREAS PROTEGIDAS.....	33
---	----

RESUMO

PFINGSTAG, DENISE CAROLINA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2021. **Lacunas do conhecimento, mudança climática e conservação de *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker no Cerrado.** Orientadora: Dr.^a Levi Carina Terribile. Co-orientador: Dr. Matheus de Souza Lima-Ribeiro.

Prever o impacto das mudanças climáticas na distribuição das espécies e entender a sua representatividade nas unidades de conservação, inferirá sua preservação a longo prazo. Ações de conservação demandam primariamente do conhecimento sobre a distribuição das espécies envolvidas, e, por isso, as lacunas de conhecimento tem um impacto importante e decisivo nas estimativas dos status de ameaça e risco de extinção. A proposta deste estudo foi realizar uma abordagem cienciométrica para mapear e entender o status do conhecimento sobre o gênero *Thismia* e avaliar o impacto da mudança climática sobre a espécie *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker, a única espécie do gênero *Thismia* conhecida para o Cerrado. Foi realizada de uma investigação dos estudos científicos disponíveis para o gênero, levantados em bases de dados do Scopus e da Web of Science. Os artigos foram classificados quanto ao ano de publicação, filiação do autor, área de estudo e espécies mais estudadas. Para investigar a distribuição e o impacto da mudança climática em *T. panamensis* foram combinados os registros de ocorrência aos dados climáticos disponíveis em bases de dados, por meio da ferramenta de modelos de nicho ecológico (ou modelos de distribuição geográfica). Para finalizarmos, a partir dos resultados dos modelos de nicho, avaliamos como se distribuem espacialmente as áreas de adequabilidade climática em relação as unidades de conservação.

Palavras-chave: Biodiversidade, Cienciométrica, Distribuição geográfica, Lacuna Wallaceana, Unidades de Conservação.

ABSTRACT

PFINGSTAG, DENISE CAROLINA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, agosto de 2021. Knowledge gaps, climate change and conservation of *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker no Cerrado. Orientadora: Dr.^a Levi Carina Terribile. Co-orientador: Dr. Matheus de Souza Lima-Ribeiro.

Predicting the impact of climate change on the distribution of species and understanding their representation in protected areas will infer their long-term preservation. Conservation actions primarily demand knowledge about the distribution of the species involved, and, therefore, knowledge gaps have an important and decisive impact on estimates of threat status and extinction risk. The purpose of this study was to carry out a scientometric approach to map and understand the status of knowledge about the genus *Thismia* and to assess the impact of climate change on the species *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker, the only species of the genus *Thismia* known for the Cerrado. It was carried out from an investigation of the scientific studies available for the genre, collected in Scopus and Web of Science databases. The articles were classified according to the year of publication, author affiliation, study area and most studied species. To investigate the distribution and impact of climate change on *T. panamensis*, occurrence records were combined with climate data available in databases, using the ecological niche models tool (or geographic distribution models). Finally, from the results of the niche models, we evaluated how the areas of climatic suitability are spatially distributed in relation to the conservation units.

Keywords: Biodiversity, Scientometrics, Geographical distribution, Wallaceana gap, Conservation Units.

INTRODUÇÃO

O planeta Terra tem passado, desde sua formação, por oscilações climáticas cíclicas, sendo que as mais recentes ocorreram durante os ciclos glacial-interglacial no Quaternário resultando na perda de habitat, expansões e reduções do nível dos oceanos, produzindo mudanças nos ecossistemas e alterações significativas nos habitats e em sua composição específica (Gatti 2013). As mudanças climáticas naturais foram responsáveis por muitas extinções, no entanto, as predições indicam que as alterações climáticas, ocasionadas pelas atividades antrópicas, tem sido uma das principais ameaças à biodiversidade causando extinções locais em diferentes partes do mundo (Gatti 2013; Parmesan 2006). Visualizando um cenário geral na escala de tempo da humanidade, as ações antrópicas podem ser uma ameaça a biodiversidade, causando mudanças na paisagem e no clima, sendo que estamos destruindo espécies antes mesmo de começarmos entender suas origens e evolução (Hoorn et al., 2018).

Diante desse cenário, em resposta às flutuações climáticas, as distribuições de algumas espécies podem sofrer contrações, expansões ou podem se deslocar para habitats climaticamente mais favoráveis variando a região geográfica a ser ocupada (Parmesan, 2006). Ocasionalmente, a invasão desses novos territórios poderá causar modificações no número de indivíduos dessa população, desequilíbrio ambiental ou até mesmo extinções de todos os indivíduos devido às barreiras geográficas, adaptação, disponibilidade de recursos e predação (Parmesan 2006). Concomitante ao risco de perda de espécies, há o fato de que o conhecimento sobre a biodiversidade possui muitas lacunas. Por exemplo, estima-se que aproximadamente 40% das espécies Amazônicas nunca foram pesquisadas (Hortal et al., 2015). É razoável supor que essa mesma falta de conhecimento também ocorra no Cerrado, um bioma muito diverso mas sob ameaça pelo avanço da fronteira agrícola (Bini et al., 2006). O conhecimento da biodiversidade e distribuição das espécies está intimamente ligada a variação espacial e climática, sendo assim, pesquisas usando novas tecnologias e protocolos automatizados podem ajudar a diminuir a maioria dessas deficiências, aumentando a eficácia do esforço de amostragem em diversas áreas geográficas (Hortal et al., 2015). Uma das ferramentas utilizadas para auxiliar no mapeamento científico é a cienciometria, a qual pontua as características, tendências e lacunas da produção sobre o conhecimento científico (Macias-Chapula, 1998; Steckelberg et al., 2022, Carvalho et al., 2022).

O Cerrado é um dos 'hotspots' para a conservação da biodiversidade mundial (Myers et al. 2000) mas devido à ação de diversos fatores, como escassez de dados, conversão

de habitat muitas vezes causados pela atividade agrícola e pecuária de alta tecnologia, algumas espécies correm grande risco de desaparecer (Beni et al. 2006).

Um exemplo de que o conhecimento do Cerrado ainda é incipiente é o registro recente da espécie *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker para o bioma (Guilherme et al., 2016), encontrada no município de Jataí - sudoeste do estado de Goiás, no Brasil central, que representa a primeira ocorrência da família Thismiaceae no Cerrado brasileiro, e o primeiro registro dessa espécie para o Brasil. Trata-se de uma espécie micoheterotrófica por dependerem de relações com fungos micorrízicos para obtenção de carbono e outros nutrientes essenciais à sua sobrevivência (Azevedo, 2019; Coelho et al., 2021), mas cujo conhecimento sobre sua biologia e ecologia é escasso. Portanto, é importante ampliar o conhecimento da flora dos domínios do Cerrado (Guilherme et al., 2016), particularmente para essa espécie, visando reduzir as lacunas de conhecimento na região Neotropical e monitorar o impacto das mudanças climáticas nas áreas protegidas com alta adequabilidade para a ocorrência de *Thismia panamensis* em áreas de conservação. Conhecer a distribuição geográfica da espécie é essencial para desenvolver atividades de conservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, M. O. **Morfoanatomia e desenvolvimento de órgãos vegetativos e reprodutivos da espécie *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker Thismiaceae.** 54 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) apresentada ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde – GO. 2019.
- BINI, L. M., DINIZ-FILHO, J. A., RANGEL, T. F. L. V. B., BASTOS, R. P., PINTO, P. M., **Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot. Diversity and Distributions,** (Diversity Distrib.) 12, 475–482. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2006.00286. x. 2006.
- COELHO, C. P., SOUSA, I. P., SILVA, G. E., ROCHA, D. I., AZEVEDO, M. O., GUILHERME, F. A. G., **Ombrohydrochory in *Thismia panamensis* (Standley) Jonk: a mycoheterotrophic species in Brazilian Cerrado forests.** Plant Biology. INSS: 1435-8603. DOI:10.1111/plb.13250. 2021.
- CARVALHO, S. K. A. A., MORAIS, I. L., CALAÇA, F. J. S.; HANNIBAL, W., **Agaricales no Brasil: um panorama da produção científica, lacunas e tendências.** Research, Society and Development. ISSN 2525-3409 | DOI: 10.33448/rsd-v11i1.XXXXX. 2022.
- GATTI, ANDRESSA.; **Modelos de nicho, mudanças climáticas e a vulnerabilidade do clado *Perissodactyla* ao longo do tempo.** 52 f. Tese submetida ao Programa de Pós-

Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo.2013.

GUILHERME, F., GOMES, D., COELHO, C., SMIDT, E., & SOUZA, L. ***Thismia panamensis*: first record of Thismiaceae for the Brazilian Cerrado in Goiás state.** Check List, 12, 1. 2016.

HOORN, C., PERRIGO, A., ANTONELLI, A., **Mountains, Climate and Biodiversity: An Introduction.** John Wiley & Sons Ltd. LCCN 2017047780 (eBook).2018.

HORTAL, J.; BELLO, F.; DINIZ-FILHO, A. F.; LEWINSOHN, T. M.; LOBO, J. M.; LADLE, R.J.; **Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity.** Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 46:523–49. 2015.

MACIAS-CHAPULA, C. A. (1998). **O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional.** *Ciência da Informação*, 27 (2), 134-140.

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

PARMESAN, C. **Ecological and evolutionary responses to recent climate change.** Annual Review of Ecology and Systematics 37:637-669. 2006.

STECKELBERG, R. M. B.; PAULA, J. R. DE; ROMANO, C. A. & STECKELBERG, D. B. (2022). **Análise cienciométrica da produção científica sobre o gênero *Campomanesia Ruiz & Pav. (Myrtaceae)* e espécies mais estudadas – tendências de pesquisa envolvendo plantas nativas brasileiras.** Research, Society and Development, 11 (1), e19111124639.

OBJETIVOS

GERAL

Analisar o status do conhecimento sobre o gênero *Thismia* com foco especial na distribuição potencial de *Thismia panamensis*, e os impactos da mudança climática sobre sua distribuição e conservação no bioma Cerrado.

Específicos

Capítulo I. (1) Investigar o estado do conhecimento sobre a gênero *Thismia*, através de uma análise cienciométrica, visando identificar as principais tendências e lacunas do conhecimento sobre o gênero.

Capítulo II. (1) Mapear e prever a distribuição potencial de *T. panamensis* na região Neotropical, visando identificar locais no bioma Cerrado onde novos estudos de campo possam ser direcionados, assim reduzir a lacuna Wallaceana do conhecimento. (2) Avaliar o impacto da mudança climática na distribuição futura da espécie. (3) Avaliar a representatividade das áreas de ocorrência da espécie em unidades de conservação no presente e no futuro.

CAPÍTULO I – REVISÃO SISTEMÉTICA E LACUNAS DO CONHECIMENTO DO GÊNERO *THISMIA* GRIFFT, 1844 (THISMIACEAE).

Resumo

Ecossistemas tropicais são megadiversos, compostos por espécies botânicas de pequeno porte, as quais podem crescer a sombra das árvores das florestas geralmente na serrapilheira, como por exemplo o gênero *Thismia*, que conta com aproximadamente 90 espécies conhecidas. Distribuindo-se pelas regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, tendo seu número de descobertas crescentes recentemente e com novos registros sendo encontrados no Brasil há pouco tempo. O gênero *Thismia* Griff. (*Thismia* Griffith) pertence à família Thismiaceae, um conjunto de pequenas herbáceas monocotiledôneas, micoheterotróficas, aclorófilas, com estrutura vegetativa muito reduzida que apresentam características florais únicas e peculiares de complexa morfologia. Suas características ecológicas são ainda pouco conhecidas representando uma grande oportunidade para futuras pesquisas e registro de novas descobertas diminuindo assim as grandes lacunas que existem a respeito de sua distribuição e conservação. Através da análise cienciométrica, apresentamos os autores, instituições, países e periódicos mais influentes, investigamos as tendências das publicações científicas permitindo traçar o perfil sobre o conhecimento científico associado as lacunas de conhecimentos existentes sobre o gênero *Thismia*. Através da análise das lacunas de conhecimento da biodiversidade demonstramos que o status do conhecimento sobre esse gênero é de grande carência, fornecemos

importantes dados para definição de futuras estratégias de pesquisas e o direcionamento de novos estudos sobre o gênero.

Palavras chave: Biodiversidade, Cienciometria, Lacuna Wallaceana, Unidades de Conservação.

Abstract

Tropical ecosystems are megadiverse, composed of small botanical species, which can grow in the shade of forest trees, usually in the litter, such as the genus *Thismia*, which has approximately 90 known species. It is distributed in tropical and subtropical regions around the world, having its number of discoveries increasing recently and with new records being found in Brazil recently. The genus *Thismia* Griff. (*Thismia* Griffith) belongs to the *Thismiaceae* family, a set of small monocotyledonous, mycoheterotrophic, achlorophilous herbs with a very reduced vegetative structure that present unique and peculiar floral characteristics of complex morphology. Its ecological characteristics are still poorly known, representing a great opportunity for future research and recording of new discoveries, thus reducing the large gaps that exist regarding its distribution and conservation. Through scientometric analysis, we present the most influential authors, institutions, countries and journals, investigate trends in scientific publications, allowing us to trace the profile of scientific knowledge associated with existing knowledge gaps about the *Thismia* genre. Through the analysis of knowledge gaps on biodiversity, we demonstrate that the status of knowledge about this genus is lacking, we provide important data for defining future research strategies and directing new studies on the genus.

Keywords: Biodiversity, Scientometrics, Wallacean Gap, Conservation Units.

INTRODUÇÃO

Ecossistemas tropicais são megadiversos, complexos e compostos por espécies botânicas de pequeno porte, pouco estudados, muitas vezes negligenciados certamente pelas dificuldades de estudar número tão expressivo de plantas e pelos obstáculos inerentes à identificação de tantos táxons (Durigan et al., 2018). As plantas efêmeras crescem a sombra das árvores das florestas geralmente na serrapilheira, tendo limitação a luz solar, desenvolvendo estratégias reprodutivas peculiares crípticas fazendo parte dos grupos menos conhecidos dentre as plantas justificando o número de espécies representadas nas coleções apenas por coletas do século passado (Durigan et al., 2018; Sousa, 2003). Um grande exemplo dessas plantas é o gênero *Thismia*.

O gênero *Thismia*, conta com aproximadamente 90 espécies conhecidas, (Nuraliev et al., 2020; Shepeleva et al., 2020; Dančák, Hroneš & Sochor, 2020), distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais em todo o mundo, com algumas espécies estendendo-se às regiões temperadas em ambos os hemisférios (Merckx et al., 2013; Merckx & Smets, 2014) tendo seu número de descobertas crescentes nos últimos quatro anos e com novos registros sendo encontrados no Brasil há pouco tempo (e.g., Guilherme et al., 2016, Souza, 2021). O gênero *Thismia* Griff. pertence à família Thismiaceae, um conjunto de pequenas herbáceas monocotiledôneas, micoheterotróficas, que durante a maior parte do ano os indivíduos permanecem no subsolo onde contam com simbioses fúngicas, (quando algumas linhagens de plantas encontraram maneiras de obter água, minerais e carboidratos de fungos a tal ponto que perdem a necessidade de fotossíntese (Bidartondo 2005; Merckx et al., 2013), aclorófilas, com estrutura vegetativa muito reduzida que apresentam características florais únicas e peculiares de complexa morfologia (Hrones et al., 2018; Mar, & Saunders 2015) e somente depois de chuvas constantes emergem brevemente para florescer e frutificar dificultando sua coleta e os estudos sobre sua taxonomia, distribuição e biologia reprodutiva (Mar & Saunders 2015). Muitas espécies se distribuem em áreas muito pequenas e restritas, são raras e difíceis de serem encontradas, por esse motivo há pouca representatividade nas coleções botânicas (Nuraliev et al., 2020; Hrones et al., 2018). Algumas das espécies conhecidas estão disponíveis como coleções líquidas, além dos vouchers de herbário, que não são adequados para investigações morfológicas abrangentes (Nuraliev et al., 2020; Hrones, et al., 2018; Sujanapal et al., 2017;). Suas características ecológicas são ainda pouco conhecidas, pelo qual representam uma grande oportunidade para futuras pesquisas e registro de novas descobertas (Chantanaorrapint et al., 2015; Sochor et al., 2018; Shepeleva et al., 2020; Coelho et al., 2021).

Regiões tropicais são muito diversificadas, com grande riqueza de espécies e endemismos, são também regiões onde se tem pouco conhecimento da diversidade (Meyer et al., 2015). A exemplo temos o Cerrado brasileiro, um complexo mosaico de vegetação que compreende inúmeras fitofisionomias de diferentes formações vegetais, tendo como principais: florestas, savanas e campos onde cada uma contém espécies da flora e fauna com diferentes estratégias de sobrevivência (Kuhlmann et al., 2016). Inúmeros estudos têm tentado inventariar quais são as espécies em risco de extinção, onde se distribuem, e qual o impacto da perda dessas espécies para os ecossistemas (Davidson et al., 2012; Pimm et al., 2014). Porém, dada a acelerada taxa de conversão dos ambientes naturais, é possível que muitas populações ou espécies estejam sendo perdidas sem que fossem minimamente

conhecidas, o que dificulta ações de longo prazo para conservação e preservação da biodiversidade.

Aproximadamente 40% das espécies Amazônicas nunca foram pesquisadas (Hortal et al., 2015). É razoável supor que essa mesma falta de conhecimento também ocorra em sua totalidade na Biodiversidade do Cerrado. A falta de conhecimento sobre as espécies tem sido sintetizada como lacunas do conhecimento sobre a biodiversidade (Limolino, 2004; Whittaker et al., 2005; Hortal et al., 2015). Podem ser agrupadas em sete categorias, porém, duas delas – o déficit no conhecimento sobre taxonomia e sobre a distribuição geográfica - podem ser consideradas primárias ou basais, dada a sua importância e impacto nas demais lacunas (Bini et al., 2006; Hortal et al., 2015; Oliveira et al., 2016). A lacuna que trata da taxonomia e sistemática, referindo-se à discrepância entre as espécies formalmente descritas e o número de espécies que realmente existem é definida como Lacuna Lineana (*Linnean shortfall*). A lacuna que trata dos déficits causados pelo conhecimento da distribuição geográfica das espécies é a lacuna Wallaceana (*Wallacean shortfall*). Ações de conservação demandam primariamente do conhecimento sobre a distribuição das espécies envolvidas, e, por isso, a lacuna Wallaceana tem um impacto importante nas estimativas dos status de ameaça e risco de extinção (Hortal et al., 2015).

As lacunas do conhecimento trazem à tona problemas que impedem respostas adequadas na preservação incluindo regiões não amostradas, falta de conhecimento sobre a distribuição geográfica, relações de parentesco e interações ecológicas, fazendo com que a análise de ameaça seja limitada e não sejam adotadas medidas de conservação adequadas e eficientes (Hortal et al., 2015). Nesse sentido, a análise cienciométrica pode ser uma ferramenta importante e de custo reduzido para avaliar a produção científica, permitindo traçar o perfil sobre o conhecimento científico associado as tendências e lacunas de conhecimentos existentes sobre determinadas áreas do conhecimento e de grupos taxonômicos (Macias-Chapula, 1998; Nabout et al., 2012). Utilizando uma dessas formas de aferição de atividade científica, usamos o levantamento cienciométrico para investigar a produção científica sobre o gênero *Thismia* além de identificarmos as principais lacunas do conhecimento sobre o gênero.

MATERIAIS E MÉTODOS

Análise Cienciométrica

Para analisar o status do conhecimento sobre o gênero, realizamos uma pesquisa bibliográfica descritiva com abordagem quantitativa utilizando o método de análise bibliométrica. A bibliometria contribui estatisticamente para avaliar tendências de

crescimento da produção, publicação, autoria e uso sobre determinado assunto pesquisado em diversas áreas do conhecimento (Fonseca, 1986). O levantamento dos estudos científicos disponíveis foi realizado nas bases de dados ISI Web of Science (Thomson Reuters Scientific, 2021) (<http://www.isiknowledge.com>) e Scopus (<http://www.scopus.com> 2021), considerando a produção disponível até julho de 2021. Os dados foram recuperados utilizando o nome do gênero, *Thismia*, como palavra-chave.

Os dados foram exportados das duas plataformas em formato bibtex. O mapeamento científico e as análises estatísticas descritivas foram conduzidos usando o pacote *bibliometrix* (Aria e Cuccurullo, 2017) do programa R versão 4.3.0 para as análises subsequentes. Os dados foram unificados excluindo-se as duplicatas, resultando um total 84 artigos onde investigamos as seguintes variáveis: a) ano de publicação, b) local em que o estudo foi desenvolvido, c) filiação do primeiro autor e do autor de correspondência, d) nome do periódico, e) classificação do periódico (fator de impacto – JCR), f) método de estudo (observacional e experimental) e, g) área específica de conhecimento.

Obtivemos a média de citações por documento, o número de artigos por autor, os autores de maior destaque e a produção dos principais autores ao longo do tempo. Para avaliar a produtividade de cada autor, obteve-se o índice h (Hirsch, 2007) e o número de citações de cada artigo. O índice h, é usado como uma medida representativa do desempenho científico individual de um pesquisador, o quanto de artigos que ele publicou e teve citações (Hirsch, 2007). Para investigar a produtividade científica, utilizando a frequência de publicação dos autores estimamos a lei de Lotka (Lotka 1926). A lei de Lotka, sugere que poucos pesquisadores publicam muito, enquanto muitos pesquisadores publicam pouco (Voos, 1974). As métricas descritivas do conjunto de dados foram realizadas considerando os 10 autores mais produtivos e as 50 palavras mais proeminentes usadas nos estudos do gênero *Thismia*.

Para identificar as áreas ou temas mais estudados para *Thismia*, classificamos os estudos de acordo com as lacunas do conhecimento sobre a biodiversidade em escala global (adaptado de Hortal et al., 2015; tabela 1) (ver também Material Suplementar Tabela S1). Um mesmo estudo pode ter sido classificado em mais de uma lacuna, dependendo do tema (por exemplo, um estudo de genética pode ser contabilizado tanto para a lacuna Linneana quanto Darwiniana, ou ainda, lacuna Wallaceana se tiver informações sobre a sua distribuição).

Tabela 1. Classificação dos estudos de *Thismia* quanto às lacunas do conhecimento sobre a biodiversidade.

Tema ou tópico de estudo	Lacuna considerada
Taxonomia/sistemática	Lacuna Linneana
Genética/biologia molecular	Lacunas Linneana, Darwiniana
Filogenia, evolução	Lacunas Linneana, Darwiniana
Distribuição geográfica, Inventariamentos, estudos de campo.	Lacuna Wallaceana
Abundância, densidade, estudos populacionais.	Lacuna Prestoniana
Caracterização da morfologia, características de história de vida, reprodução, frutificação, florescimento, fisiologia, comportamento, etc.	Lacuna Raunkiæran
Tolerâncias bióticas; interação com variáveis ambientais, modelagem de nicho; importância da planta para o solo; efeito do impacto humano sobre a persistência das espécies.	Lacuna Hutchinsonian
Caracterização da morfologia, características de história de vida, reprodução, frutificação, florescimento, fisiologia, comportamento, Interações ecológicas (relações tróficas entre a planta e o fungo, ou da planta com outros organismos, predação, competição, etc.	Lacuna Eltoniana

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das análises bibliométricas e das análises estatísticas descritivas mapeamos o conhecimento produzido sobre o gênero *Thismia*, os quais nos forneceram indicadores úteis da produção científica. A busca recuperou um total de 84 documentos. O primeiro artigo foi publicado em 1895, portanto nossas análises contemplaram o recorte temporal de 1895 a 2021, sendo mais de um século entre a primeira e a última publicação (Fig. 1 A). A maioria dos artigos foi publicada em 2018, com picos de produtividade entre os anos de 2014 e 2020 (Fig. 1A), demonstrando constância no crescimento anual, associado provavelmente ao impacto dos artigos na comunidade científica, tanto nacional quanto internacionalmente (Oliveira et al., 2021) e ou impulsionado pela descoberta e divulgação de novas espécies. Os estudos foram publicados em um total de 38 fontes científicas com publicação em periódicos de grande relevância destacando-se Phytotaxa, Kew Bulletin e Phytokeys (Fig. 1B).

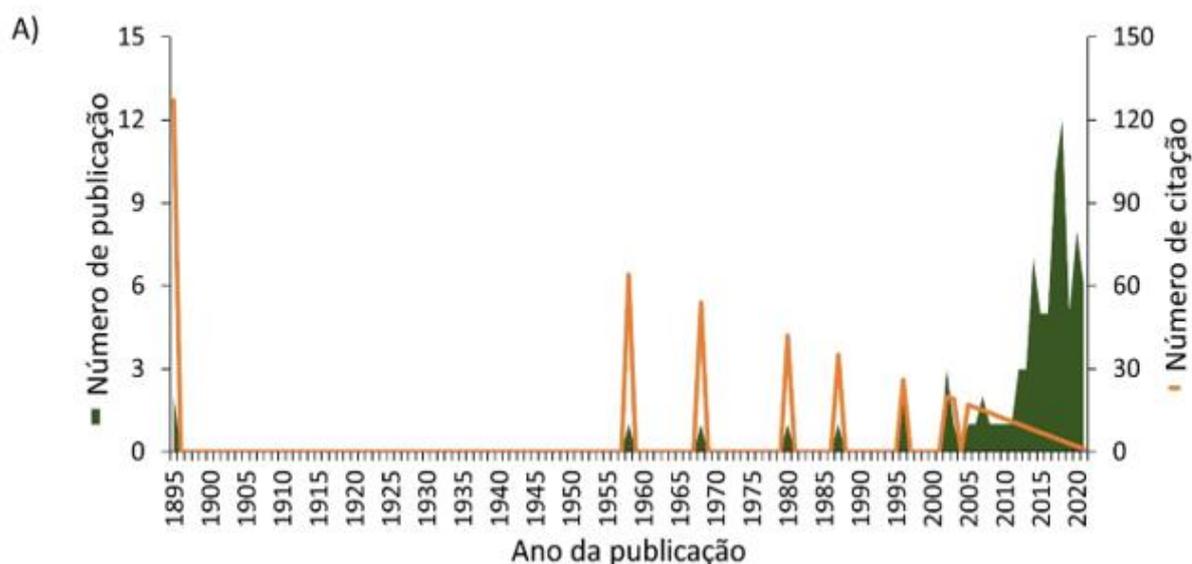


Fig.1 A. Produção científica para o gênero *Thismia*. Quantidade de documentos publicados por ano.

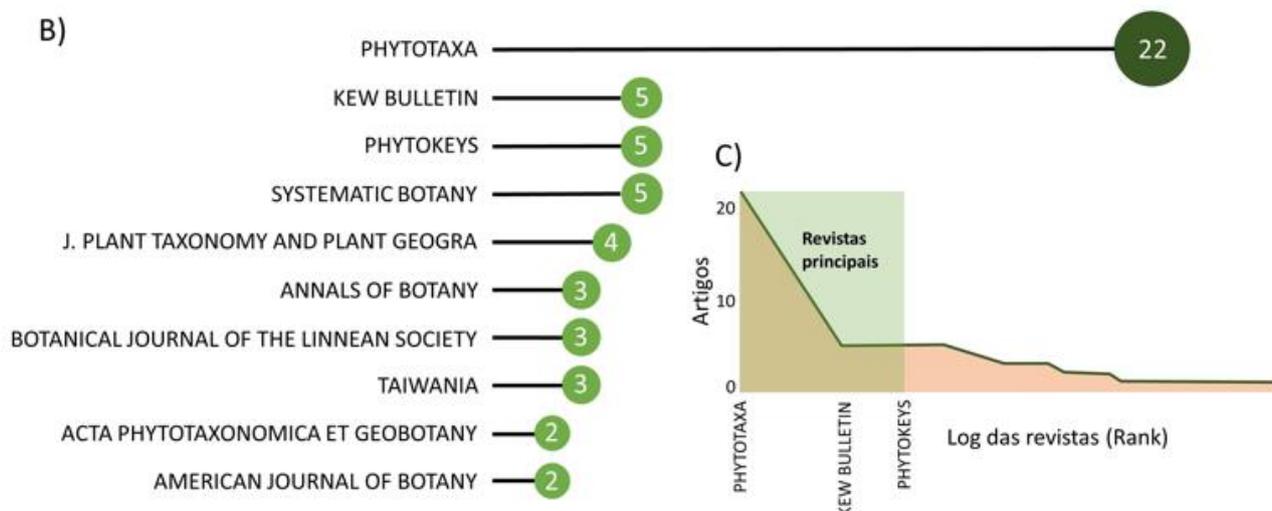


Fig. 1 B. Principais fontes científicas onde os estudos foram publicados.

O número de artigos por autor foi de 0,452 artigos por autor de um total de 186 autores. Identificamos que mais de 80% dos autores produziram artigos de autoria múltipla sobre esse gênero botânico (Fig. 2). Esses resultados indicam que a maioria dos pesquisadores que publicam sobre o gênero *Thismia* são pesquisadores com tradição na publicação de artigos com espécies do gênero. Os autores com maior produtividade, com base no número de publicações foram Hrone M, Sochor M e Chantanaorrapint S., (Fig. 2 A), estão vinculados às seguintes instituições: República Tcheca (primeiro e segundo autores) e Tailândia terceiro autor respectivamente (Fig. 3 A). Os três autores de maior destaque e relevância, medidos aqui pelo índice h dos autores (dentro do subconjunto de

artigos relacionados ao gênero *Thismia*) foram: Chantanaorrapint S (índice h = 7) Dank M (índice h = 7) Hrone M (h = 7) ambos da República Tcheca. Esses resultados indicam que as universidades da República Tcheca têm maior contribuição para o conhecimento científico do gênero *Thismia*. A maior parte dos 10 autores mais produtivos publica seus trabalhos do gênero *Thismia* há aproximadamente 13 anos. Saunders R e Merckx V., foram identificados como os pesquisadores pioneiros no assunto (Fig. 2B). Sauders R, é o autor com a maior continuidade na publicação de artigos com *Thismia*, publicando entre 1996 e 2019.

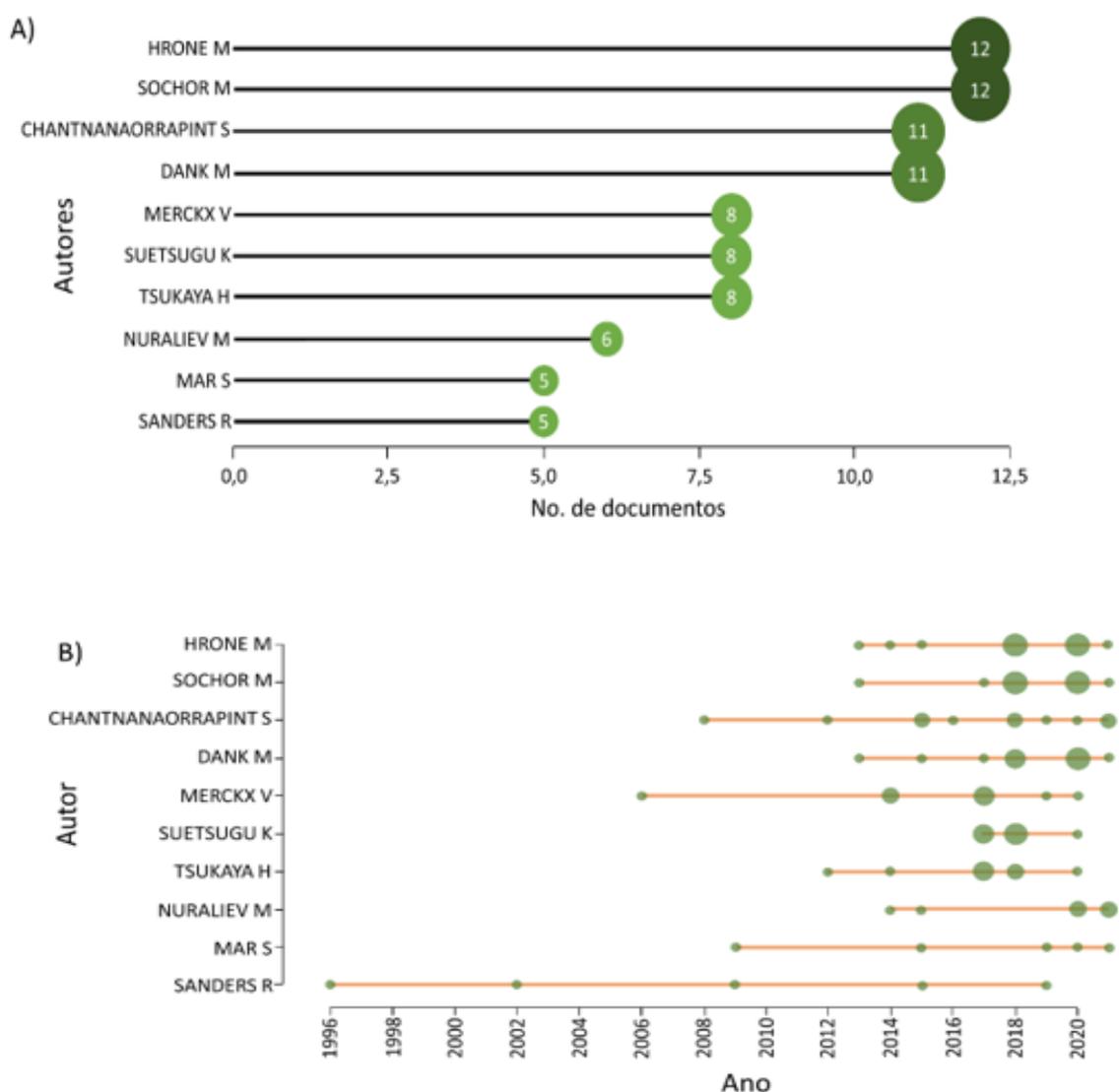
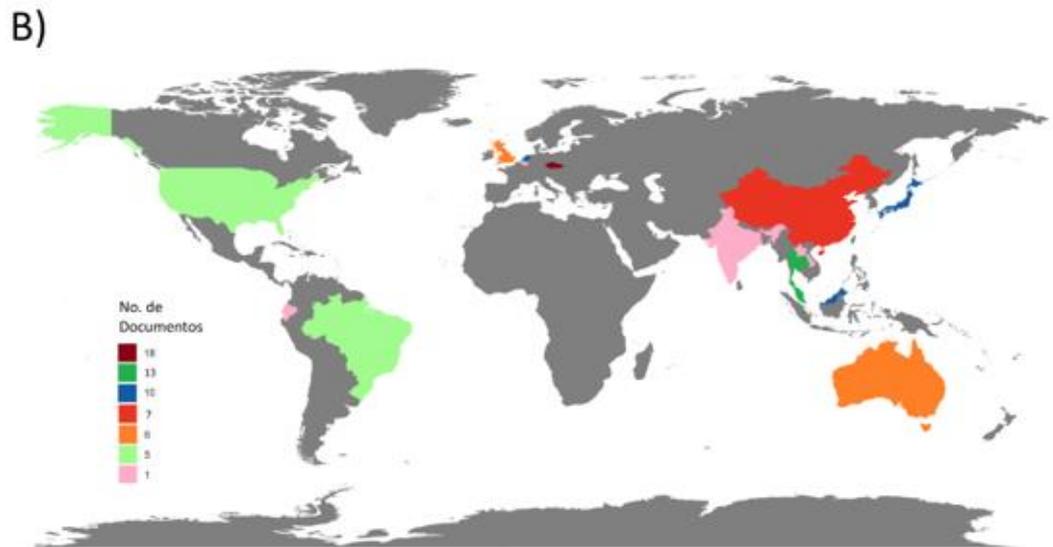
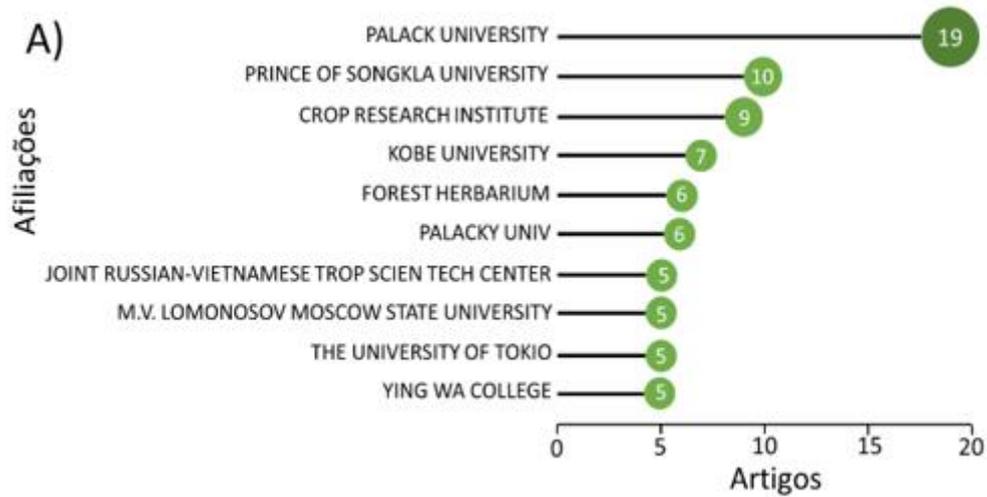


Fig. 2. Visão geral dos autores sobre o conhecimento científico das publicações do gênero *Thismia* recuperadas do banco de dados Scopus e Web of Science. A) Distribuição da proporção de documentos considerando os 10 autores de maior destaque. B) Produtividade dos 10 autores que mais publicam ao longo do tempo - o tamanho do ponto representa o número de publicações.

Os países, República Tcheca, Thailandia e Japão são os países que mais publicam estudos sobre o gênero *Thismia* no mundo (Fig. 3 B). No Brasil, cinco estudos foram publicados entre 1986 (Mass, et al., 1986) e 2021 (Coelho, et al., 2021).



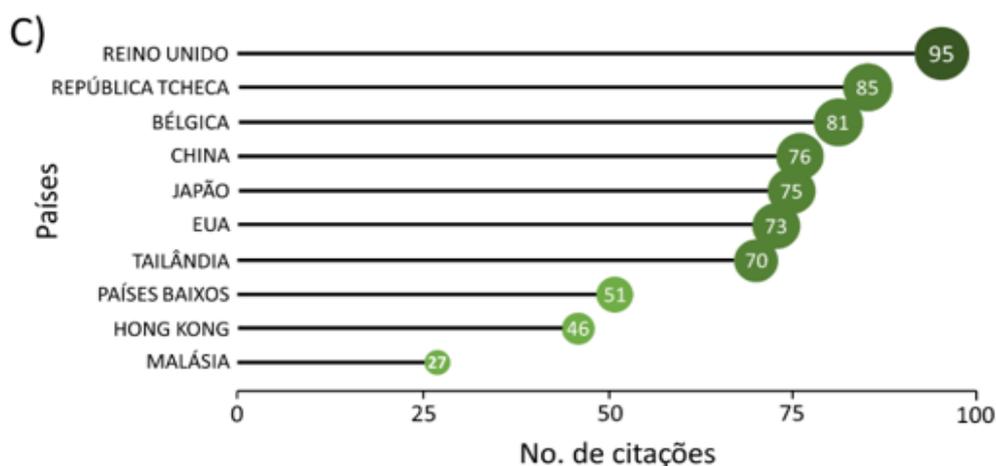


Fig. 3 A. Visão geral das Instituições afiliadas aos autores e número de artigos publicados por cada uma. Fig. 3 B. Países que mais publicam sobre o gênero. Fig. 3 C. Produção científica dos países sobre o gênero *Thismia*.

As palavras-chave de maior relevância e com maior número de ocorrências disponibilizadas pelos autores nas publicações em geral foram: *Thismia* e *Burmanniaceae*, seguida por *Dioscoreales* indicando que as palavras-chave estão intimamente ligadas na busca por periódicos relacionados ao tema de pesquisa.

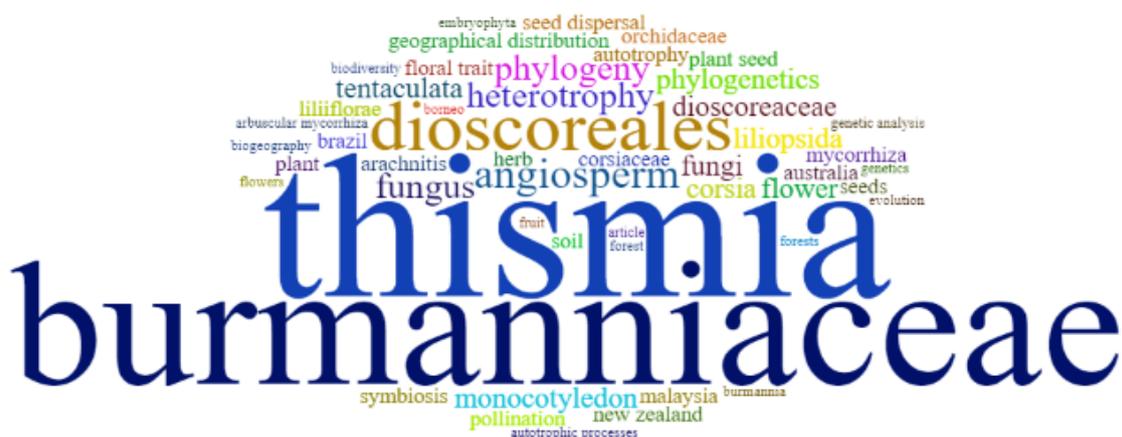


Fig. 4. Cinquenta palavras-chave mais frequentes em publicações sobre o gênero *Thismia* segundo Scopus e Web of Science.

O levantamento das lacunas do conhecimento sobre o gênero *Thismia* (Fig. 5) nos revelaram que as pesquisas se concentram em estudos de descrição morfológica, taxonômica e sistemática, porém não descrevem características sobre reprodução, frutificação e interações ecológicas. Há poucos estudos em análises genéticas, evolução e filogenia sugerindo grandes lacunas do déficit darwiniano, supostamente devido à falta de

dados sistemáticos específicos e a diversificação do material coletado (Diniz-filho et al., 2013). Estudos sobre distribuição geográfica, modelagem de nicho, sua importância para o solo e estudos que explorem o impacto humano sobre a persistência do gênero *Thismia* são ausentes reforçando que as relações entre as deficiências nos estudos de biodiversidade combinam-se de várias maneiras (Hortal, et al., 2015). As deficiências Wallaceana, Prestoniana e Darwiniana estão relacionadas umas com as outras, sugerindo que a falta de dados para um afeta necessariamente os outros dois (Hortal et al., 2015; Diniz-Filho, et al., 2013).

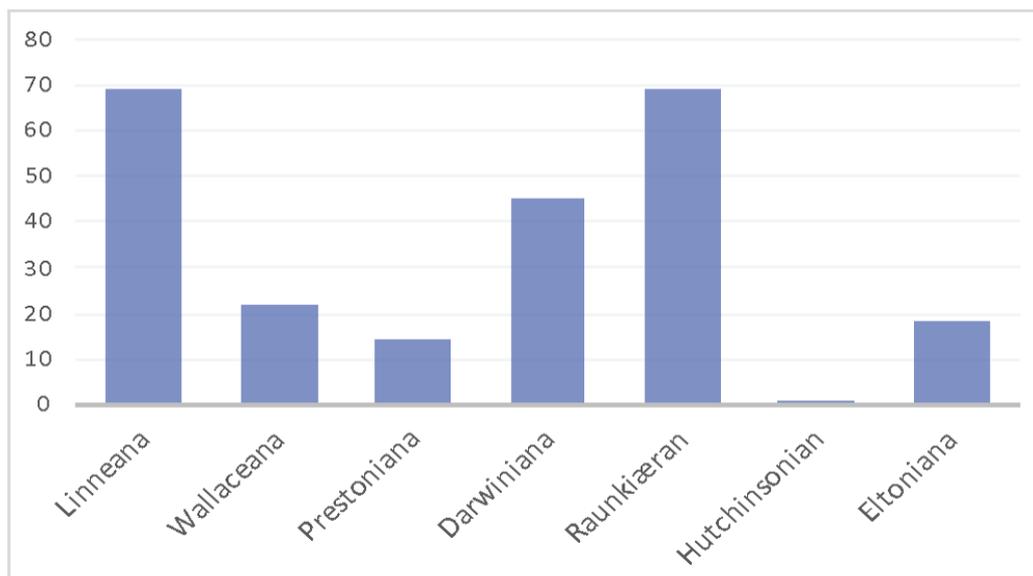


Fig. 5. Número de estudos nas lacunas do conhecimento sobre *Thismia*.

Conclusão

Essa pesquisa oferece uma contribuição direta para o status das tendências de crescimento do conhecimento sobre o gênero *Thismia*, um mapeamento nacional e internacional da produção científica sobre o tema. Por meio de uma abordagem cienciométrica e revisão sistemática, apresentamos um histórico dos estudos do gênero *Thismia*, abrindo precedentes para novas discussões e investigações sobre o gênero. Através da análise das lacunas de conservação da biodiversidade demonstramos que o status do conhecimento sobre o gênero *Thismia* é de grande carência de dados, porém fornecemos importantes informações para definição de futuras estratégias de pesquisas, de novas coletas e o direcionamento de novos estudos sobre o gênero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aria, M. & Cuccurullo, C. *bibliometrix*: **An R-tool for comprehensive science mapping analysis**, *Journal of Informetrics*, 11(4), pp 959-975, Elsevier, DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007 (<https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>). 2017.
- BIDARTONDO, M. I., **The evolutionary ecology of myco-heterotrophy**.
- BINI, L. M., DINIZ-FILHO, J. A., RANGEL, T. F. L. V. B., BASTOS, R. P., PINTO, P. M., **Challenging Wallacean and Linnean shortfalls: knowledge gradients and conservation planning in a biodiversity hotspot**. *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.) 12, 475–482. DOI: 10.1111/j.1366-9516.2006.00286. x. 2006.
- CHANTANAORRAPINT, S., SRIDITH, K., ***Thismia nigricans* Chantanaorr. & Sridith, a new species of *Thismiaceae* from Southern Thailand**. *Phytotaxa* 217 (3): 293–297. ISSN 1179-3155. DOI: [org/10.11646/phytotaxa.217.3.7](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.217.3.7). 2015.
- DURIGAN, G., PILON, N. A. L., ASSIS, G. B., SOUZA, F. M., BAITELLO, J. B., **Plantas pequenas do Cerrado: Biodiversidade Negligenciada**. 2018. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/publicacoes/> ISBN 978-85-8156-030-4
- COELHO, C. P., SOUSA, I. P., SILVA, G. E., ROCHA, D. I., AZEVEDO, M. O., GUILHERME, F. A. G., **Ombrohydrochory in *Thismia panamensis* (Standley) Jonk: a mycoheterotrophic species in Brazilian Cerrado forests**. *Plant Biology*. INSS: 1435-8603. DOI:10.1111/plb.13250. 2021.
- DAVIDSON, A. D., BOYER, A. G., KIM, H., POMPA-MANSILLA, S., HAMILTON, M. J., COSTA, D. P., CEBALLOS, G., BROWN, J. H., **Drivers and hotspots of extinction risk in marine mammals**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 3395-3400. 2012.
- HIRSCH, J. E. 2007. **Does the h index have predictive power?** *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 19193–19198.
- HORTAL, J.; BELLO, F.; DINIZ-FILHO, A. F.; LEWINSOHN, T. M.; LOBO, J. M.; LADLE, R.J.; **Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity**. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 46:523–49. 2015.
- HRONES M, KOBROVA L, TARASKA V, POPELKA O, HEDL R, SUKRI R S, METALI F, DANCAK M. ***Thismia brunneomitra*, another new species of *Thismia* (Thismiaceae) from Ulu Temburong, Brunei Darussalam**. *Phytotaxa* 234: 172–178. 2015.
- GUILHERME, F., GOMES, D., COELHO, C., SMIDT, E., & SOUZA, L. ***Thismia panamensis*: first record of Thismiaceae for the Brazilian Cerrado in Goiás state**. *Check List*, 12, 1.2016.
- Hroneš, Michal; Rejžek, Martin; Sochor, Michal; Svátek, Martin; Kvasnica, Jakub; Egertová, Zuzana; Pereira, Joan T.; Nilus, Reuben; Dančák, Martin. **Two new species of *Thismia***

- subsect. *Odoardo* (Thismiaceae) from Borneo.** *Plant Ecology and Evolution* 151 (1): 110–118, 2018. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2018.1387>
- KUHLMANN, M., RIBEIRO, J. F., **Fruits and frugivores of the Brazilian Cerrado: ecological and phylogenetic considerations.** *Acta Botânica Brasílica* - 30(3): 495-507. DOI: 10.1590/0102-33062016abb0192. (2016).
- LIMA-RIBEIRO, M. S., NABOUT, J. C., PINTO, M. P., MOURA, I. O., MELO, T. L., COSTA, S. S., RANGEL, T. F. L. V. B., **Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos**. *Acta Sci. Biol. Sci. Maringá*, v. 29, n. 1, p. 39-47.2007.
- LIMOLINO, M.V. Conservation biogeography. **Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature** (ed. by M.V. Lomolino and L.R. Heaney), pp. 293–296. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 2004.
- LOTKA, A. J. 1926. **The frequency distribution of scientific productivity.** *Journal of the Washington Academy of Sciences* 16:317-323. <https://www.jstor.org/stable/24529203>.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. **O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional.** *Ci. Inf.*, v. 27, n. 2, p. 134-140. 1988.
- Maas, P.J.M., Maas-van de Kamer, H., Benthem, J., Snelders, H.C. and Rübsamen, T. *Flora Neotropica* 42: 1-189. 1986.
- MAR, S. S., SAUNDERS, R. M. K., ***Thismia hongkongensis* (Thismiaceae): a new mycoheterotrophic species from Hong Kong, China, with observations on floral visitors and seed dispersal.** *PhytoKeys*. (46): 21–33.2015.
- MERCKX V.S.F.T, FREUDENSTEIN J.V, KISSLING J, CHRISTENHUSZ M.J.M., STOTLER R. E, CRANDALL – STOTLER B, WICKETT N, RUDALL P. J, MAAS-VANDE KAMER H, MASS P. J. M. **Taxonomy and classification.** In: Merckx VSFT, ed. **Mycoheterotrophy: the biology of plants living on fungi.** New York: Springer New York, 19–101.2013.
- MERCKX V.S.F.T, SMETS E.F. ***Thismia americana*, the 101st anniversary of a botanical mystery.** *International Journal of Plant Sciences* 175: 165–175. 2014.
- MEYER, C. KREFT, H., GURALNICK, R., JETZ, W., **Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions.** *NATURE COMMUNICATIONS*. 6:8221 | DOI: 10.1038/ncomms9221. 2015.
- NABOUT, J. C, PARREIRA, M. R, TERESA, F. B., CARNEIRO, F. M., CUNHA, H. F., ONDEI, L. S., CARAMORI, S. S., SOARES, T. N., **Publish (in a group) or perish (alone):**

The trend from single- to multi-authorship in biological papers. *Scientometrics* 102:357–364. DOI: 10.1007/s11192-014-1385-5. 2012.

NURALIV M. S, YUDINA S. V, TRUONG B. V, Do T. X, LUU H. T, KUZNETSOV A. N, KUZNETSOVA S. P. **A revision of the family *Thismiaceae* (Dioscoreales) in Cambodia, Laos and Vietnam.** *Phytotaxa* 44: 229–250. 2020.

OLIVEIRA, A. M. V.; LOPES, W. H. **Trends in scientific publication on ethnozoology: Brazil's highlight in international science.** *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.1, p.691-698. DOI: doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.001.0055. 2021.

OLIVEIRA, U., PAGLIA, A. P. BRESCOVIT, A. D., CARVALHO, C. J. B., SILVA, D. P., REZENDE, D. T., LEITE, F. S. F., BATISTA, J. A. N., BARBOSA, J. P. P. P., STEHMANN, J. R., ASCHER, J. S., VASCONCELOS, M. F., JR, P. M., LOWENBERG-NETO, P., DIAS, P. G., FERRO, V. G., SANTOS, A. J., **The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions*. 22, 1232–1244. 2016.**

PIMM, S. L., JENKINS, C. N., BROOKS, T. M., GITTLEMAN, J. L., JOPPA, L. N., RAVEN, P. H., ROBERTS, C. M., SEXTON, J. O., **The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection.** *Science*, 344, 1246752.2014.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. RStudio Team. **RStudio: Integrated Development Environment for R. *RStudio***, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>. (2020).

SHEPELEVA, E. A., SCHELKUNOV, M. I., HRONES, M., SOCHOR, M., DANČÁK, M., MERCKX, V. S. F. T., KIKUCHI, I. A. B. S., CHANTANAORRAPINT, S., SUETSUGU, K., TSUKAYA, H., S. MAR, LUU, H. T., HONG-QING LI, LOGACHEVA, M. D., NURALIEV, M. S. **Phylogenetics of the mycoheterotrophic genus *Thismia* (Thismiaceae: Dioscoreales) with a focus on the Old-World taxa: delineation of novel natural groups and insights into the evolution of morphological traits.** *Botanical Journal of the Linnean Society*. 193, 287–315. 2020.

SOCHOR, M., EGERTOVÁ, Z., HRONES, M., DANČÁK, M., **Rediscovery of *Thismia neptunis* (Thismiaceae) after 151 years.** *Phytotaxa* 340 (1): 071–078. ISSN 1179-3155. DOI: org/10.11646/phytotaxa.340.1.5. 2018.

SOUZA I. ***Thismia panamensis* (Standl.) Jonker (Thismiaceae): first record for southern Brazil.** *Check List* 17 (4): 1055–1059. <https://doi.org/10.15560/17.4.1055>. 2021.

VOOS, H. Lotka and information science. Journal of the American Society of information Science, New York, v.25, p. 270-272. 1974.

SOUSA, L. P., **A flora: uma abordagem sobre florestas.** Embrapa Florestas. Documentos, 84. p. 111-161. 2003. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1013155>.

SUJANAPAL P, ROBI A. J, DANTAS K. J, SUMOD M, MERCKX V. S. F. T. ***Thismia* (Thismiaceae): the first record of the mycoheterotrophic genus to the flora of India with a new species revealing the phytogeographical significance of Western Ghats.** Blumea 62: 97–102.2017.

WHITTAKER, R. J., ARAUJO, M. B., JEPSON, P., LADLE, R. J., WATSON, J. E. M. WILLIS, J., **Conservation Biogeography: assessment and prospect. Diversity and Distribution.** 11:3-23.2005.

Capítulo II DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E IMPACTO DA MUDANÇA CLIMÁTICA SOBRE *THISMIA PANAMENSIS* (STANDL.) JONKER (THISMIACEAE)

Resumo

As atividades humanas no período pós-industrial provocaram uma crise ambiental comparável aos maiores eventos de extinção conhecidos na história do planeta. Essa crise tem provocado perdas irreversíveis para a biodiversidade, com impactos que podem se estender por muitas décadas. Uma das principais ameaças atuais à biodiversidade são as mudanças climáticas. Conhecer as espécies e os impactos a que estão sujeitas é essencial para promover ações que minimizem esses impactos. *Thismia* Griff. é um gênero de plantas pouco conhecido, representado por aproximadamente de 90 espécies herbáceas, possuindo distribuição Pantropical e que se desenvolvem entre a serrapilheira de florestas úmidas, permanecendo em estágio vegetativo sob o solo durante a maior parte do ano. Há uma enorme carência de dados na literatura com relação à distribuição da espécie e o efeito das mudanças climáticas sobre sua distribuição. Através da distribuição potencial gerada pelos modelos climáticos, indicamos a existência de áreas com alta adequabilidade climática para a ocorrência da espécie, porém no Cerrado ficou restrita ao entorno do único registro no bioma. Observamos que a adequabilidade dela é baixa para o Bioma Cerrado com ocorrência mínima, ou ausente, o que nos indicaria que potencialmente, de fato, não se trata de *Thismia panamensis* essa espécie relatada pelos pesquisadores Guilherme et al., 2016 e Coelho et al., 2021).

Palavras chave: Distribuição geográfica, mudança climática, modelos de Nicho.

Abstract

Human activities in the post-industrial period have provoked an environmental crisis comparable to the largest known extinction events in the planet's history. This crisis has caused irreversible losses to biodiversity, with impacts that can last for many decades. One of the main threats to biodiversity today is climate change. Knowing the species and the impacts to which they are subject is essential to promote actions that minimize these impacts. *Thismia* Griff. is a little-known genus of plants, represented by approximately 90 herbaceous species, with a Pantropical distribution and that develop among the litter of humid forests, remaining in the vegetative stage under the ground during most of the year. There is a huge lack of data in the literature regarding the distribution of the species and the effect of climate change on its distribution. Through the potential distribution generated by the climate models, we indicate the existence of areas with high climatic suitability for the occurrence of the species, but in the Cerrado it was restricted to the surroundings of the only record in the biome. We observed that its suitability is low for the Cerrado Biome with minimal or absent occurrence, which would indicate that potentially, in fact, this species is not *Thismia panamensis*, this species reported by the researchers Guilherme et al., 2016 and Coelho et al., 2021).

key words: Geographical distribution, climate change, Niche models.

INTRODUÇÃO

As atividades humanas no período pós-industrial provocaram uma crise ambiental comparável aos maiores eventos de extinção conhecidos na história do planeta (Barnosky et al., 2011). Essa crise tem provocado perdas irreversíveis para a biodiversidade, com impactos que podem se estender por muitas décadas (Wearn et al., 2012; Ceballos et al., 2015), com efeitos diretos nos ecossistemas, saúde humana, meios de subsistência, segurança alimentar, abastecimento de água e crescimento econômico (Xu, et.al., 2019).

Uma das principais ameaças atuais à biodiversidade são as mudanças climáticas (Parmesan et al., 2006). No passado geológico, o aquecimento e o resfriamento do planeta, ocorreram de forma gradativa contando de milhares de anos, dando tempo para que sucessivas gerações de plantas e animais se adaptassem (Joly, 2007). Porém com o aumento da ação antrópica esse tempo reduziu para uma escala consideravelmente menor, tirando desses organismos as condições de responder evolutivamente as estas mudanças ou migrar para novas áreas, resultando em um aumento exponencial nas taxas de extinção

particularmente na região Neotropical antes mesmo de conhecermos a diversidade e distribuição dessas espécies (Joly, 2007; Roos, A. 2012). Mudanças no clima altera a distribuição e disponibilidade de recurso alimentares, os quais afetam os padrões de distribuição e colonização das espécies dependentes desses recursos (Walter et.al., 2002). No reino vegetal características como baixas taxas de reprodução, limitação na dispersão geográfica, baixas taxas de reprodução e altas taxas de especificidades nos hábitos alimentares e habitats podem causar um processo de extinção da população mais acelerado e com menores variações de mudanças no clima (Walter et al., 2002, Rodrigues M, 2015).

Diante desse cenário de mudança climática global, conhecer as espécies e os impactos a que estão sujeitas é essencial para promover ações que minimizem esses impactos (Terribile et al., 2018). O conhecimento da biodiversidade e distribuição das espécies está intimamente ligada a variação espacial e climática, sendo assim, pesquisas usando novas tecnologias e protocolos automatizados podem ajudar a diminuir essas deficiências, aumentando a eficácia do esforço de amostragem dedicado a cada um deles em diversas áreas geográficas (Hortal, et al., 2015). Especificamente, a falta de conhecimento sobre o padrão de distribuição das espécies (Lacuna Wallaceana) e seus padrões ecológicos, devido à ausência de coletas em regiões específicas, é fator determinante para adotar medidas efetivas de conservação (Limolino, 2004).

Thismia Griff. é um gênero de plantas pouco conhecido, representado por aproximadamente de 90 espécies herbáceas, possuindo distribuição Pantropical e que se desenvolvem entre a serrapilheira de florestas úmidas, permanecendo em estágio vegetativo sob o solo durante a maior parte do ano (Azevedo, 2019; Dančák, et al., 2020, Chantanaorrapint & Suddee 2018; Hroneš et al., 2018). A espécie *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker (Figura 1) popularmente conhecida como lanterna de fada, é uma espécie caracterizada como micoheterotrófica, (Azevedo, 2019; Guilherme et al., 2016, Coelho et al., 2021), podendo viver sem realizar fotossíntese devido a uma relação simbiótica com fungos micorrízicos, que por sua vez estão ligados às raízes de árvores fotossintetizantes (Bidartondo, 2005; Brasil, 2011). Essa espécie tem distribuição conhecida para a porção norte da América do Sul, mas foi recentemente descrita para o Cerrado na cidade de Jataí no estado de Goiás (Guilherme et al., 2016) e para o sul do Brasil na cidade de Quatro Barras no Parque Estadual Serra da Baitaca no estado do Paraná (Souza, 2021). O registro de *Thismia panamensis* em Jataí, é o primeiro registro da família para o Cerrado e da espécie para o Brasil (Guilherme et al., 2016; Coelho et al., 2021).

Plantas micoheterotróficas aclorófilas e fungos micorrízicos com frequência tem interações altamente específicas que potencialmente limitam a distribuição das plantas e seu potencial de diversificação (Bidartondo 2005, Merckx et al., 2017). As espécies de *Thismia* apresentam uma ampla variabilidade floral e os estudos existentes sobre as mesmas focam em descrever diferenças morfológicas, bem como se dedicam a estudar aspectos ecológicos como polinização e dispersão da espécie (Guilherme et al., 2016; Azevedo 2019). Há uma enorme carência de dados na literatura com relação à distribuição da espécie e o efeito das mudanças climáticas sobre sua distribuição. Essa falta de conhecimento pode estar relacionada a dificuldade de encontrar os indivíduos por serem plantas imperceptíveis, com desenvolvimento rente a serrapilheira, com curto período reprodutivo de floração e frutificação (Coelho et al., 2021). Assim, trata-se uma espécie com uma lacuna importante de conhecimento sobre sua distribuição, e cujo impacto das mudanças climáticas é desconhecido.

Assim, neste trabalho tivemos como objetivo investigar os impactos da mudança climática a distribuição e conservação de *T. panamensis* no Cerrado brasileiro. Especificamente, mapeamos e prevemos a distribuição potencial de *T. panamensis* na região Neotropical, identificamos locais no bioma Cerrado onde novos estudos de campo possam ser direcionados, assim reduzir a lacuna Wallaceana do conhecimento; avaliamos o impacto da mudança climática na distribuição futura da espécie; Avaliamos a representatividade das áreas de ocorrência da espécie em unidades de conservação no presente e no futuro.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de ocorrência e dados climáticos

Os dados de ocorrência de *Thismia panamensis* foram compilados na literatura científica disponível e das bases de dados GBIF (<https://www.gbif.org>) e speciesLink (<http://slink.cria.org.br>). Incluímos o registro recente da espécie para o Cerrado (Guilherme et al., 2016), porém não incluímos *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker (Thismiaceae): First record for southern Brazil (Souza, 2021) pelas incertezas quanto a se tratar efetivamente de *T. panamensis*. Um total de 12 pontos de ocorrência foram obtidos (Figura 2). Para eliminar pontos muito próximos e minimizar efeitos de autocorrelação nos modelos de nicho, selecionamos pontos com distância mínima de 20km entre si utilizando o pacote spThin do programa RStudio v. 1.1.463.

Quanto aos dados climáticos, utilizamos os mapas de variáveis climáticas disponíveis no banco de dados WorldClim version 2.1 (<https://www.worldclim.org/>) para os períodos presente (1970-2000) e futuro (período de 2061- 2080) ambos da Versão 2.1.

Para o futuro, consideramos simulações climáticas de três modelos climáticos, selecionados a partir de suas diferenças de acordo com Varela et al. (2015): CNRM-CM 6.1, MIROC6 e MRI-ESM2-0. Para cada modelo selecionamos três cenários de caminhos socioeconômicos compartilhados (Shared Socioeconomic Pathways) SSPs: SSP126 que representa um cenário mais otimista, com aumento previsto de temperatura abaixo de 2° C; SSP 245 que prevê um aumento da temperatura em torno de 3° C; e o SSP 370 com aumento previsto de 4.1 ° C de aquecimento (Riahi et al. 2017).

Para reduzir a colinearidade entre as 19 variáveis bioclimáticas do Worldclim, utilizamos a Análise de Componentes Principais (PCA), a qual transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original, sendo, portanto, associada à ideia de redução de dados, com menor perda possível da informação (Hongyu et al. 2015). Realizamos a PCA com rotação ortogonal considerando as 19 bioclimáticas e usamos os seis primeiros eixos (explicaram 95% da variância original) como preditores dos modelos de nicho (ver abaixo). A PCA foi realizada primeiramente para os dados climáticos do presente e seus coeficientes foram utilizados para obter os escores com os dados climáticos do futuro (Nóbrega e De Marco Junior 2018).

Modelos de nicho e distribuição geográfica

Para construir os modelos de nicho ecológico utilizamos os dados de ocorrência das espécies e variáveis climáticas representadas pelos 6 eixos da PCA para o presente e para cada cenário do futuro. Para tanto, utilizamos os métodos de modelagem para dados de presença: Bioclim, Enfa, Gower, SVM e Maxent. O desempenho preditivo de cada modelo foi avaliado pelo método Jackknife “*leave one out*”, apropriado para avaliar modelos gerados a partir de poucos pontos de ocorrência (Pearson et al. 2007). Os modelos foram gerados no RStudio Version 1.1.4.

A distribuição potencial da espécie para o presente foi obtida a partir da combinação (*full ensemble*) dos cinco métodos de modelagem. Para cada cenário do futuro (SSP), a distribuição potencial foi obtida pela combinação dos cinco métodos de modelagem + 3 modelos climáticos. Para transformar a adequabilidade climática em mapas binários de distribuição potencial, utilizamos a abordagem de LPT - *lowest presence threshold* (Pearson

et al. 2007), que representa o menor valor de adequabilidade nos pontos de ocorrência da espécie (0.635).

Mudança climática e conservação

O efeito da mudança climática foi avaliado pela mudança da adequabilidade nos cenários climáticos do futuro. Para avaliar a representatividade da distribuição da espécie, comparamos a adequabilidade climática e a proporção de área protegida em uma grade de 0.5 x 0.5 graus de latitude x longitude na região neotropical. Para calcular a proporção de áreas protegidas, utilizamos as áreas protegidas disponibilizadas pela IUCN (<https://www.protectedplanet.net/en>). Utilizamos o índice SRI – *Species representation index* (Allagador et al. 2011) para calcular o índice que representa a quantidade de adequabilidade dentro das unidades de conservação. O índice varia de 0 (ausência de adequabilidade dentro das reservas) a 1 (máximo de representação dentro das reservas).

Representatividade nas Unidades de Conservação

A partir dos resultados dos modelos de nicho, avaliamos como se distribuem espacialmente as áreas de adequabilidade climática em relação as unidades de conservação (UCs), tanto para o presente quanto para o futuro. Para tanto, calculamos o índice de representatividade das espécies (SRI, Alagador et al. 2011) nas UCs do cerrado. O índice SRI varia de zero a 1 e indica o quanto as UCs representam áreas adequadas à sobrevivência da espécie. Espécies mais criticamente ameaçadas pela mudança no clima são aquelas que perderam representatividade nas UCs (menores SRIs) no futuro, e dessa forma, avaliamos se a *T. panamensis* se tornou ameaçada no futuro. As unidades de conservação para a região Neotropical foram obtidos da IUCN (<https://www.iucn.org/theme/protected-areas/our-work/world-database-protected-areas>). Para essa análise, a proporção de área protegida foi estimada para uma grade de 0.5x0.5 graus de latitude e longitude, bem como a adequabilidade para o presente e para os períodos futuros. As Unidades de Conservação, são fundamentais para a conservação da Biodiversidade e se bem manejadas, resguardam, além de espécies ameaçadas e ecossistemas saudáveis, processos ecológicos que geram múltiplos benefícios, incluindo diversos serviços ambientais e bem estar social (ICMBio, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os registros de ocorrência obtidos das bases de dados indicam a ocorrência de *T. panamensis* (Fig. 1A) em uma vasta área da região Neotropical incluindo registros na Costa Rica, Mexico, Panamá, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Peru e Brasil (Fig. 1B), sendo que os registros dos exemplares da espécie são resultado de caracterizações por observações humanas, e a grande maioria tem suas exsiccatas preservadas nas coleções em herbários.

A distribuição potencial gerada pelos modelos de nicho ecológico indicou a existência de áreas com alta adequabilidade para a ocorrência da espécie, abrangendo principalmente a região noroeste da Amazônia e boa parte da América Central (Figura 2A). Esses locais indicam áreas de distribuição potencial importantes para reduzir a lacuna Wallaceana que envolve sua distribuição, ou seja, locais onde o clima é favorável para sua ocorrência (Figura 2B), mas onde a espécie ainda não foi efetivamente encontrada. Por outro lado, a adequabilidade climática no Cerrado ficou restrita ao entorno do único registro no bioma.

Para o futuro observamos mudança na área geográfica potencial da espécie, com redução gradativa da distribuição na medida em que o cenário se torna mais pessimista quanto à mudança climática (Figura 3A). Esses modelos indicam que a espécie poderá ficar restrita a populações fragmentadas na porção norte da Amazônia e na América Central.

A análise de representatividade da adequabilidade climática nas áreas protegidas sugere que 33% das áreas adequadas para *Thismia panamensis* encontram-se dentro de unidades de conservação. Para o futuro, observa-se uma redução, ainda que pequena, dessa representatividade. Deve-se considerar, entretanto, que a análise foi feita em uma escala de aproximadamente 55km como unidade de análise. É possível que mudanças no clima em escalas mais locais poderão afetar a persistência da espécie do longo do tempo (Terribile, 2018; Silva, 2018).



Figura 1A. *Thismia panamensis* (Coelho et al.,2021)



Figura 1B. Registros de ocorrência de *T. panamensis* na região neotropical.

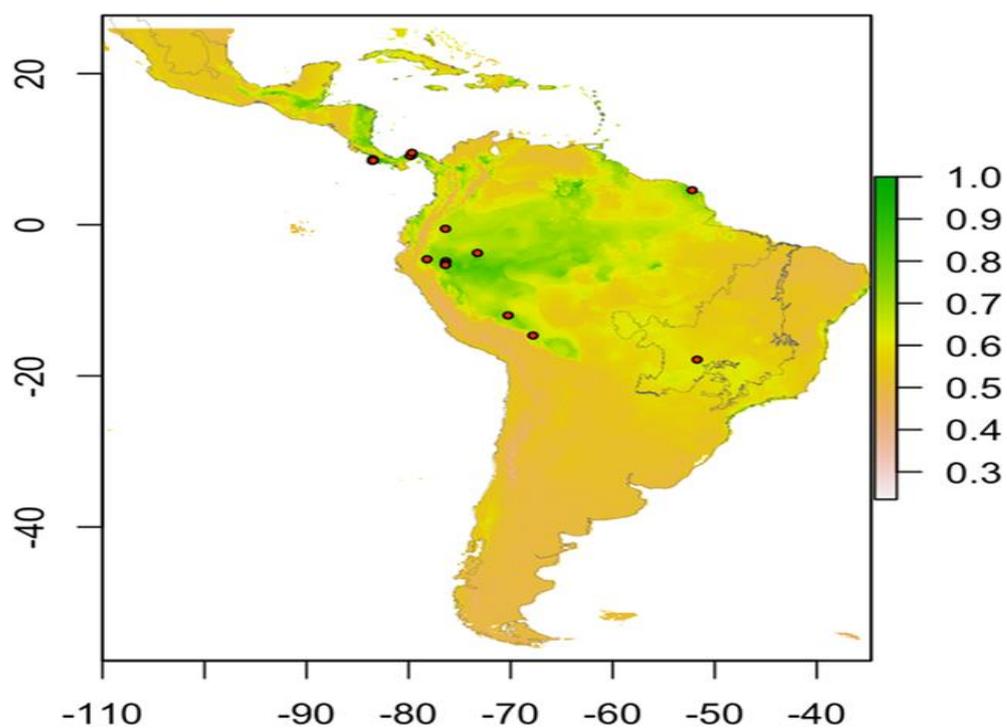


Figura 2 A. Adequabilidade climática de *T. panamensis*

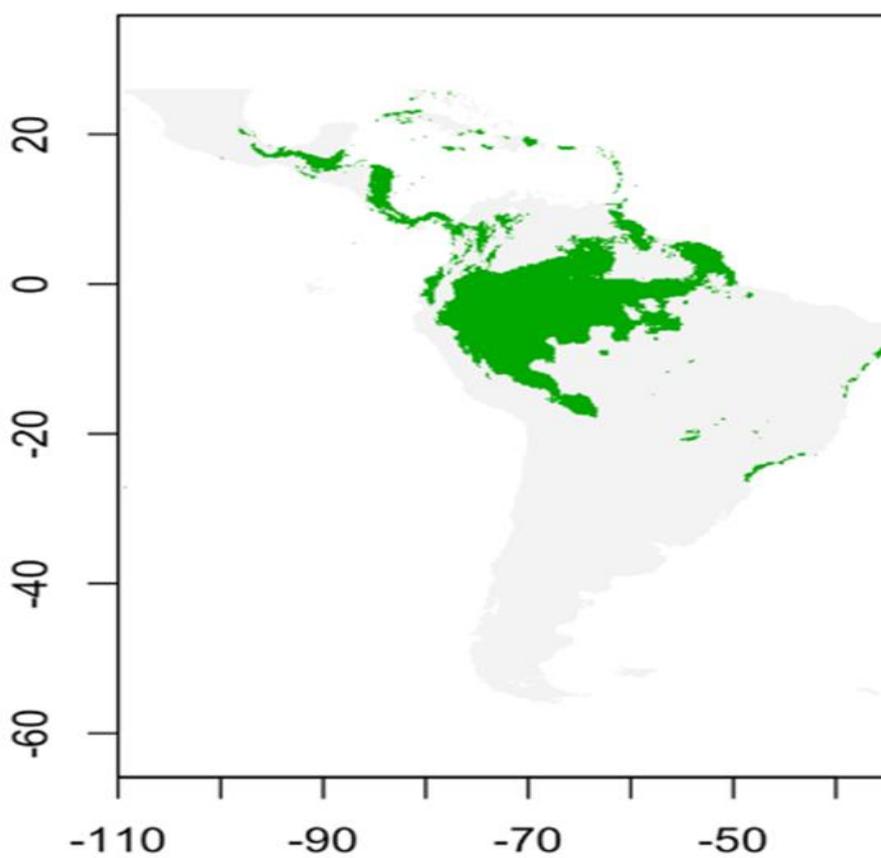


Figura 2 B. Distribuição geográfica potencial e pontos de ocorrência usados na modelagem de *T. panamensis* no presente.

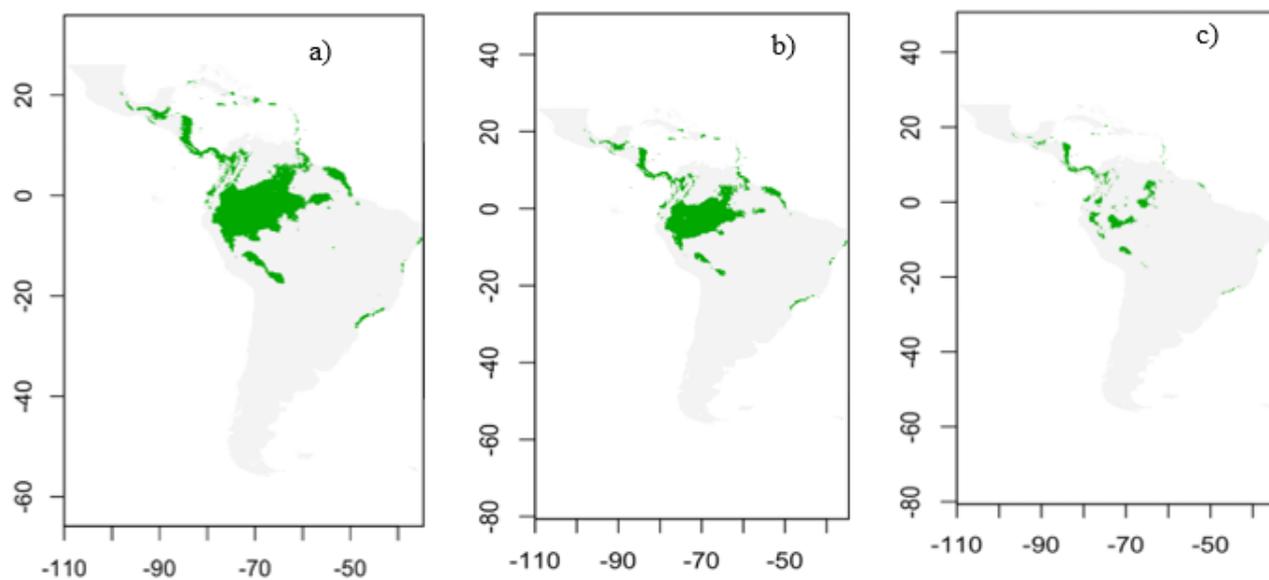


Figura 3 A. Área potencial de ocorrência de *Thismia panamensis* nos cenários futuros SSP 126 (a), SSP 245 (b) e SSP 370 (c).

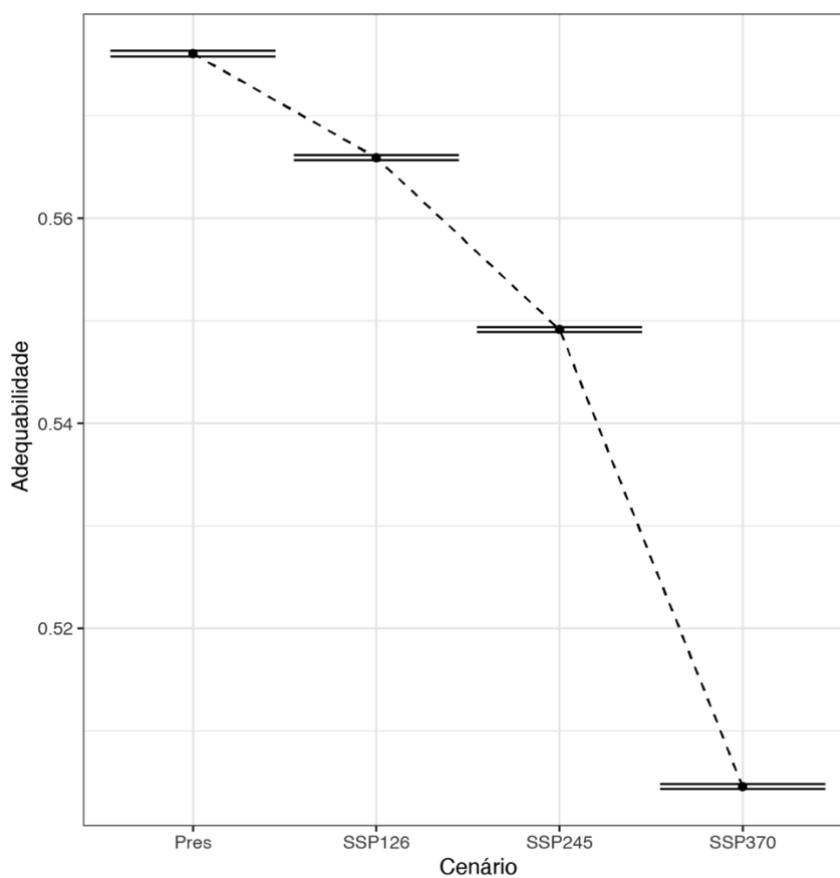


Figura 3 B. Valores médios de adequabilidade climática para *Thismia panamensis* nos cenários climáticos presente, futuros SSP 126, SSP 370 e SSP 450.

Tabela 1. Índice de representação da adequabilidade climática de *Thismia panamensis* em áreas protegidas.

Cenário climático	Índice de representação da espécie
Presente	0.334
SSP 126	0.331
SSP 245	0.331
SSP 370	0.330

Os Modelos de Nicho Ecológicos, não consideram as interações bióticas e outros fatores locais que limitam os intervalos das espécies (por exemplo, barreiras geográficas), sua capacidade de transferência (extrapolação no espaço geográfico) podendo incluir áreas que são inacessíveis para as espécies (Terribile, et al., 2018). *Thismia panamensis* é uma espécie de baixa dispersão, portanto optamos em sermos conservadores para delinear distribuições mais realistas e interpretáveis, aplicamos então o limiar de decisão com base no limite de presença mais baixo (Lowest Presence Threshold ou LPT), selecionando o valor de adequação inferior associado aos registros de ocorrência observados e identificando os valores de adequabilidade climática nesses pontos.

Ecologicamente esta abordagem pode ser interpretada como a identificação de pixels previstos registrando a área como tão adequada quanto aqueles onde a presença de uma espécie foi registrada, sendo, portanto, conservador, identificando a área mínima prevista possível, mantendo o erro de omissão zero no conjunto de dados de treinamento (Pearson, et al. 2007).

Ressaltamos que os registros de presença atualmente disponíveis para esta espécie têm lacunas importantes nos poucos pontos de ocorrência no range de sua distribuição. As áreas verdes representam a área potencial para ocorrência da espécie, mas que ainda não foram efetivamente registradas em campo. A tendência da espécie é se estabelecer em regiões geográficas que apresentem as condições ideais para sua reprodução e sobrevivência, porém podemos observar grandes lacunas em sua distribuição, podendo ser atribuídos aos escassos ou incompletos dados primários disponibilizados para serem usados em modelos preditivos nos impedindo uma compreensão clara das ameaças das mudanças climáticas e avaliações de seu estado de conservação (Hortal et al, 2015; Peterson, et al., 2011; Terribile, et al., 2018).

Mapas de consenso indicaram que a espécie tinha uma área de distribuição maior no passado. Para o futuro, em um cenário menos pessimista, os modelos preveem alteração na distribuição da espécie, constatando a ausência de *Thismia panamensis* para a área do Cerrado. Observamos que a adequabilidade dela é baixa para o Bioma Cerrado, e a probabilidade de ocorrência dela no Bioma é mínima, ou ausente o que observamos nas áreas em verde, o que nos indicaria que potencialmente, de fato, não se trata de *Thismia panamensis* essa espécie relatada pelos pesquisadores Guilherme et al., 2016 e Coelho et al 2021).

CONCLUSÃO

Os modelos de nicho ecológico preveem que a espécie *Thismia panamensis* poderá ficar restrita a populações fragmentadas na porção norte da Amazônia e na América Central. A distribuição potencial gerada pelos modelos indicou a existência de áreas com alta adequabilidade climática para a ocorrência da espécie, porém no Cerrado ficou restrita ao entorno do único registro no bioma. Observamos que a adequabilidade dela é baixa para o Bioma Cerrado com ocorrência mínima, ou ausente, o que nos indicaria que potencialmente, de fato, não se trata de *Thismia panamensis* essa espécie relatada pelos pesquisadores Guilherme et al., 2016 e Coelho et al., 2021).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AZEVEDO, M. O. **Morfoanatomia e desenvolvimento de órgãos vegetativos e reprodutivos da espécie *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker Thismiaceae.** 54 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Conservação) apresentada ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde – GO. Rio Verde.2019.
- BARNOSKY, A. D., MATZKE, N., TOMIYA, S., WOGAN, G. O., SWARTZ, B., QUENTAL, T. B., MARSHALL, C., MCGUIRE, J. L., LINDSEY, E. L., MAGUIRE, K. C., **Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?** Nature, 471, 51-57. 2011.
- BIDARTONDO M. I. **The evolutionary ecology of myco-heterotrophy.** New Phytologist, 167, 335–352.2005.
- BRASIL, B., **Diversidade de formas de vida.** 10 p. Botânica Online, www.botanicaonline.com.br/docx, acessado em 29/06/2020. 2011.
- CEBALLOS, G., EHRLICH, P. R., BARNOSKY, A. D., GARCIA, A., PRINGLE, R. M., PALMER, T. M., **Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction.** Science Advances, 1, e1400253.2015.

- CHANTANAORRAPINT, S. **Lectotypification of *Thismia arachnites* (Thismiaceae), a mysterious species newly reported for Thailand.** Kew Bull. 73: 43. <https://doi.org/10.1007/S12225-018-9765-2>. 2018.
- COELHO, C. P., SOUSA, I. P., SILVA, G. E., ROCHA, D. I., AZEVEDO, M. O., GUILHERME, F. A. G., **Ombrohydrochory in *Thismia panamensis* (Standley) Jonk: a mycoheterotrophic species in Brazilian Cerrado forests.** Plant Biology. INSS: 1435-8603. DOI:10.1111/plb.13250. 2021.
- DANCAK, M. HRONES, M., SOCHOR, M. ***Thismia minutissima* (Thismiaceae), a remarkable new myco heterotrophic species from Sarawak, Borneo.** Kew Bulletin, 75, 29. 2020.
- GUILHERME, F., GOMES, D., COELHO, C., SMIDT, E., & SOUZA, L. ***Thismia panamensis*: first record of Thismiaceae for the Brazilian Cerrado in Goiás state.** Check List, 12, 1.2016.
- HONGYU, K., SANDANIELO, V. L. M., JUNIOR, G. J. O., **Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação Principal Component Analysis: theory, interpretations and applications.** E&S - Engineering and Science ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES20165053 Volume 1, Edição 5. 2015.
- HORTAL, J.; BELLO, F.; DINIZ-FILHO, A. F.; LEWINSOHN, T. M.; LOBO, J. M.; LADLE, R.J.; **Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity.** Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 46:523–49.2015.
- HRONES, M., REIZEK, M., SOCHOR, M., SVATEK, M., KVASNICA, J., EGERTOVA, Z., PEREIRA, J. T., NILUS, R. & DANCAK, M. **Two new species of *Thismia* subsect. Odoaroda (Thismiaceae) from Borneo.** Pl. Ecol. Evol. 151: 110 – 118. 2018. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2018.1387>
- ICMBio, **Roteiro Metodológico para Elaboração e Revisão de Planos de Manejo das Unidades de Conservação Federais.** 208 p. ISBN 978-65-5024-002-8. 2018.
- JOLY, C. A., **Biodiversidade e mudanças climáticas: contexto evolutivo, histórico e político.** Ambiente & Sociedade vol. X, no.1 Campinas.pg. 169-172 Print version ISSN 1414-753X On-line version ISSN 1809-4422.2007.
- LIMOLINO, M.V. Conservation biogeography. **Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature** (ed. by M.V. Lomolino and L.R. Heaney), pp. 293–296. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 2004.
- MERCKX, V.S.F.T., GOMES S.I.F., WAPSTRA M., HUNT C., STEENBEEKE G., MENNES, C. B., WALSH N., SMISSEN R., HSIEH T.H., SMETS E. F., BIDARTONDO M.I. **The**

biogeographical history of the interaction between mycoheterotrophic *Thismia* (Thismiaceae) plants and mycorrhizal *Rhizophagus* (Glomeraceae) fungi. 2017.

NOBREGA, C. C., DE MARCO JUNIOR, P., **Evaluating collinearity effects on species distribution models: An approach based on virtual species simulation.** PLOS ONE | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202403>. 2018.

PARMESAN, C. **Ecological and evolutionary responses to recent climate change.** 2006. Annual Review of Ecology and Systematics 37:637-669.

PEARSON, R. G., RAXWORTHY, C. J., NAKAMURA, M. TOWNSEND PETERSON, A. T., **A Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar.** J. Biogeography.34, 102–117.2007.

PETERSON, A. T., SOBERON, J., PEARSON, R. G., ANDERSON, R. P., **Ecological Niches and Geographic Distributions.** Monographs in Population Biology 49(49) DOI:10.1515/9781400840670. 2011.

RIahi, K., DETLEF, P. V., KRIEGLER, E., EDMONDS, B., O'NEILL, B. C., FUJIMORI, S., BAUER, N., CALVIN, C., DELLINK, R., WOLFGANG, F., POPP, A., CUARESMA, J. C., SAMIR, K. C., LEIMBACH, M., JIANG, L., KRAM, T., RAO, S., EMMMERLING, J., EBI, K., HASEGAWA, T., HAVLIK, P., HUMPENODER, F., SILVA, L. A., SMITH, S., STEHFEST, E., BOSSETI, V., EOM, J., GERNAAT, D., MASUI, T., ROGELJ, J., STREFLER, J., DROUET, V., KREY, V., LUDERER, G., HARMSSEN, M., TAKAHASHI, K., BAUMSTARK, L., DOELMAN, J. C., KAINUMA, M., KLIMONT, Z., MARANGONI, G., LOTZE-CAMPEN, H., OBERSTEINER, A., TABEAU, A., TAVONI, M. **The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview.** Global Environmental Change 42, 153-158. 2017.

RODRIGUES, M., **Variações climáticas e o futuro de espécies animais e vegetais.** 2015. ISSN 2359-4705.

ROOS, A., **A Biodiversidade e a Extinção das Espécies.** V (7), nº 7, p. 1494-1499, MAR-AGO, Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170) 2012.

SILVA, P. L. A., **Biodiversidade e mudanças climáticas no Brasil: levantamento e sistematização de referências.** WWF Brasil (Relatório). Brasília, 2018.

SUDDEE, S. *Thismia* thaithongiana (Dioscoreaceae: Thismieae), **a new species of mycoheterotroph from an unusual habitat.** Phytotaxa 333: 287 – 292. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.333.2.14>. 2018.

TERRIBILE, L. C., FEITOSA, D. T., PIRES, M. G., ALMEIDA, P. C. R., OLIVEIRA, G., XU, C., KOHLER, T. A., LENTON, T. M., SVENNING, J-C., SCHEFFER, M. **Future of the human climate niche.** PNAS. vol. 117. no. 21. DOI: 10.1073/pnas.191011411. 2019.

VARELA, S., LIMA-RIBEIRO, M. S., TERRIBILE, L.V., **A Short Guide to the Climatic Variables of the Last Glacial Maximum for Biogeographers.** PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone. 0129037. 2015.

WEARN, O. R., REUMAN, D. C., EWERS, R. M., **Extinction debt and windows of conservation opportunity in the Brazilian Amazon.** Science, 337, 228-232. 2012.

WHALTER, G-R., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., TREVOR, C. P. BEEBEE, J. C., FROMENTIN, J-C., HOEGH-GULBERGL, O., BAIRLEIN, F., **Ecological responses to recent climate change.** Nature. VOL 416.Pg. 389-395.2002.