

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal**

Ana Carolina da Costa Gontijo

**COMO O HISTÓRICO DE COLETA INFLUENCIA NOSSO CONHECIMENTO**  
**SOBRE A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES**

BELO HORIZONTE

2025

Ana Carolina da Costa Gontijo

**COMO O HISTÓRICO DE COLETA INFLUENCIA NOSSO CONHECIMENTO  
SOBRE A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Rafael Mesquita Neves

Coorientador: Dra. Leila Meyer

BELO HORIZONTE

2025

043 Gontijo, Ana Carolina da Costa.  
Como o histórico de coleta influencia nosso conhecimento sobre a  
distribuição geográfica das espécies [manuscrito] / Ana Carolina da Costa  
Gontijo. – 2025.  
39 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Rafael Mesquita Neves. Coorientador: Dra. Leila Meyer.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal.

1. Desenvolvimento Vegetal. 2. Bignoniaceae. 3. Biodiversidade. 4. Conhecimento. 5. Viés. I. Neves, Danilo Rafael Mesquita. II. Meyer, Leila. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. IV. Título.

CDU: 581



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ICB

COLEGIADO DO CURSO PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

**FOLHA DE APROVAÇÃO - DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

**ANA CAROLINA DA COSTA GONTIJO**

**MATRÍCULA: 2023663584**

**DATA DA DEFESA: 25 DE ABRIL DE 2025**

**TÍTULO**

**"COMO O HISTÓRICO DE COLETAS INFLUENCIA NOSSO CONHECIMENTO SOBRE  
A DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ESPÉCIES"**

**Comissão Examinadora**

Dr. Danilo Rafael Mesquita Neves (UFMG)

Dr. Rodrigo Antônio Castro Souza (Universidade Federal de Lavras)

Dr. Ubirajara de Oliveira (UFMG)

Assinaturas

25 de abril de 2025



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Antônio Castro Souza, Usuário Externo**, em 07/05/2025, às 08:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Danilo Rafael Mesquita Neves, Professor do**



**Magistério Superior**, em 07/05/2025, às 08:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Ubirajara de Oliveira, Usuário Externo**, em 07/05/2025, às 11:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4102519** e o código CRC **F409A9B8**.

---

Dedico esse trabalho aos meus queridos pais, João Batista e Eva Mônica

E aqueles que por sorte do destino nossas linhas se cruzaram.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter colocado pessoas tão incríveis na minha vida e por me permitir ir além do que um dia imaginei para mim.

Aos meus orientadores, por todo apoio e orientação nesta jornada de mestrado. Ao Danilo, por ser um ótimo orientador e por me permitir fazer parte do laboratório de Macroecologia, que me mostrou que a área acadêmica pode ser um ambiente saudável e colaborativo. À Leila, por ser uma das pessoas mais incríveis que conheci na minha vida, me acompanhando desde a iniciação científica até o mestrado. Obrigada por me fazer sentir capaz; sem você, eu não estaria aqui. À Ju, pela orientação na iniciação científica e pelas dicas de escrita, que foram fundamentais na minha trajetória.

Aos meus pais, João e Eva, por terem me dado a vida e por estarem sempre ao meu lado. Obrigada por exercerem tão bem o papel de pais e, além disso, serem meus companheiros e amigos. Agradeço também aos meus familiares por serem tão presentes e por me apoiarem sempre. Aos ausentes, obrigada pelas boas memórias e por terem me acompanhado enquanto foi possível. Ao meu cachorro Alemão, por ser tão divertido e carinhoso, e sempre me acompanhar na escrita (do meu lado, dormindo, com ventilador ligado).

Ao meu noivo, Otávio, por me acompanhar nessa jornada e por ser um ótimo companheiro. Você me ajudou desde o início, quando me contou sobre a vaga de iniciação científica no laboratório, até o final do mestrado, lendo meus textos e aguentando meus surtos e minha sensação de incapacidade. Obrigada por ter me dado outra família: Ana Lucia, Luiz Felipe e demais familiares, obrigada pelo apoio e incentivo na minha caminhada.

Aos meus amigos, as “Divas do quarto 3”, e à Talitinha, por estarem comigo desde a pré-adolescência e por me acompanharem e me apoiarem até a vida adulta. Aos meus amigos da faculdade, “Oi @”, por me acompanharem em todos os momentos, e sou grata por tudo que vivemos juntos. À minha amiga Larissa, por ter aceitado brincar comigo há quase 20 anos atrás. Aos meus amigos da vida adulta, integrantes do Laboratório de Macroecologia, com vocês a jornada de mestrado foi mais leve e alegre. Sou grata à vida de cada um de vocês, com quem vivi muitos momentos especiais. Gratidão pela amizade e apoio, em especial à Catherine, pela ajuda na revisão do texto.

Agradeço ao sistema de fomento CAPES, pelo financiamento do mestrado. À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, à coordenação e à secretaria, especialmente à Denise, por sempre serem solícitos às minhas demandas.

Agradeço aos meus professores de todo o mestrado, que me auxiliaram a ver o mundo acadêmico com outros olhos. Me ensinaram a escrever, a desenhar, a entender o vasto mundo da taxonomia e ecologia, além dos levantamentos florísticos. Vocês me permitiram sonhar. Em especial aos professores e amigos da UFMS, por todo conhecimento compartilhado.

Agradeço a todos membros da banca por terem aceitado meu convite: Rodrigo, Ubirajara, Annelise e Alexandre Salino.

Agradeço também a todos aqueles que não estão nessas linhas, mas que estão sempre presentes.

**GRATIDÃO E MUITO OBRIGADA!**

*"Viver é um rasgar-se e remendar-se..."*

**Guimarães Rosa**

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar como o histórico de coletas botânicas pode influenciar o conhecimento sobre a área de distribuição geográfica e a amplitude climática de um táxon.

**Hipótese:** Espera-se que espécies que possuem maior número de registros e passaram por mais revisões taxonômicas sejam aquelas com maior estabilidade em sua distribuição geográfica e amplitude climática.

**Localização:** Região Neotropical.

**Período de tempo:** Presente.

**Principais táxons estudados:** Tribo Bignonieae (Bignoniaceae).

**Métodos:** Utilizamos um banco de dados com aproximadamente 29 mil registros de ocorrência georreferenciados, além de 19 variáveis bioclimáticas do WorldClim. A partir desses dados, avaliamos a estabilidade na distribuição geográfica e amplitude climática das espécies por meio da construção e comparação de dois polígonos: um com todos os registros de ocorrência de uma espécie (polígono total) e o outro com 80% dos registros mais antigos (polígono parcial). Também elaboramos mapas para possibilitar a visualização das principais lacunas de distribuição geográfica das espécies, assim como realizamos análises estatísticas para verificar se o número de registros e de revisões taxonômicas está relacionado com a estabilidade do conhecimento sobre a distribuição geográfica e amplitude climática das espécies.

**Resultados:** Das 300 espécies de Bignonieae avaliadas, 198 (66%) apresentaram estabilidade na área de distribuição geográfica e 188 (63%) na amplitude climática. Os gêneros com maior número de espécies foram aqueles que se destacaram pelo maior número de espécies não estáveis para ambos os espaços geográfico e climático, bem como pelo maior número de espécies com  $\leq 10$  registros de ocorrência. Dentre esses gêneros destacam-se *Adenocalymma*, *Fridericia* e *Anemopaegma*. As regiões que concentram mais espécies com baixa estabilidade para ambos os espaços geográfico e climático foram as regiões da Amazônia e da Mata Atlântica. Observamos que espécies com um número maior de registros de ocorrência e de revisões taxonômicas tendem a apresentar maior estabilidade do conhecimento sobre a distribuição geográfica e amplitude climática.

**Principais conclusões:** As coleções de herbários são fundamentais para a construção do conhecimento científico sobre a biodiversidade. Para superar as lacunas e os vieses presentes nos dados disponíveis é essencial investir tanto em expedições de coleta quanto em revisões

taxonômicas. Este trabalho contribui para indicar grupos ou espécies que necessitam de maior atenção, além de apontar locais prioritários para futuras coletas.

**Palavras-Chave:** tribo bignonieae (bignoniaceae); lacunas de conhecimento sobre a biodiversidade; lacuna wallaceana; lacuna hutchinsoniana.

## **ABSTRACT**

**Aim:** To assess how the history of botanical collections can influence the knowledge about the geographic range and climatic breadth of a taxon.

**Hypothesis:** It is expected that species with more records and that have undergone more taxonomic revisions will show greater stability in their geographic range and climatic breadth.

**Location:** Neotropical region.

**Time period:** Present.

**Main taxa studied:** Tribe Bignonieae (Bignoniaceae).

**Methods:** A database with ~29.000 georeferenced and dated occurrence records was used, along with 19 bioclimatic variables from WorldClim. Based on these data, we assessed the stability in each species' geographic range and climatic breadth by building and comparing two polygons: one using all occurrence records of a species (total polygon), and the other using the oldest 80% of records (partial polygon). We also produced maps to visualize the main gaps in the geographic distribution of species. We conducted statistical analyses to assess whether the number of records and taxonomic revisions is related to the stability of knowledge about species' geographic range and climatic breadth.

**Results:** From the 300 evaluated species, 198 (66%) showed stability in geographic range and 188 (63%) showed stability regarding climatic breadth. Genera with the highest species richness also accounted for the greatest number of species exhibiting instability in both geographic and climatic spaces, as well as the highest number of species with  $\leq 10$  occurrence records. Notable among these genera are *Adenocalymma*, *Fridericia*, and *Anemopaegma*. The Amazon and Atlantic Forest regions concentrated the highest number of species with low stability across both geographic and climatic spaces. Our analyses indicate that species with a greater number of occurrence records and taxonomic revisions tend to exhibit higher stability in the knowledge of their geographic range and climatic breadth.

**Main conclusions:** Herbarium collections are fundamental to constructing scientific knowledge about biodiversity. To overcome the gaps and biases in the available data, investing in field expeditions and taxonomic revisions is essential. Our study contributes to identifying groups or species that need greater attention, as well as highlighting priority areas for future studies.

**Keywords:** bignonieae; biodiversity knowledge shortfalls; wallacean shortfall; hutchinsonian shortfall.

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	14
2.MÉTODOS.....	17
2.1.Registros de ocorrência das espécies .....	17
2.2.Dados climáticos associados aos registros de ocorrência.....	17
2.3.Avaliação da estabilidade na área de distribuição geográfica e amplitude climática.....	17
2.4.Mapas de distribuição .....	18
2.5.Análises estatísticas .....	19
3.RESULTADOS .....	19
4.DISSCUSSÃO .....	30
5.CONCLUSÃO.....	33
6.REFERÊNCIAS .....	34

## INTRODUÇÃO

No cenário atual de ampla erosão da biodiversidade (Lima et al., 2020), conhecer a identidade das espécies e seus locais de ocorrência são informações fundamentais para propor estratégias de conservação da biodiversidade em escalas locais a continentais (Ribeiro et al., 2022). No caso das plantas, as coletas botânicas depositadas em herbários são essenciais para estabelecer a distribuição geográfica das espécies (Eckert et al., 2024). Tal conhecimento é a base para se investigar padrões de diversidade, distribuição e endemismo, bem como indicar desde a restrição geográfica de um táxon e sua ampla distribuição (e.g., Meyer et al., 2020a, Narváez-Gómez et al., 2022). Conhecer a distribuição geográfica das espécies também é importante para o planejamento da conservação, sendo utilizado, por exemplo, na avaliação de risco de extinção das espécies (e.g., IUCN, 2025), além de permitir avaliar como sua distribuição pode ser alterada por conta da perda de habitat e ações antrópicas (Pereira et al., 2010; Sobral-Souza et al., 2021). Apesar dos avanços recentes na disponibilização de informações de coletas depositadas em coleções científicas em plataformas on-line e gratuitas (e.g., GBIF, BIEN, speciesLink), existem lacunas e vieses de conhecimento que variam entre os grupos taxonômicos e regiões geográficas (Sousa-Baena et al., 2014; Meyer et al., 2016; Oliveira et al., 2016). Portanto, é imprescindível avaliar se as informações disponíveis nessas bases de dados são representações adequadas das múltiplas dimensões da biodiversidade.

Para avaliar as lacunas de conhecimento em dados de biodiversidade, Hortal et al. (2015) sintetizaram sete lacunas de conhecimento, sendo elas: (I) Linneana, relacionada à falta de conhecimento sobre a identidade das espécies; (II) Wallaceana, referente à distribuição geográfica das espécies; (III) Prestoniana, ligada à abundância e dinâmica populacional; (IV) Darwiniana, associada à história evolutiva e às relações filogenéticas; (V) Raunkiaeriana, que trata dos aspectos funcionais das espécies; (VI) Hutchinsoniana, relacionada à tolerância a fatores abióticos e nicho ecológico; e (VII) Eltoniana, que aborda as interações ecológicas. Todas essas lacunas de conhecimento são importantes, mas suas prioridades podem depender do contexto de estudo.

Compreender a distribuição das espécies e como elas reagem aos fatores abióticos pode ser considerada umas das tarefas de maior prioridade no atual cenário de mudança de uso da terra e emergência climáticas. No entanto, a lacuna Hutchinsoniana tem sido menos avaliada em comparação à Wallaceana. Ainda, a lacuna Wallaceana é geralmente analisada por meio de curvas de acumulação de espécies dado o esforço de amostragem, as quais mensuram a completude da amostragem (e.g., Stropp et al., 2016; Lobo et al., 2019; Narváez-Gómez et al.,

2021). O estudo das lacunas é fundamental para entender as limitações dos dados disponíveis (Hortal et al., 2015), podendo ser visto tanto como um obstáculo para as pesquisas quanto como um fator determinante para compreender as limitações do estudo. Nesse contexto, a identificação das lacunas Hutchinsoniana e Wallaceana podem direcionar novos esforços que contribuam para suprir tais deficiências visando aperfeiçoar análises e modelos de biodiversidade em cenários de mudanças climáticas e no uso da terra.

Avaliações considerando a estabilidade em relação ao conhecimento da distribuição geográfica de cada espécie são menos comuns (Gupta et al., 2020). Pensando em trabalhos futuros de coletas botânicas, pontuar as espécies que precisam de mais coletas é fundamental para os estudos taxonômicos e ecológicos. Espera-se que, táxons descritos há mais tempo, tenha acumulado mais coletas e passado por mais revisões taxonômicas em relação aos descritos recentemente. Desse modo, é esperado que espécies que tenham maior número de registros e mais revisões taxonômicas tenham acumulado mais conhecimento sobre sua distribuição e, dessa forma, a delimitação de sua área de distribuição geográfica e conhecimento de sua amplitude climática, isto é, sua ocorrência com base na tolerância climática, tenham se estabilizado.

As lianas representam uma forma de vida chave em regiões tropicais, mas são muito menos estudadas em comparação às espécies arbóreas. As lianas são plantas trepadeiras que dependem de algum suporte físico, como árvores e arbustos, para crescerem (Schnitzer & Bongers, 2002). Elas representam até 35% da diversidade de espécies de plantas vasculares e até 25% da densidade de plantas lenhosas em florestas tropicais (Schnitzer et al., 2002), sendo fundamentais na estruturação e funcionamento desses ecossistemas. Na região Neotropical, a tribo Bignonieae (Bignoniaceae) se destaca como um dos maiores clado de lianas, com quase 400 espécies, das quais aproximadamente 88% são lianas e 12% são arbustos (Lohmann & Taylor, 2014; Meyer et al., 2020a).

A tribo Bignonieae se distribui do sul dos Estados Unidos até o norte do Chile e da Argentina (Lohmann et al., 2013), com espécies que ocorrem em diversos ecossistemas, com algumas restritas a florestas, ambientes ripários ou savanas, enquanto outras são generalistas e apresentam ampla distribuição geográfica (Lohmann et al., 2013; Lohmann & Taylor, 2014; Meyer et al., 2018, 2020a). Sua ampla distribuição ao longo do neotrópico, bem como a variação no tamanho da área de distribuição geográfica e na amplitude climática entre as espécies fazem da tribo Bignonieae um excelente modelo de estudo. Além disso, estudos

taxonômicos e esforços de coleta se estendem por mais de 200 anos, desde Linnaeus em 1753. Esse grupo também representa um dos mais bem estudados entre as plantas neotropicais, com estudos filogenéticos (e.g., Lohmann, 2006; Fonseca & Lohmann, 2018), taxonômicos (e.g., Lohmann & Taylor, 2014; Kaehler & Lohmann, 2020), evolutivos (e.g., Alcantara et al., 2013; Pace et al., 2015) e biogeográficos (e.g., Lohmann et al., 2013; Meyer et al., 2020a, 2020b; Narváez-Gómez et al., 2022). Apesar de ser um grupo bem estudado, o esforço de estudo quanto às espécies da tribo não é uniforme, sendo importante avaliar quais estão bem amostradas.



Figura 1. Diversidade da tribo Bignonieae (Bignoniaceae). Fotos realizadas ao longo do mestrado por A.C.C. Gontijo.

Aqui, avaliamos como o histórico de coletas botânicas pode influenciar o conhecimento sobre a área de distribuição geográfica e amplitude climática de um táxon. Para isso, mensuramos a estabilidade da área de distribuição geográfica e amplitude climática das espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), a partir de ~29 mil registros primários de ocorrência. Assim, indicamos quantas espécies da tribo apresentam estabilidade na delimitação da área de distribuição geográfica e na amplitude climática, bem como os gêneros e regiões que concentram maior número de espécies que ainda não atingiram estabilidade em sua distribuição no espaço geográfico e climático. Esperamos que espécies que passaram por mais revisões taxonômicas e que tenham maior número de registros sejam aquelas com mais estabilidade em sua distribuição no espaço geográfico e climático. Este trabalho contribui para a avaliação quantitativa das lacunas Wallaceana e Hutchinsoniana na tribo Bignonieae, além de permitir a visualização dos gêneros e regiões que incluem muitas espécies não estáveis, os quais são prioritários em futuras expedições de coletas botânicas, ou até mesmo a digitalização de dados que já foram coletados.

## MÉTODOS

### Registros de ocorrência das espécies

Para representar a distribuição geográfica das espécies da tribo Bignonieae, foi utilizado um banco de dados com ~29 mil registros de ocorrência georreferenciados, que em sua maioria (~28 mil registros) também tinham a data de coleta. O banco de dados foi compilado por L.G. Lohmann, a partir de espécimes coletados pela própria pesquisadora e espécimes depositados em herbários, especialmente no herbário *Missouri Botanical Garden*. Esse banco de dados passou por uma criteriosa revisão realizada em conjunto por L.G. Lohmann, L. Meyer e J. Narváez-Gómez (veja Meyer et al., 2018). Durante a revisão do banco de dados, foi realizada uma busca de todos os registros disponíveis para espécies com menos de 10 registros de ocorrência. As espécies com 10 ou mais registros foram consideradas bem representadas quanto a sua distribuição geográfica e registros de ocorrência adicionais não foram buscados (Meyer et al., 2018). A delimitação taxonômica das espécies seguiu Lohmann & Taylor (2014), exceto para alguns táxons para os quais atualizações taxonômicas foram publicadas mais recentemente (e.g., Fonseca & Lohmann, 2019; Frazão & Lohmann, 2019; Kaehler et al., 2019). Esse mesmo banco de dados foi usado para desenvolver outros estudos macroecológicos (Meyer et al., 2020a, 2020b; Narváez-Gómez et al., 2022).

### Dados climáticos associados aos registros de ocorrência

Obtivemos o raster das 19 variáveis bioclimáticas do WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), com resolução de 15 x 15 km que foram cortados para área de ocorrência da tribo Bignonieae (i.e., do sul dos Estados Unidos até o norte do Chile e Argentina). A partir dos valores das 19 variáveis bioclimáticas em cada célula do raster, fizemos uma Análise de Componentes Principais (*Principal Component Analysis*; PCA). A PCA foi escolhida pois permitiu sintetizar a variação de um conjunto grande de variáveis em eixos de ordenação, enquanto preserva o máximo possível de variabilidade original. A partir da PCA, foram extraídos os dois primeiros eixos de ordenação, que juntos representaram 69% da variação das variáveis bioclimáticas. Por fim, extraímos para cada registro de ocorrência das espécies da tribo os valores correspondentes do primeiro e segundo eixos da PCA.

### Avaliação da estabilidade na área de distribuição geográfica e amplitude climática

Para avaliar a estabilidade na distribuição geográfica e na amplitude climática das espécies, consideramos apenas as espécies com  $\geq 10$  registros de ocorrência, ou seja 300 espécies (75% do total de 399 espécies da tribo). Realizamos a avaliação da estabilidade na distribuição geográfica e climática das espécies utilizando o método desenvolvido por Gupta et

al. (2020), construindo e comparando a área de dois Mínimo Polígonos Convexos (MCPs) - polígono total e parcial. O MCP total inclui todos os registros de ocorrência da espécie, enquanto o MCP parcial incluiu apenas 80% dos registros mais antigos da espécie. Para avaliar a estabilidade na distribuição geográfica e climática de cada espécie, calculamos o incremento na área do MCP parcial em relação ao MCP total com todos os registros de ocorrência. Consideramos estáveis as espécies que tiveram um incremento na área de distribuição  $\leq 10\%$  (Gupta et al., 2020). Também testamos outras combinações dos limiares de estabilidade, sendo: diferentes porcentagens de registros mais antigos incluídos no polígono parcial (i.e., 50% 60%, 70% e 90% dos registros mais antigos); e diferentes incrementos de área na comparação entre o polígono parcial e total (i.e., 5%, 15% e 20%). Para confecção dos MCPs utilizamos a função *st\_convexhull* do pacote *sf* (Pebesma et al., 2018) a área de cada polígono utilizando a função *st\_area* do pacote *sf*.

Para avaliar a estabilidade na amplitude climática das espécies, também construímos MCPs, mas dentro do espaço climático. Ou seja, a partir dos valores do primeiro e segundo eixos da PCA associados aos registros de ocorrência de cada espécie, delimitamos um MCPs englobando todos os registros de ocorrência da espécie (polígono total) e o outro polígono englobando apenas 80% dos registros mais antigos (polígono parcial). Os MCP foram delimitados usando a função *chull* do pacote *grDevices* (R Core Team, 2024). Para calcular a área de cada MCP, utilizamos a equação do cadarço de Gauss, que é um método matemático para determinar a área de um MCP a partir das coordenadas de seus vértices, somando os produtos cruzados das coordenadas consecutivas e aplicando um ajuste para garantir um resultado preciso. A área de cada polígono no espaço climático foi calculada usando a função *polyarea* do pacote *pracma* (Borchers, 2023). Todas as análises mencionadas acima foram conduzidas em ambiente R.

### **Mapas de distribuição**

Para identificar padrões espaciais em relação à estabilidade no espaço geográfico e climático das espécies e localizar regiões com lacunas de conhecimento, primeiro sobrepomos o mínimo polígono convexo de cada espécie a uma grade de  $0,5^\circ$  (~55 km x 55 km) de resolução, cobrindo toda a área de ocorrência da tribo Bignonieae. Assim, construímos o mapa de riqueza de espécies da tribo ao contar quantas espécies se sobrepõem a cada célula da grade. Em seguida, associamos a cada espécie um valor de estabilidade no espaço geográfico e no espaço climático. A partir disso, calculamos a média da estabilidade para cada célula da grade, considerando as espécies presentes na respectiva célula. Com esses valores, construímos dois

mapas para cada espaço (geográfico e climático), sendo: (i) mapa com média da estabilidade, (ii) mapa com a média da estabilidade ponderada pela riqueza de espécies de cada célula da grade. Para ponderar a média da estabilidade de cada célula da grade pela riqueza, primeiramente escalonamos a riqueza de espécies para variar entre 0 e 1 e, na sequência, multiplicamos a média da estabilidade pela riqueza escalonada.

### **Análises estatísticas**

Obtivemos o número de registros de ocorrência de cada espécie pela contagem de espécimes presentes no banco de dados de registros de ocorrência da tribo. Para contabilizar o número de revisões taxonômicas, compilamos 26 trabalhos de revisão abrangendo a tribo ou gêneros específicos. Obtivemos o número de revisões pela contagem dos trabalhos de revisão posteriores à data de descrição da espécie, assumindo que as espécies descritas até a data da revisão teriam sido incluídas naquele trabalho. Revisões dedicadas a gêneros específicos foram consideradas apenas na contagem do número de revisões das espécies do gênero.

Construímos modelos lineares (LM) que incluíam o valor calculado de estabilidade no espaço geográfico e no espaço climático (variável resposta) para cada espécie da tribo em função de dois preditores: o número de registros de ocorrência e o número de revisões taxonômicas para cada espécie. Utilizamos o  $R^2$  ajustado para quantificar a variação explicada pelos modelos lineares, bem como o P-valor para avaliar se a relação entre as variáveis foi estatisticamente significativa. Visando avaliar e controlar o efeito de autocorrelação temporal nas análises, aplicamos modelos de Mínimos Quadrados Generalizados (GLS), utilizando o ano de descrição da espécie como variável de controle da autocorrelação temporal. Posteriormente, computamos o delta AIC para comparar o AIC dos modelos LM em relação ao AIC dos modelos GLS. Para todos os modelos (LM e GLS), extraímos a inclinação (coeficiente angular) para indicar quanto a variável resposta muda para cada unidade de aumento na variável preditora. As análises de GLS e delta AIC foram computadas usando os pacotes *nlme* (Pinheiro et al., 2017) e *MuMIn* (Barton, 2025) do R.

## **RESULTADOS**

A tribo Bignonieae apresenta 399 espécies descritas até o momento. O tamanho da área de distribuição das espécies varia de 11.786 km<sup>2</sup> a 16.335.077.009 km<sup>2</sup>, com média de 670.433.241 km<sup>2</sup> (sd = 3.285.085.629 km<sup>2</sup>). A maior riqueza de espécies se concentra nas regiões de ecossistemas florestais, como a Amazônia e Mata Atlântica (Figura 2), onde a

riqueza chega até 100 espécies por célula de 55 km x 55 km. As espécies da tribo, que ocorrem no Brasil, estão distribuídas pelos diferentes domínios fitogeográficos, majoritariamente na Amazônia (31%), Mata Atlântica (25%) e Cerrado (22%) (Figura 3).

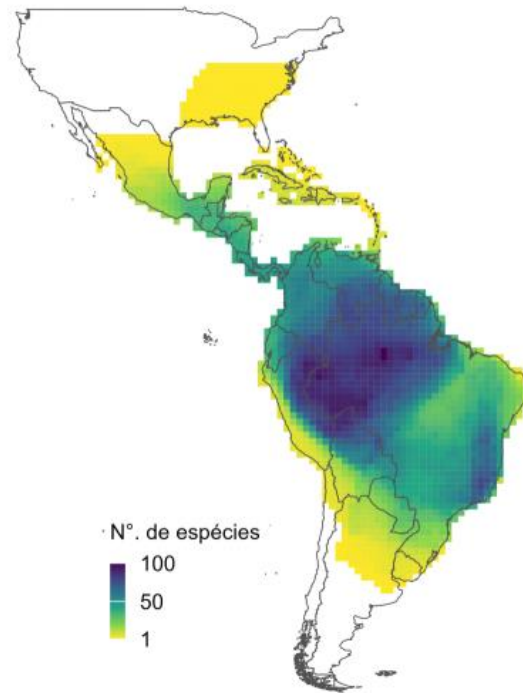


Figura 2. Mapa de riqueza das espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae).

### ESPÉCIES POR DOMÍNIO FITOGEOGRÁFICO

Amazônia Caatinga Cerrado Mata Atlântica Pampa Pantanal

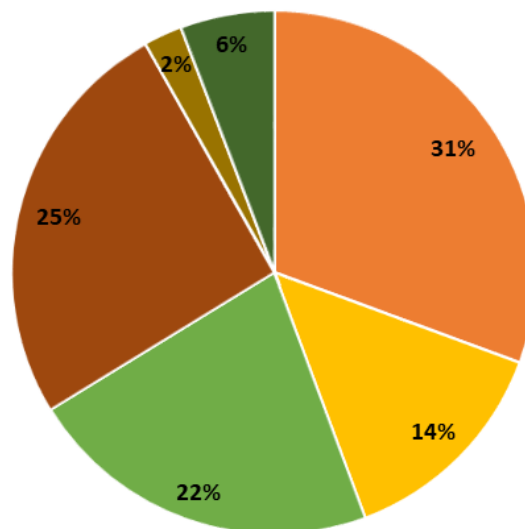


Figura 3. Distribuição das espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), que ocorrem no Brasil, por domínio fitogeográfico, com base em dados do *Flora do Brasil* (2025).

Para a análise da estabilidade considerando uma diferença  $\leq 10\%$  entre o polígono total (i.e., incluindo todos os registros de ocorrência) e o polígono parcial (i.e., com apenas 80% dos registros mais antigos), encontramos 198 (66% de 300 espécies avaliadas) espécies estáveis considerando o espaço geográfico, bem como 188 (63%) espécies estáveis de acordo com a amplitude climática (Figura 4). Em comum, 142 (47% de 300 espécies avaliadas) foram avaliadas como estáveis tanto em relação à distribuição geográfica quanto à amplitude climática. No entanto, com a mudança dos critérios usados para determinar a estabilidade da distribuição geográfica ou climáticas das espécies (i.e., porcentagem dos registros mais antigos considerados e diferença na área entre os dois polígonos), o número de espécies consideradas estáveis pode mudar (Tabela 1). Aumentando a porcentagem de registros mais antigos considerados no polígono parcial, a tendência é observar um aumento no número de espécies estáveis em ambos espaços, geográfico e climático. Da mesma forma, aumentando a diferença de área entre os dois polígonos, mais espécies são classificadas como estáveis.

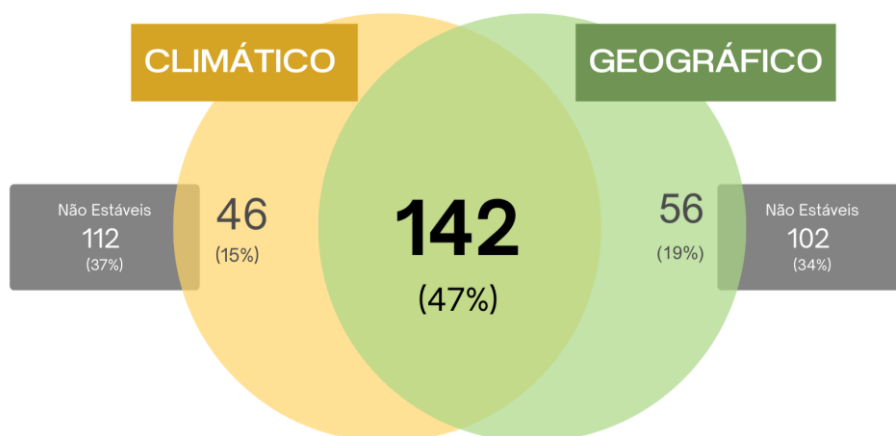


Figura 4. Diagrama de Venn mostrando as espécies consideradas estáveis em ambos os espaços geográfico e climático e exclusivas de cada espaço, bem como as espécies que não foram consideradas estáveis. Foram avaliadas um total de 300 espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae) que tinham  $\geq 10$  registros de ocorrência.

Tabela 1. Variação do número de espécies consideradas estáveis conforme mudança dos critérios usados para determinar a estabilidade da distribuição geográfica ou climáticas das espécies (i.e., porcentagem dos registros mais antigos considerados no polígono parcial e diferença na área entre os polígonos parcial e total). Foram avaliadas 300 espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae) que tinham  $\geq 10$  registros. Valores em verde escuro representam o número de espécies estáveis considerando espaço geográfico, enquanto valores em amarelo queimado representam as espécies estáveis no espaço climático.

		Porcentagem de registros mais antigos incluídos no polígono parcial				
		50%	60%	70%	80%	90%
Diferença de área entre o polígono parcial e o polígono total com todos os registros de ocorrência	5%	42   31	64   51	110   84	153   142	224   222
	10%	67   57	106   89	169   129	198   188	246   251
	15%	86   81	134   112	194   162	222   215	266   261
	20%	108   103	157   135	211   184	234   234	274   271

Considerando os gêneros que concentram espécies estáveis, observamos que o número de espécies estáveis variou entre os espaços geográfico e climático para cada gênero, sendo (Figura 5 e 6): *Adenocalymma* com 34 (65% de 52 espécies avaliadas do gênero) espécies estáveis no espaço geográfico e 33 (63 %) no espaço climático; *Fridericia* com 35 (57% de 61 espécies) estáveis no espaço geográfico e 30 (49%) no espaço climático; *Anemopaegma* com 16 (33% de 48 espécies) estáveis no espaço geográfico e 19 (61%) no espaço climático; e *Amphilophium* com 21 (66% de 46 espécies) espécies estáveis em ambos os espaços. No entanto, para os gêneros *Amphilophium*, *Anemopaegma* e *Fridericia* a maior parte das espécies estáveis tiveram as últimas coletas realizadas entre 1990-1999.

Dentre os gêneros da tribo, aqueles que se destacaram pelo maior número de espécies avaliadas como não estáveis foram (Figura 5 e 6): *Adenocalymma* (20 espécies no espaço geográfico e 21 no espaço climático); *Fridericia* (17 e 22); *Anemopaegma* (15 e 12); *Amphilophium* (11 em ambos os espaços); *Bignonia* (6 e 11), *Cuspidaria* (5 e 7) e *Pleonotoma* (6 em ambos os espaços). Além disso, os gêneros que concentram espécies que não foram avaliadas, pois tinham  $\leq 10$  registros de ocorrência foram: *Adenocalymma* (22 espécies), *Anemopaegma* (17), *Amphilophium* (14), *Fridericia* (9) e *Tanaecium* (9).

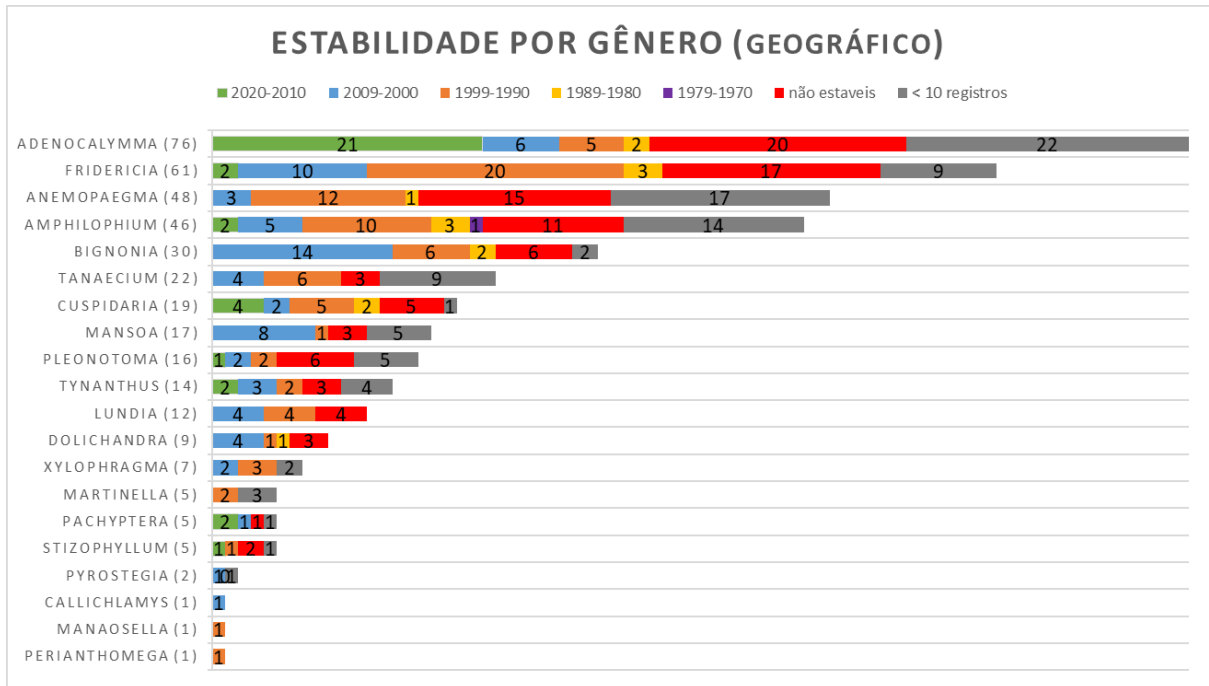


Figura 5. Distribuição das espécies estáveis, não estáveis e não avaliadas pelos gêneros da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), considerando o espaço geográfico. Ao lado do nome de cada gênero é apresentado o total de espécies do gênero. Em cinza estão as espécies que não foram avaliadas quanto a sua estabilidade, pois tinham  $\leq 10$  registros de ocorrência. Em vermelho são as espécies consideradas não estáveis, enquanto as demais cores representam as espécies estáveis, as quais foram agrupadas em diferentes décadas de acordo com a data do último registro feito para a espécie.

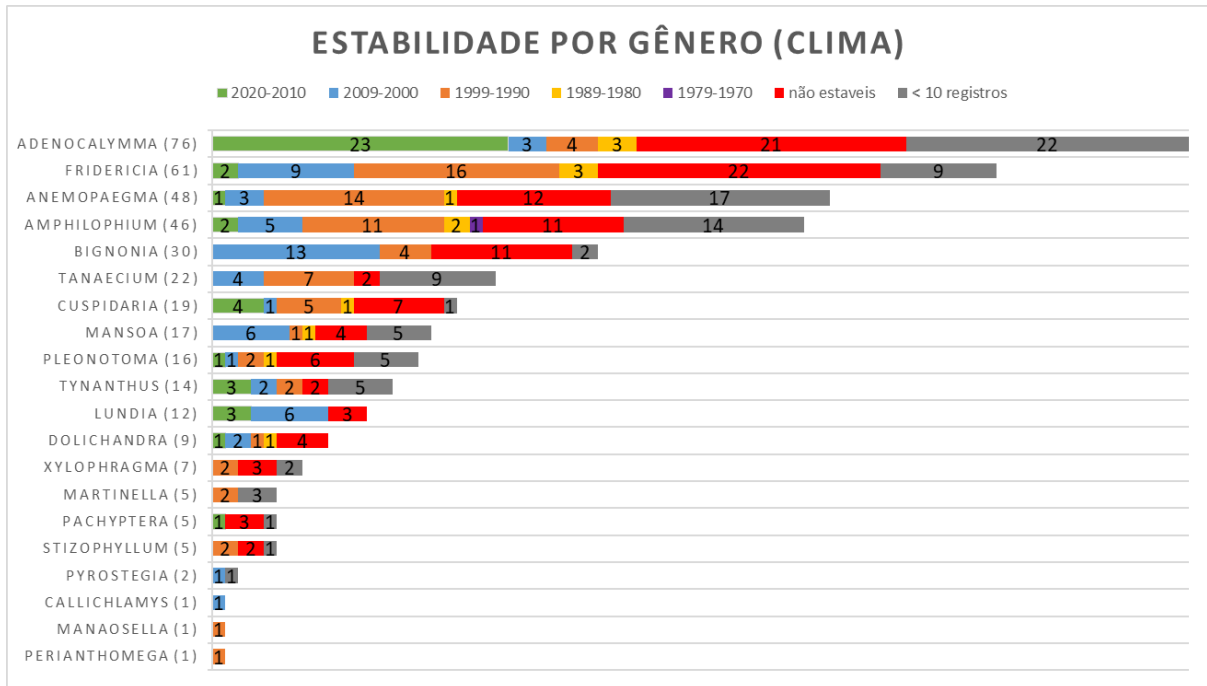


Figura 6. Distribuição das espécies estáveis, não estáveis e não avaliadas pelos gêneros da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), considerando o espaço climático. Ao lado do nome de cada gênero é apresentado o total de espécies do gênero. Em cinza estão as espécies que não foram avaliadas quanto a sua estabilidade, pois tinham  $\leq 10$  registros de ocorrência. Em vermelho são as espécies consideradas não estáveis, enquanto as demais cores representam as espécies estáveis, as quais foram agrupadas em diferentes décadas de acordo com a data do último registro feito para a espécie.

Considerando a média da data da última coleta das espécies dos gêneros, bem como a data mais antiga e mais recente dos registros de ocorrência, temos: *Adenocalymma* (média: 2000; min: 1816; max: 2016); *Fridericia* (média: 1991; min: 1876; max: 2013); e *Anemopaegma* (média: 1989; min: 1849; max: 2019).

O padrão de distribuição espacial na média da estabilidade e na média da estabilidade ponderada pela riqueza foram similares para ambos os espaços geográfico e climático (Figura 7 e 8). A média da estabilidade apresentou uma distribuição espacial relativamente uniforme ao longo da região Neotropical. Quando ponderada pela riqueza de espécies, a média da estabilidade passou a apresentar um padrão espacial mais evidente, com as regiões da Amazônia e Mata Atlântica com valores mais altos, indicando concentração de espécies com baixa estabilidade nessas regiões. Outras áreas como a Diagonal Sazonalmente Seca da América do Sul, América Central e região sul da América do Sul apresentam valores intermediárias,

indicando que, apesar de menor riqueza nessas áreas, as espécies que ali ocorrem tendem a apresentar baixa estabilidade na distribuição geográfica e amplitude climática.

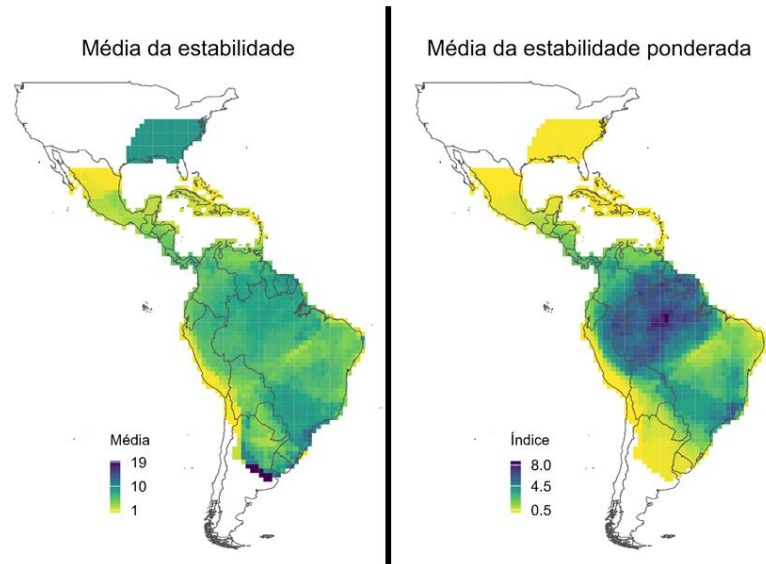


Figura 7. Mapa de distribuição da estabilidade das espécies da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), considerando o espaço geográfico. À esquerda é apresentado o mapa da média da estabilidade das espécies presentes em cada célula da grade, enquanto à direita é apresentado o mapa da média da estabilidade ponderada pela riqueza de espécies em cada célula da grade. Valores mais altos (em tons de azul) em ambos os mapas representam células da grade que concentram espécies com baixa estabilidade em relação a sua área de distribuição geográfica.

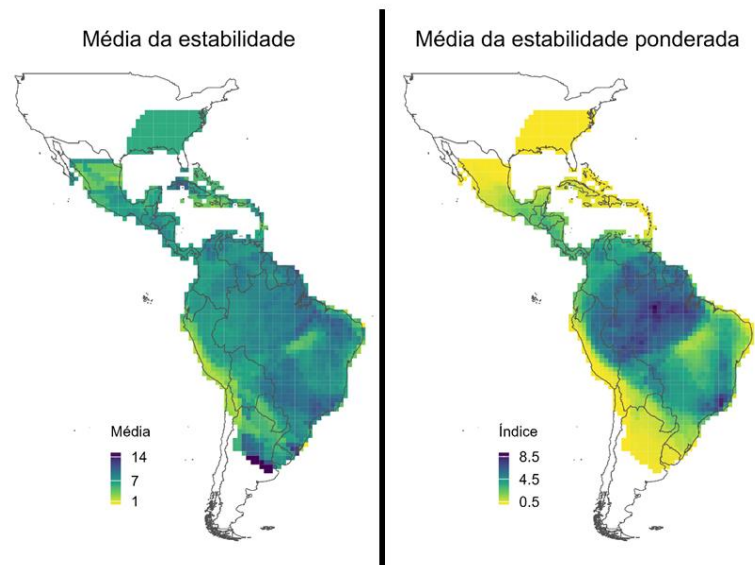


Figura 8. Mapa de distribuição da estabilidade das espécies da tribo Bignoniaceae (Bignoniaceae), considerando o espaço climático. À esquerda é apresentado o mapa da média da estabilidade das espécies presentes em cada célula da grade, enquanto à direita é apresentado o mapa da média da estabilidade ponderada pela riqueza de espécies em cada célula da grade. Valores mais altos (em tons de azul) em ambos os mapas representam células da grade que concentram espécies com baixa estabilidade em relação a sua amplitude geográfica.

Os modelos de regressão evidenciaram que espécies com valores mais baixos para a estabilidade (i.e., espécies que tiveram pequeno incremento entre o polígono parcial e o total, indicando maior estabilidade na distribuição geográfica e amplitude climática) são aquelas com maior número de registros de ocorrência e revisões taxonômicas (Tabela 2; Figura 9 e 10). Os resultados se mantiveram semelhantes e significativos nos modelos de mínimos quadrados generalizados, que incluíram ano de descrição das espécies como controle de autocorrelação temporal.

Tabela 2. Parâmetros derivados de modelos de regressão entre a estabilidade no espaço geográfico ou climático para cada espécie da tribo Bignonieae (Bignoniaceae), e os dois preditores: número de registros de ocorrência e número de revisões taxonômicas. Geo = Estabilidade no Espaço Geográfico; Clima = Estabilidade no Espaço Climático; LM = Modelo Linear; GLS = Mínimos Quadrados Generalizados;  $R^2$  = coeficiente de determinação; NA = não aplicável; AIC = Critério de Informação de Akaike. Valores de Delta AIC foram calculados comparando o AIC do modelo LM em relação ao AIC do modelo GLS, ou seja, representam o incremento no AIC dos modelos LM em comparação aos modelos GLS.

<b>Modelo</b>	<b>Regressão</b>	<b><math>R^2</math> ajustado</b>	<b><i>P</i> valor</b>	<b>Delta AIC</b>	<b>Inclinação</b>
Geo ~ N°. Revisões	LM	0,12	< 0,001	0,79	-1.68
	GLS	NA	< 0.001		-1.64
Geo ~ N°. Registros	LM	0,10	< 0,001	5,04	-11.22
	GLS	NA	< 0,001		-11.05
Clima ~ N°. Revisões	LM	0,04	0,04	0,24	-0.85
	GLS	NA	0,04		-0.83
Clima ~ N°. Registros	LM	0,16	< 0,001	3,84	-11.73
	GLS	NA	< 0,001		-11.61

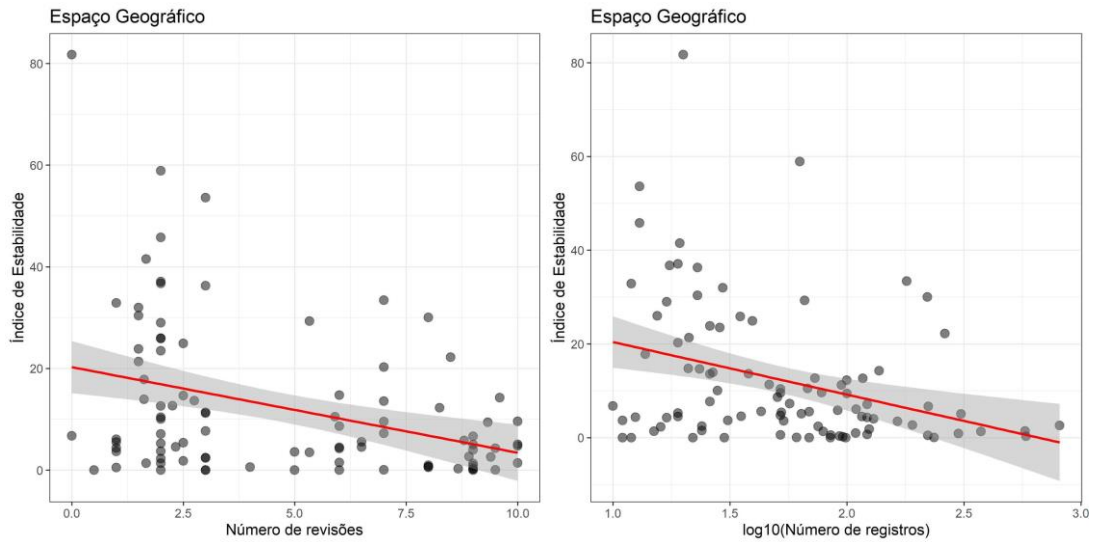


Figura 9. Índice de estabilidade no espaço geográfico e sua relação com o número de revisões taxonômicas e o número de registros de ocorrência. Valores maiores para a estabilidade representa espécies cuja diferença entre o polígono total (polígono com todos os registros de ocorrência) e polígono parcial (incluindo apenas 80% dos registros mais antigos) foi grande, indicando espécies com baixa estabilidade em relação à sua distribuição geográfica.

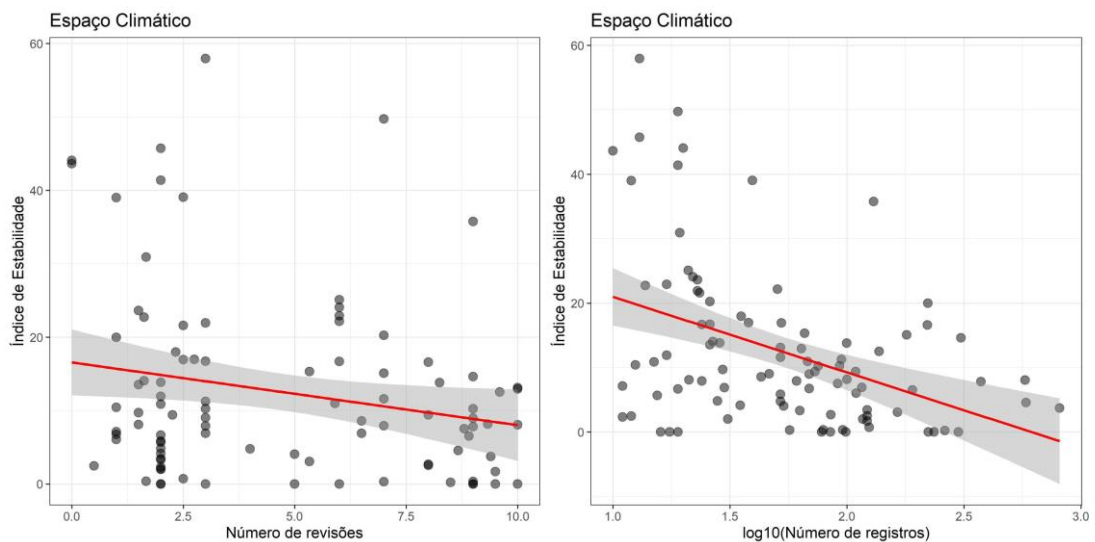


Figura 10. Índice de estabilidade no espaço climático e sua relação com o número de revisões taxonômicas e o número de registros de ocorrência. Valores maiores para a estabilidade representa espécies cuja diferença entre o polígono total (polígono com todos os registros de ocorrência) e polígono parcial (incluindo apenas 80% dos registros mais antigos) foi grande, indicando espécies com baixa estabilidade em relação à sua amplitude climática.

## DISCUSSÃO

Nossos resultados evidenciam que o histórico de coletas botânicas pode influenciar no conhecimento sobre a distribuição geográfica e amplitude climáticas das espécies. As coletas depositadas em herbários são a base para se extrair informações sobre a distribuição geográfica das espécies, o que permite a realização de trabalhos de ecologia e conservação. Sendo assim, coleções de herbários são fundamentais para reunir fontes confiáveis de informações sobre as espécies (Sousa-Baena et al., 2014; Eckert et al., 2024). Porém, lacunas e vieses espaço-temporais dos dados disponíveis podem interferir no nosso conhecimento sobre a biodiversidade (Cornwell et al., 2019), sobretudo quando não mensurados e considerados nos estudos, interferindo em resultados de pesquisas que podem ser utilizadas pelos tomadores de decisão para a conservação. Nossa hipótese foi corroborada, indicando que quanto mais registros de ocorrência e revisões taxonômica uma espécie apresenta, mais conhecemos sobre sua distribuição geográfica e amplitude climática.

Entorno de  $\frac{1}{3}$  das espécies avaliadas (i.e., ~100 espécies de 300 que têm mais de 10 registros de ocorrência) não atingiram os critérios para serem consideradas estáveis tanto no espaço geográfico quanto no climático. Ainda,  $\frac{1}{4}$  do total de espécies da tribo (i.e., ~100 espécies) têm menos de 10 registros de ocorrência. Em conjunto, essas espécies representam metade das espécies da tribo para as quais não se tem informação adequada sobre sua distribuição geográfica (lacuna Wallaceana) e climática (lacuna Hutchsoniana). Além disso, é preciso observar a data das últimas coletas e como elas estão distribuídas. Apesar da aparente estabilidade sobre o conhecimento da distribuição de metade das espécies da tribo, as últimas coletas de muitas delas ocorreram há mais de 15 anos, o que demonstra que ainda se fazem necessários esforços de coleta, digitalização e disponibilidade de dados em coleções. Esses resultados são alarmantes considerando que a tribo Bignonieae é um dos grupos de plantas neotropicais mais bem estudados (Lohmann & Taylor, 2014).

As lianas contribuem significativamente para a riqueza e diversidade de espécies tropicais (Gentry & Dodson, 1987; Schnitzer et al., 2012). Apesar disso, são menos estudadas em comparação às espécies arbóreas (Scudeller & Carvalho-Okano, 1998). A falta de estudos e de amostragem das lianas pode estar relacionada ao fato de essas plantas serem mais difíceis de serem vistas e identificadas, por estarem no dossel florestal (Nadkarni et al., 2001). Essa carência de uma boa amostragem pode ser um dos vieses que interferem na subamostragem do grupo.

Assim como apontado pelos nossos resultados, em estudo recente sobre a diversidade de Bignoniaceae, Meyer et al. (2020a) encontraram uma maior riqueza de espécies de lianas em ecossistemas florestais, sobretudo onde o dossel da floresta é mais alto. As fitofisionomias florestais predominantes na Amazônia (31% das espécies) e na Mata Atlântica (25%) apresentaram maior riqueza de espécies em comparação com a Caatinga (14%). No entanto, o Cerrado destacou-se com uma riqueza relativamente elevada (22%), possivelmente associada às formações florestais presentes nesse bioma, além das áreas de floretas estacionalmente secas que ocorrem nos limites entre este e a Mata Atlântica. Os ambientes florestais e úmidos são fundamentais para a diversificação de linhagens de lianas (Couvreur et al., 2015).

As regiões que concentram espécies com baixa estabilidade estão localizadas ao Norte da América do Sul, na Amazônia, e na região Sudeste do Brasil, na Mata Atlântica. São áreas que abrigam também a maior riqueza da tribo Bignoniaceae, por serem regiões florestais e úmidas (Meyer et al. 2020a, 2020b). Apesar de apresentarem grande riqueza de espécies, são também áreas com insuficiência amostral (Narváez-Gómez et al., 2021). Esse resultado reflete padrões de esforço de coleta e de riqueza de espécies. Deve-se considerar que algumas áreas são mais amostradas que outras em razão de questões logísticas, políticas, interesses econômicos, financiamento e distância dos locais de acesso (Meyer et al., 2016; Oliveira et al., 2016; Narváez-Gómez et al., 2021), o que gera um viés de amostragem que faz com que algumas regiões sejam mais conhecidas que outras. No entanto, a suficiência amostral é fundamental para a realização de estudos ecológicos robustos, pois, quando conduzidos com amostragens insuficientes, podem gerar resultados equivocados e que não correspondem à realidade (Hortal et al., 2015). Trabalhos de modelagem de mudanças climáticas utilizam dados de biomas da América do Sul (e.g., Salazar et al., 2007), para que forneçam previsões confiáveis, é essencial dispor de informações adequadas sobre a distribuição das espécies.

A baixa estabilidade observada na região amazônica pode ser atribuída, em grande parte, a vieses no esforço amostral, que refletem tanto a dificuldade de acesso quanto desigualdades históricas na distribuição de recursos para pesquisa. Embora a Amazônia represente uma das áreas mais biodiversas do planeta, ela permanece subamostrada quando comparada a outras regiões brasileiras, com coletas botânicas concentradas em áreas próximas a grandes rios, centros urbanos ou rodovias (Stroop et al., 2020; Narváez-Gómez et al., 2021). Além disso, a sub-representação da flora amazônica nos bancos de dados atuais não apenas compromete as análises ecológicas como também eleva o risco de extinções silenciosas — de espécies ainda não descritas — especialmente em áreas ameaçadas pelo desmatamento (Canhos et al., 2014).

Assim, os padrões de falta de estabilidade modelados para a Amazônia refletem mais lacunas no conhecimento do que ausência de diversidade.

Na Mata Atlântica, a baixa estabilidade observada no modelo pode refletir tanto a riqueza de espécies quanto importantes vieses de coleta. Apesar de ser uma das regiões mais estudadas do país, os esforços de amostragem ainda estão concentrados em áreas próximas a centros urbanos, herbários e unidades de conservação, o que cria uma cobertura espacial desigual e pode gerar estimativas enviesadas de estabilidade. Assim, a alta diversidade da Mata Atlântica aliada a uma cobertura de coleta limitada pode aumentar a detecção de espécies com distribuição aparentemente instável, quando na verdade o padrão observado reflete lacunas amostrais. Portanto, os padrões de falta de estabilidade na Mata Atlântica reforçam a necessidade de expandir os inventários botânicos para além das áreas já conhecidas e acessíveis, a fim de melhorar a acurácia das análises de distribuição e conservação da flora (Zorzanelli et al., 2017).

As espécies com maior estabilidade em relação a sua distribuição geográfica e amplitude climática são aquelas que foram revisadas diversas vezes ao longo do tempo e que acumularam múltiplos registros de coleta. Dentre as 300 espécies avaliadas, em média elas têm 95 registros de ocorrência e cinco revisões taxonômicas. Esses resultados reforçam a importância do investimento nas pesquisas taxonômicas e inventários florísticos, de maneira contínua ao longo do tempo, para o melhor conhecimento sobre a distribuição geográfica e climática das espécies.

Apesar da criteriosa revisão realizada por L.G. Lohmann, L. Meyer e J. Narváez-Gómez em 2015 (veja Meyer et al., 2018), e da inclusão de registros para suprir dados faltantes, salientamos que o banco de dados ainda carece de uma atualização mais recente, uma vez que há uma lacuna de quase oito anos nos registros incluídos no banco. Ainda, para estudos futuros, ressaltamos a importância de avaliar a relação da amostragem das espécies com suas características morfológicas, filogenia e o tempo de diversificação, como realizado no estudo de Guevara et al. (2016).

Com os resultados do trabalho foram identificadas as regiões e gêneros com mais defasagem de coletas. Ao cruzar esses dados, é possível identificar áreas e espécies prioritárias para estudos futuros. Devido ao baixo investimento para levantamentos florísticos, é necessário que a alocação dos recursos financeiros existentes seja eficiente. Além disso, esse trabalho apresenta uma metodologia que pode ser aplicada a diferentes grupos de estudos tendo uma

distribuição ampla ou restrita, facilitando a etapa inicial de uma pesquisa e possibilitando esforço amostral para táxons e áreas com maior lacuna de conhecimento.

## CONCLUSÃO

Analisamos como o histórico de coletas botânicas pode influenciar o conhecimento sobre a área de distribuição geográfica e amplitude climática de um táxon utilizando os dados de coletas de herbários. Os resultados indicam que cerca de  $\frac{1}{3}$  das espécies avaliadas foram consideradas não estáveis para ambos espaços geográfico e climáticos. Além disso,  $\frac{1}{4}$  do total das espécies da tribo tem menos de 10 registros de ocorrência. Os gêneros com maior número de espécies foram aqueles que se destacaram pelo maior número de espécies não estáveis, como *Adenocalymma*, *Fridericia* e *Anemopaegma*. Ainda, a região Norte, na Amazônia, e a região Sudeste, na Mata Atlântica, além de serem os locais com maior riqueza da tribo, precisam de maior esforço amostral para se ter dados de maior qualidade e confiança sobre a distribuição geográfica das espécies e sua amplitude climática. Nossos resultados corroboram com a hipótese que espécies com mais registros de ocorrência e revisadas múltiplas vezes ao longo do tempo possuem melhores dados sobre sua distribuição geográfica e amplitude climática. No entanto, é importante enfatizar a importância do esforço contínuo para novas amostragem, digitalização e disponibilidade de dados para essas espécies.

Esse estudo salienta a importância dos trabalhos de exploração e estudos taxonômicos botânicos para a robustez dos bancos de dados que serão utilizados em futuros trabalhos ecológicos e de conservação. Além disso, enfatiza a relevância de avaliar as lacunas de conhecimento para localizar os táxons e regiões que precisam de maior esforço amostral. No atual cenário de extrema perda de habitat, declínio da biodiversidade e emergência climática, entender a distribuição geográfica e amplitude climática das espécies é fundamental para conservação da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

AITKEN, A. C. IV. On Least Squares and Linear Combination of Observations. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, v. 55, p. 42-48, 1936. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0370164600014346>.

ALCANTARA, S.; DE OLIVEIRA, F. B.; LOHMANN, L. G. Phenotypic integration in flowers of a Tropical clade of lianas. *Journal of Evolutionary Biology*, v. 26, p. 2283-2296, 2013.

BARTON, K. MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.47.5, 2024. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>.

BASELGA, A. et al. Assessing alpha and beta taxonomy in eupelmid wasps: determinants of the probability of describing good species and synonyms. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, v. 48, n. 1, 2010.

BORCHERS, H. pracma: Practical Numerical Math Functions. R package version 2.4.4. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=pracma>.

CANHOS, D. A. L. et al. Lacunas: a web interface to identify plant knowledge gaps to support informed decision-making. *Biodiversity and Conservation*, v. 23, p. 109–131, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0587-0>.

CORNWELL, W. K.; PEARSE, W. D.; DALRYMPLE, R. L.; ZANNE, A. E. What we (don't) know about global plant diversity. *Ecography*, v. 42, p. 1819–1831, 2019.

COUVREUR, T. L. P. et al. Global diversification of a tropical plant growth form: environmental correlates and historical contingencies in climbing palms. *Frontiers in Genetics*, v. 5, p. 452, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00452>

.DE LIMA, R. A. F. et al. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature Communications*, v. 11, 6347, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w>.

DINIZ FILHO, J. A. F. et al. Macroecological links between the Linnean, Wallacean, and Darwinian shortfalls. *Frontiers of Biogeography*, v. 15, n. 2, 2023.

ECKERT, I. et al. Herbarium collections remain essential in the age of community science. *Nature Communications*, v. 15, 7586, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51899-1>.

FONSECA, L. H. M. et al. A nuclear target sequence capture probe set for phylogeny reconstruction of the charismatic plant family Bignoniaceae. *Frontiers in Genetics*, v. 13, 1085692, 2023.

FONSECA, L. H. M.; LOHMANN, L. G. Combining high-throughput sequencing and targeted loci data to infer the phylogeny of the “Adenocalymma-Neojobertia” clade (Bignoniaceae, Bignoniaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 123, p. 1-15, 2018.

FRAZÃO, A.; LOHMANN, L. G. A new species of *Tanaecium* (Bignoniaceae, Bignoniaceae) from the Brazilian Amazon and its phylogenetic placement. *Plant Systematics and Evolution*, v. 304, n. 10, p. 1245-1253, 2018.

FRAZÃO, A.; LOHMANN, L. G. An updated synopsis of *Tanaecium* (Bignoniaceae, Bignoniaceae). *PhytoKeys*, v. 132, p. 31-57, 2019.

GENTRY, A. H. Bignoniaceae of Southern Central America: Distribution and Ecological Specificity. *Biotropica*, v. 8, n. 2, p. 117–131, 1976.

GENTRY, A. H.; DODSON, C. Contribution of nontrees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica*, v. 19, n. 2, p. 149-156, 1987.

GUEVARA, L.; SÁNCHEZ-CORDERO, V. Patterns of morphological and ecological similarities of small-eared shrews (Soricidae, Cryptotis) in tropical montane cloud forests from Mesoamerica. *Systematics and Biodiversity*, v. 16, n. 6, p. 551–564, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/14772000.2018.1470582>.

GUPTA, G. et al. A simple method for assessing the completeness of a geographic range size estimate. *Global Ecology and Conservation*, v. 21, e00788, 2020.

HENRIQUE, M. P. et al. Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. *Science*, v. 330, p. 1496-1501, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1196624>.

HORTAL, J. et al. Sete deficiências que afetam o conhecimento em larga escala da biodiversidade. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 46, n. 1, p. 523-549, 2015.

IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. 2025. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>.

KAEHLER, M.; MICHELANGELI, F.; LOHMANN, L. G. Fine tuning the circumscription of *Fridericia* (Bignoniaceae, Bignoniaceae). *Taxon*, v. 68, n. 4, p. 751-770, 2019.

LIMA, R. A. F. de et al. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature Communications*, v. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w>.

LOBO-SEGURA, J. A. Diversity of phenological patterns of *Handroanthus ochraceus* (Bignoniaceae) in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, v. 67, n. 2, p. 149-158, 2019.

LOHMANN, L. G. et al. Pattern and timing of biogeographical history in the Neotropical tribe Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 171, n. 1, p. 154-170, 2013.

LOHMANN, L. G. Untangling the phylogeny of neotropical lianas (Bignoniaceae, Bignoniaceae). *American Journal of Botany*, v. 93, n. 2, p. 304-318, 2006.

LOHMANN, L. G.; TAYLOR, C. M. A new generic classification of tribe Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*, v. 99, n. 3, p. 348-489, 2014.

LOHMANN, L. G.; ULLOA, C. U. Bignoniaceae in iPlants prototype Checklist. Disponível em: [www.iplants.org](http://www.iplants.org).

MEYER, L. et al. Canopy height explains species richness in the largest clade of Neotropical lianas. *Global Ecology and Biogeography*, v. 29, n. 1, p. 26-37, 2020.

MEYER, L. et al. Deconstructing species richness–environment relationships in Neotropical lianas. *Journal of Biogeography*, v. 47, n. 10, p. 2168-2180, 2020.

MEYER, L.; DINIZ-FILHO, J. A.; LOHMANN, L. G. A comparison of hull methods for estimating species ranges and richness maps. *Plant Ecology & Diversity*, v. 10, n. 5-6, p. 389-401, 2018.

NADKARNI, N. M.; MERWIN, M. C.; NIEDER, J. Forest canopies plant diversity. In: *Encyclopedia of Biodiversity*. New York: Academic Press, v. 3, p. 321–336, 2001.

NARVÁEZ-GÓMEZ, J. P. et al. Unravelling distribution patterns of Neotropical lianas: an analysis of endemism of tribe Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 199, n. 1, p. 470-495, 2022.

NARVÁEZ-GÓMEZ, J. P.; GUEDES, T. B.; LOHMANN, L. G. Recovering the drivers of sampling bias in Bignoniaceae (Bignoniaceae) and identifying priority areas for new survey efforts. *Biodiversity and Conservation*, v. 30, n. 8, p. 2319-2339, 2021.

OLIVEIRA, U. et al. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific Reports*, v. 7, 9141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08707-2>.

OLIVEIRA, U. et al. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions*, v. 22, n. 12, p. 1232–1244, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12489>.

PACE, M. R.; ALCANTARA, S.; LOHMANN, L. G.; ANGYALOSSY, V. Secondary phloem diversity and evolution in Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Annals of Botany*, v. 116, p. 333-358, 2015.

PEBESMA, E.; BIVAND, R. Sp: Classes and Methods for Spatial Data. R package version 1.4-5. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=sp>. Acesso em: 13 abr. 2025.

PINHEIRO, J. et al. nlme: Linear and nonlinear mixed effects models. R package version 3.1-131, 2017. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Version 4.0.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024.

RIBEIRO, B. R. et al. Issues with species occurrence data and their impact on extinction risk assessments. *Biological Conservation*, v. 273, 109674, 2022.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, v. 34, n. 9, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007GL029695>.

SCHNITZER, S.; BONGERS, F. Liana ecology and its role in forests. *Eco Trends. Evolve*, v. 17, p. 223-230, 2002.

SCUDELLER, V. V.; CARVALHO-OKANO, R. M. Bignoniaceae (Bignoniaceae) no Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia, Série Botânica*, v. 51, n. 1, p. 79-133, 1998.

SOBRAL-SOUZA, T. et al. Knowledge gaps hamper understanding the relationship between fragmentation and biodiversity loss: the case of Atlantic Forest fruit-feeding butterflies. *PeerJ*, v. 9, e11673, 2021.

SOSEF, M. S. M. et al. Botanical classification and nomenclature – an introduction. Meise Botanic Garden, 2020. p. 1–72.

SOUSA-BAENA, M. S.; GARCIA, L. C.; PETERSON, A. T. Completeness of digital accessible knowledge of the plants of Brazil and priorities for survey and inventory. *Diversity and Distributions*, v. 20, n. 4, p. 369-381, 2014.

STROPP, J. et al. Mapping ignorance: 300 years of collecting flowering plants in Africa. *Global Ecology and Biogeography*, v. 25, n. 9, p. 1085-1096, 2016.

STROPP, J. et al. The ghosts of forests past and future: deforestation and botanical sampling in the Brazilian Amazon. *Ecography*, v. 43, n. 7, p. 979–989, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ecog.05026>.

TURLAND, N. J. et al. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Koeltz Botanical Books, 2018.

ZORZANELLI, J. P. F. et al. Vascular plant diversity in a Brazilian hotspot: floristic knowledge gaps and tools for conservation. *Brazilian Journal of Botany*, v. 40, p. 819–827, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0386-z>.

