
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

AMANDA VITAL ANTUNES

**O PAPEL DO SISTEMA REPRODUTIVO NA
DISTRIBUIÇÃO DE TRÊS ESPÉCIES DE
Microlicia (MELASTOMATACEAE)**



Rio Claro
2022

AMANDA VITAL ANTUNES

O PAPEL DO SISTEMA REPRODUTIVO NA DISTRIBUIÇÃO DE TRÊS
ESPÉCIES DE *Microlicia* (MELASTOMATACEAE)

ORIENTADORA: LEONOR PATRÍCIA CERDEIRA MORELLATO

COORIENTADOR: FRANCISCO JAVIER JIMÉNEZ LÓPES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - Campus de Rio Claro, para obtenção do
grau de Bacharela e Licenciada em Ciências Biológicas.

Rio Claro
2022

A636p

Antunes, Amanda Vital

O papel do sistema reprodutivo na distribuição de três espécies de
Microlicia (Melastomataceae) / Amanda Vital Antunes. -- Rio Claro, 2022
36 f.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de
Biociências, Rio Claro

Orientadora: Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Coorientador: Francisco Javier Jiménez López

1. Microlicia. 2. Sistema reprodutivo. 3. Campo rupestre. 4. Distribuição
geográfica. 5. Floração sincronia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio
Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AMANDA VITAL ANTUNES

**O PAPEL DO SISTEMA REPRODUTIVO NA DISTRIBUIÇÃO DE TRÊS
ESPÉCIES DE *Microlicia* (MELASTOMATACEA)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências – Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, para obtenção do grau de Bacharela e
Licenciada em Ciências Biológicas.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Leonor Patrícia Cerdeira Morellato

Francisco Javier Jimènez Lopez

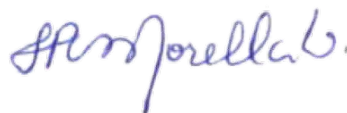
Amanda Eburneo Martins

Edivaldo Rodrigues Martins Junior

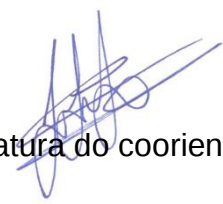
Aprovado em: 7 de dezembro de 2022



Assinatura do discente



Assinatura da orientadora



Assinatura do coorientador

Aos meus avós e suas vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, meu pai e minha mãe por terem tornado possível o meu ingresso em uma universidade pública, e em especial à minha irmã, por sempre ter acreditado em mim e na minha capacidade, até mesmo quando eu duvidei e não fui capaz. Obrigada por terem sido apoio e suporte nesses anos de graduação.

Também à aquela que se tornou minha segunda família, a amada república RAWR, todas que passaram por ela foram importantes e fazem parte de quem sou hoje. Sinto saudades de nossos almoços, cafés, noites de filmes, palhaçadas e choros, fico feliz em ter feito companheiras para toda a vida. Anna, Lais, Mavi, Natalia, Bárbara, Natacha, Fernanda e Leticia, amo vocês e todos os nossos momentos.

Ao meu segundo lar, a república Pança, que foi lugar de aconchego em meio a pandemia, onde pude conhecer e conviver com pessoas maravilhosas e gentis. Aprendi muito com todos vocês, Bia, Gabi, Isa, Eric e Rafael. Terei sempre muito carinho por nossas conversas viajadas sobre os mais diversos assuntos, pelas tardes cuidando do jardim e as artes culinárias compartilhadas.

Minha graduação também não teria sido a mesma sem vocês, colegas de turma e amigos, foram muitas aventuras, aprendizados, alegrias e tristezas. À vocês, Manu, Isa, Ligia, João, Gian, Lys e Ruy, um grande obrigada por tantos momentos. À todas as outras pessoas que pude conhecer e compartilhar o amor pela biologia, entre elas Mayra, Ian e Haru. Também ao André por ter se tornado um grande amigo, mesmo eu ignorando alguns de seus conselhos, você me ajudou sempre que precisei.

Agradeço à minha orientadora Patricia Morellato, pela oportunidade de realizar esse projeto no laboratório e todo o apoio. Ao meu coorientador Francisco Javier por me auxiliar mesmo em meio a distância e dificuldades. Também a Bia, Amanda e Javi, pela experiência em campo e aprendizados.

Todos aqui tornaram minha graduação um pouco melhor, obrigada por terem feito parte de tantas lembranças e da minha história.

*“(...) Dou respeito às coisas desimportantes
e aos seres desimportantes.
Prezo insetos mais que aviões.
Prezo a velocidade
das tartarugas mais que a dos mísseis.
Tenho em mim esse atraso de nascença.
Eu fui aparelhado
para gostar de passarinhos.
Tenho abundância de ser feliz por isso.
Meu quintal é maior do que o mundo. (...)”
- Manoel de Barros*

RESUMO

A família Melastomataceae é composta por espécies com diversas estratégias reprodutivas, podendo ser autocompatíveis, apomíticas ou autoincompatíveis. Dentre elas o gênero *Microlicia* possui alto grau de endemismo na Serra do Cipó (Minas Gerais, Brasil), região considerada de grande importância evolutiva devido a composição de sua paisagem e a formação da Cadeia do Espinhaço da qual faz parte. O presente trabalho analisou as estratégias reprodutivas de três espécies do referido gênero: *Microlicia congestiflora*, *M. parviflora* e *M. tomentella*, a fim de compreender sua possível influência na distribuição geográfica de cada uma dessas espécies. Através de cinco formas diferentes de tratamentos de polinização, foram quantificados frutos e sementes. Além disso, a produção de óvulos e grãos de pólen foram quantificados para avaliar a possível adaptação a diferentes estratégias reprodutivas (apomixia, autocompatibilidade ou autoincompatibilidade) das três espécies. Os dados de distribuição geográfica foram obtidos de exsicatas disponíveis em um repositório online (GBIF), onde também se analisou o estágio fenológico reprodutivo das espécies a fim de observar a presença de um padrão de floração e frutificação para verificar se as espécies que independem da presença de polinizadores, apresentam maior quantidade de frutos e se, por apresentarem essa característica, são mais amplamente distribuídas em relação às espécies dependentes de polinizadores. Os resultados demonstram que a espécie *M. congestiflora* segundo os tratamentos é uma espécie dependente de polinizadores, diferente das duas outras espécies analisadas, sendo esta espécie a de menor distribuição em relação às outras duas, o que confirma a hipótese de que espécies independentes de polinizadores, apresentam uma distribuição geográfica mais diversa e que produzem mais frutos.

Palavras-chave: *Microlicia*; sistema reprodutivo; campo rupestre; distribuição geográfica; floração sincronia.

ABSTRACT

The Melastomataceae family is composed of species with different reproductive strategies, which can be self-compatible, apomictic or self-incompatible. Among them, the genus *Microlicia* has a high degree of endemism in *Serra do Cipó* (Minas Gerais, Brazil), a region considered of great evolutionary importance due to the composition of its landscape and the formation of the *Espinhaço* Range of which it is a part. The present work analyzed the reproductive strategies of three species of the aforementioned genus: *Microlicia congestiflora*, *M. parviflora* and *M. tomentella*, in order to understand their influence on the geographic distribution of each of these species. Through five different forms of pollination treatments, fruits and seeds were quantified. In addition, ovules and pollen grains were assessed to evaluate the possible adaptation to different reproductive strategies (apomixis, self-compatibility or self-incompatibility) of the three species. Geographic distribution data were obtained from exsiccates available in an online repository (GBIF), where the reproductive phenological stage of the species was also analyzed in order to observe the presence of a flowering and fruiting pattern to verify if pollinator independent species have a greater number of fruits production and, because of this, are more widely distributed in relation to pollinator dependent species. The results demonstrate that the species *M. congestiflora* according to the treatments results, is an pollinator dependent species, different from the two other analyzed species, showing this species a smaller distribution in relation to the others, which confirms our hypothesis that independent species of pollinators, have a wider geographic distribution and higher fruit production.

Keywords: *Microlicia*; breeding system; rupestrian field; geographic distribution; flowering synchrony.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. DESENVOLVIMENTO	14
2.1 MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1.1 Área de estudo	14
2.1.2 Espécies de estudo	15
2.1.3 Dados de distribuição geográfica e fenológica	17
2.1.4 Experimento do sistema reprodutivo (tratamentos)	18
2.1.5 Análise estatística	19
2.2 RESULTADOS	20
2.2.1 Distribuição das espécies de estudo	20
2.2.2 Padrão fenológico	20
2.2.3 Sistema reprodutivo	21
2.2.4 Traços florais, Fruit-set e Seed-set	23
2.3 DISCUSSÃO	26
2.3.1 Distribuição e sistema reprodutivo	26
2.3.2 Fenologia	30
3. CONCLUSÃO	32
4. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

A família Melastomataceae consiste em um grupo de plantas tropicais com flores, cuja principal característica morfológica perceptível visualmente está em suas folhas, que apresentam nervuras curvinérveas, que se divergem na base e convergem no ápice da lâmina foliar (CEOLA; STEIN, 2019; SOUZA; LORENZI, 2012). Atualmente, a família é subdividida em oito grupos principais, reconhecidos como tribos distintas, segundo estudos filogenéticos, sendo eles: *Astrocieae*, *Merianieae*, *Miconieae*, *Blakeeae* (formado por *Dissochaeteae* e *Sonerileae*), *Bertolonieae*, *Melastomeae* e *Microlicieae* (CLAUSING; RENNER, 2001; RENNER; MEYER, 2001; ROCHA *et al.*, 2016). Alguns autores apontam que a família abriga cerca de 160 gêneros e 1500 espécies, das quais 300 são neotropicais (CLAUSING; RENNER, 2001), entretanto, estudos mais recentes destacam que existem 150 gêneros com aproximadamente 3000 espécies ao todo (GOLDENBERG; BAUMGRATZ; SOUZA, 2012). Porém, ainda existem diversas lacunas e indagações sobre a família, somado ao fato de que a maioria deles se propagaram recentemente e ainda não foram totalmente explorados, o que torna previsível uma mudança nestes números, visto que gêneros e espécies ainda podem se fundir ou mesmo se subdividir a partir de novos estudos (GOLDENBERG; BAUMGRATZ; SOUZA, 2012; PACIFICO; ALMEDA; FIDANZA, 2020).

No Brasil, a *Melastomataceae* é considerada a sexta maior família de angiospermas, com 68 gêneros (sendo 21 endêmicos no Brasil) e agregando um total de 1500 espécies. Foi relatado um alto grau de endemismo, como as da tribo *Microlicieae* que ocorrem principalmente em regiões de campo rupestre e cerrados da Bahia, Minas Gerais e Goiás (GOLDENBERG; BAUMGRATZ; SOUZA, 2012; FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020). Além da família possuir um papel extremamente significativo em regiões de Mata Atlântica, ao abrigar espécies pioneiras fundamentais na recuperação de áreas florestais e do equilíbrio ecológico (CEOLA; STEIN, 2019), pois possuem estratégias de sobrevivência e estabelecimento. Incluindo adaptações como: “grande produção de sementes, eficiente dispersão dos propágulos, altas taxas de germinação e crescimento rápido.” (ALBUQUERQUE, *et al.*, 2013, p. 3).

Os principais gêneros que apresentam grande diversidade de espécies são *Miconia*, *Medinilla*, *Tibouchina*, *Leandra*, *Sonerila*, *Clidemia* e *Microlicia* (ALBUQUERQUE, *et al.*, 2013, CEOLA; STEIN, 2019), sendo este último o objeto de estudo deste trabalho. Entretanto, a partir de maiores discussões e estudos, têm se revelado como grupos não-naturais e, por isso, não monofiléticos. Dessa forma, é provável que futuramente as classificações de diversos

gêneros sofram alterações consideráveis e até mesmo que pequenos gêneros sejam integrados a gêneros maiores (GOLDENBERG; BAUMGRATZ; SOUZA, 2012).

Atualmente, o gênero *Microlicia* é composto por aproximadamente 173 espécies conhecidas até o momento, ocorrendo 166 dessas no Brasil (ALBUQUERQUE, *et al.*, 2013), em que 163 são endêmicas (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020). De acordo com o último estudo molecular e morfológico da tribo (VERSIANE, 2019), para manter *Microlicia* como um gênero monofilético, este deve também incluir *Chaetostoma*, *Lavoisiera*, *Stenodon* e *Trembleya*. Este resultado levou a uma reestruturação taxonômica do gênero (VERSIANE *et al.*, 2021), porém, o conhecimento sobre a diversidade do grupo, história natural e suas estratégias reprodutivas, ainda são escassas (GOLDENBERG; BAUMGRATZ; SOUZA, 2012) e por esse motivo, novas combinações e novas nomenclaturas precisarão ser propostas ao gênero (PACIFICO; ALMEDA; FIDANZA, 2020).

Em comparação a outras famílias tropicais, os exemplares de *Melastomataceae* são relativamente conservados no que diz respeito a sua morfologia floral e sistemas de polinização. A maioria das espécies apresenta flores hermafroditas com anteras poricidas e perceptível hercogamia (tanto lateral quanto vertical) que inviabiliza a autogamia, e que favorece a xenogamia (fecundação cruzada entre indivíduos) (RENNER, 1989), que geralmente é realizada por abelhas (CEOLA; STEIN, 2019). Na família, espécies dependentes de polinizadores fornecem pólen como recompensa para atrair seus polinizadores através de anteras poricidas (VELLOSO, *et al.*, 2018). Sendo liberados e extraídos através da vibração mecânica, realizada por algumas abelhas. O pólen se adere ao corpo desses insetos e garante a polinização cruzada entre indivíduos, realizando a polinização vibrátil (“*buzz pollination*”) (ALBUQUERQUE, *et al.*, 2013; GOLDENBERG; VARASSIN, 2001).

Embora a xenogamia seja comum na família, há também muitas espécies apomíticas (modo de reprodução assexuada que gera embriões viáveis (ANDREATA; TRAVASSOS, 1994.) e autocompatíveis, como as presentes na tribo *Miconieae* (BRITO *et al.*, 2017). Na verdade, a apomixia parece ser muito mais frequente em alguns grupos de *Melastomataceae* do que nas angiospermas como um todo (GOLDENBERG, 2000). Desta forma, a autoincompatibilidade também é um mecanismo encontrado em diversas espécies dos grupos (GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998).

O gênero *Microlicia* é o maior gênero de *Microlicieae* (PACIFICO; ALMEDA; FIDANZA, 2020) e o quarto com maior número de endemismos da Serra do Cipó (COLLI-SILVA; VASCONCELOS; PIRANI, 2019) sendo corriqueiramente alvo de interesse de estudos de suas estratégias reprodutivas de suas espécies, a fim de se compreender sua possível relação com a distribuição e diversificação nessas áreas. As espécies deste gênero são endêmicas do campo rupestre, considerado um Neotropical OCBIL (*Old, Climatically-Buffered Infertile Landscape*, sigla em inglês para Paisagem Velha, Climaticamente Protegida e Infértil) (HOPPER, 2009; HOPPER; SILVEIRA; FIEDLER, 2016; SILVEIRA *et al.*, 2016;). Por ser uma vegetação terrestre característica e um OCBIL, muitos fatores explicam a alta diversidade e endemismo nessa paisagem que compõe a Serra do Espinhaço.

Estudos recentes apontam que esta vegetação não é apenas um museu de antigas linhagens filogenéticas, como proposto pela teoria OCBIL, mas também um berço de novas espécies com rápida diversificação (VASCONCELOS *et al.*, 2020). Assim, sua alta diversidade pode ser explicada pelas flutuações climáticas e isolamento de populações que ocorre em sistemas de "ilhas" (WHITTAKER; PALACIOS, 2007), como topos de montanhas, o que causa uma barreira para o fluxo gênico e especiação por alopatria (WHITTAKER; PALACIOS, 2007; VASCONCELOS *et al.*, 2020). Sendo assim, um fator de importância explicativa para sua elevada diversidade não é apenas o acúmulo de espécies associadas a baixas taxas de extinção durante a orogenia da Serra do Espinhaço (VIEIRA; SALGADO; SANTOS, 2015; SILVEIRA *et al.*, 2016), mas também pelos altos índices de extinção e especiação que dão origem a espécies recentes (VASCONCELOS *et al.*, 2020).

Além disso, em áreas de campo rupestre, é possível encontrar populações vegetais restritas localmente com alto nível de endemismo (COLLI-SILVA; VASCONCELOS; PIRANI, 2019; PACIFICO; ALMEDA; FIDANZA, 2020) por estarem associadas às diferentes formações de solo que compõem a vegetação, compostos por: afloramentos rochosos, campos arenosos, campos pedregosos e campos úmidos (SILVEIRA *et al.*, 2016; ALVES *et al.*, 2014; DE MATTOS *et al.*, 2019). Em locais em que as condições onde o isolamento é facilitado, a capacidade reprodutiva com baixo fluxo gênico entre indivíduos pode ser decisiva na diversificação e estabilização de uma nova espécie. (p. e. HOJSGAARD; HÖRANDL, 2015). Ademais, estudos e coletas nessas regiões de campo rupestre permanecem com déficit de coletas, visto a dificuldade de acesso de alguns pontos, que podem atingir elevações acima de 900 m (PACIFICO; ALMEDA; FIDANZA, 2020).

Dada a relevância dos ambientes de campo rupestre como um local de importância evolutiva e de altas taxas de endemismos, principalmente dos gêneros *Lavoisiera*, *Trembleya*, *Microlicia* (ARAÚJO, *et al.*, 2013), considera-se que os sistemas de reprodução e a capacidade de dispersão podem ajudar a explicar a atual distribuição da maioria das espécies de *Melastomataceae*. Pois as estratégias de autoincompatibilidade ou autocompatibilidade têm sido associadas com os diferentes padrões de distribuição (GROSSENBACHER *et al.*, 2017; GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998). Devido às espécies autofecundadas ocuparem ambientes mais diversos por sua independência de polinizadores, em comparação com as espécies alogâmicas (HORANDL; PAUN, 2007). Compreender um pouco sobre as diferentes estratégias e adaptações reprodutivas utilizadas por esse grupo de plantas contribuirá para um maior conhecimento sobre sua evolução (VIANA, *et al.*, 2021).

Dessa forma, o presente trabalho pretende responder às seguintes questões: I) As espécies que independem da presença de polinizadores apresentam maior quantidade de frutos e sementes? E se conseqüentemente ocorrem em mais locais, II) Possuem uma maior distribuição? Sendo assim, neste estudo foram analisados o sistema reprodutivo de três espécies do gênero *Microlicia* (*Microlicia congestiflora*, *M. parviflora* e *M. tomentella*) a fim de verificar a sua influência na distribuição geográfica de cada espécie.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 MATERIAL E MÉTODOS

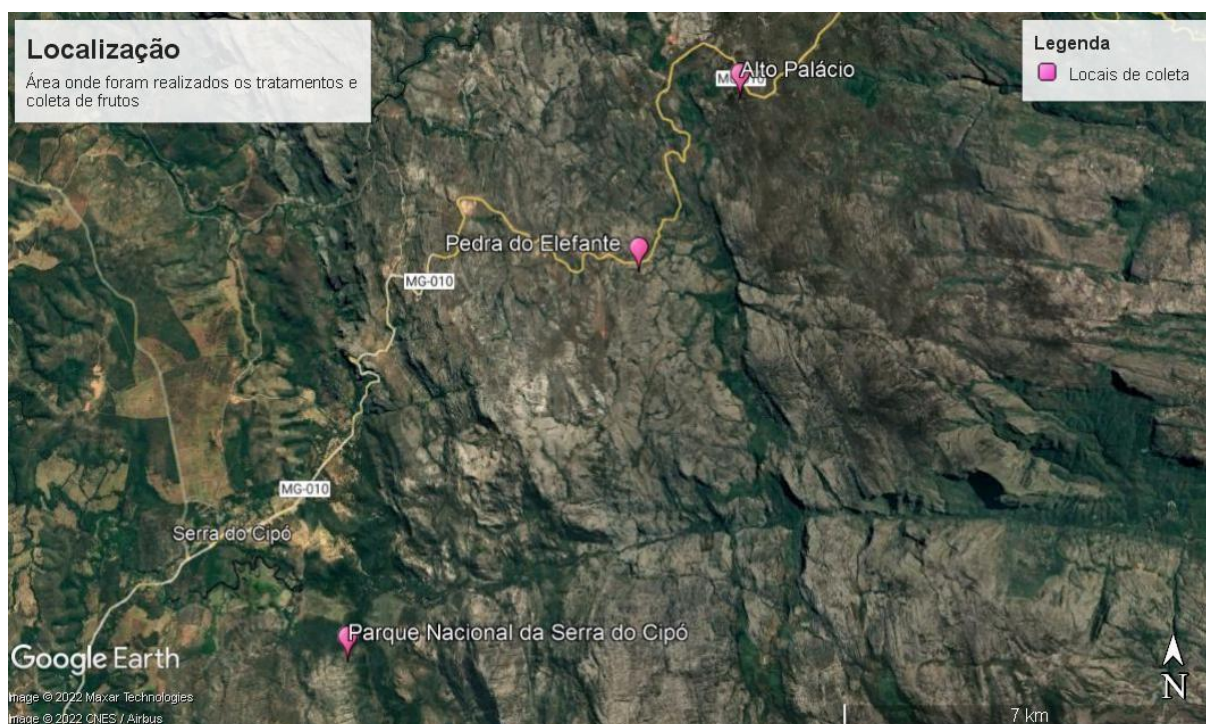
2.1.1 Área de estudo

A coleta de dados foi realizada no estado de Minas Gerais na Serra do Cipó, localizada ao sul da Cadeia do Espinhaço, definido como um dos *hotspots* de alta biodiversidade no Brasil (COLLI-SILVA; VASCONCELOS; PIRANI, 2019). O clima da região é classificado como mesotérmico Cwp (Kopen, 1931) (temperatura média: 17 - 20° C; precipitação anual em torno de 1500 mm), com os períodos de seca e chuva bem definidos, sendo marcadas quatro estações: período de chuvas (novembro a janeiro), período de transição pós-chuva (fevereiro a abril), período de seca (maio a setembro), e pós seca (outubro) (FERNANDES; MADEIRA, 1999; SOARES; MORELLATO, 2018).

Trata-se de uma região de Cerrado, caracterizada pela vegetação denominada de campo rupestre *sensu stricto*, ocorrente em altitudes superiores a 900 m acima do nível do mar (SILVEIRA *et al.*, 2016). Possui uma área total estimada de 66.447 km², composta por afloramentos rochosos e solo arenoso, de quartzito e arenito, com baixa capacidade de retenção de água e elevada acidez (SILVEIRA *et al.*, 2016; SOARES; MORELLATO, 2018). O substrato vegetativo de pastagens, herbáceas e arbustivas compõem ricos mosaicos, com espécies das famílias *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Eriocaulaceae*, *Xyridaceae*, *Velloziaceae*, *Melastomataceae*, *Malpighiaceae* e *Euphorbiaceae* (GIULIETTI *et al.*, 1987; LE STRADIC; BUISSON; FERNANDES, 2015).

Os experimentos e coleta de dados foram realizados em três pontos da localidade: o primeiro no Parque Nacional da Serra do Cipó (S19°21'27.4''-W43°36'29.2''); o segundo denominado como Pedra do Elefante (S19°17'27.1''-W43°33'23''); e o terceiro conhecido como Alto Palácio (S19°15'36.9''-W43°32'16.4''), que podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1: Imagem fotografada via satélite da área de amostragem. Em rosa, os três pontos de coleta de dados.



(Fonte: Google Earth).

2.1.2 Espécies de estudo

Nesse estudo, foram analisados indivíduos de três espécies do gênero *Microlicia*: *M. congestiflora*, *M. parviflora* e *M. tomentella* (Figura 2), que serão mais detalhadas abaixo para destacar as principais características de cada uma. Entretanto, devido às recentes reestruturações taxonômicas citadas (VERSIANE *et al.*, 2021), buscas também foram feitas utilizando-se a antiga nomenclatura das espécies que foram acondicionadas em novos táxons, a fim de se trazer melhores informações sobre a planta em si. Segue abaixo:

2.1.2.1 *Microlicia congestiflora* Versiane & R. Romero (antiga *Lavoisiera confertiflora* Rich. ex Naudin)

Sub-arbusto ereto, com ramos subquadrangulares, arredondados ou sulcados em lados opostos, com espessamento nodoso no local em que as folhas se desprendem; com tricomas glandulares. Folha com ápice agudo; base arredondada; filotaxia oposta dística, séssil; limbo ovada; margens serrilhadas ou inteira, glabro, verde ou verde escuro. Flor solitária em dicásio não determinada. Flor com lóbulos do cálice estendidos para cima, verde. Corola pentâmeras, ápice das pétalas arredondadas, pétalas emarginadas, com cor rosa/magenta/violeta, base da pétala com cor creme esverdeado. Androceu 10 - 20 estames dimórficos e férteis, 5 estames antissépalos alternos com 5 estaminódios estéreis menores completamente amarelos, mais 5

estames antissépalos grandes e 5 estames antissépalos pequenos. Gineceu com ovário ínfero com 4 a 10 lóculos, glabro e completamente fechado pelo hipanto. Fruto tipo cápsula totalmente envolvido pelo hipanto cartáceo ou coriáceo. Cápsula e hipanto não unidos da base para o ápice. Semente característica pela superfície foveolada formando a testa, oblongas quase retas, de cor marrom (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

Ocorrem na Serra do Cipó e na região do planalto de Diamantina associada ao campo rupestre (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

2.1.2.2 *Microlicia parviflora* (D. Don) Versiane & R. Romero (antiga *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn.)

Árvore ou arbusto, com ramificações dicotômicas ou tricotômicas; râmulos sub quadrangulares; glabrescentes com tricomas glandulares. Folhas com inserções pecioladas; lâminas foliares elípticas; base arredondadas; margens serreadas no terço superior; ápice agudo; superfície abaxial com tricomas glandulares ou glabrescentes; superfície adaxial pruinosa; nervação com 5 nervuras acródomas. Inflorescência distalmente formando cimeiras bíparas. Flor com hipanto pruinoso; sépalas triangulares, subulada(s); 5 pétalas branca/rosa; estames dimórficos; anteras rosa e amarela; ovário com 5 lóculos (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

Ocorrência reportada no Nordeste (Bahia), Centro-Oeste (Distrito Federal, Goiás), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná). Associada a vegetação de Campo de Altitude, Campo Limpo, Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou Galeria; nos domínios fitogeográficos do Cerrado e Mata Atlântica (PACIFICO; ALMEDA; FIDANZA, 2020).

2.1.2.3 *Microlicia tomentella* Naudin

Espécie de hábito arbustivo, o indumento do caule com glândulas esféricas e com tricomas glandulares longos pedunculados. Folha séssil, cor concolor, indumento com glândulas esféricas e tricomas glandulares longos pedunculados. Inflorescência tipo dicásio reduzido à duas flores. Flor pedicelada com hipanto formato campanulado ou urceolado; sépalas com forma estreita triangulares; sépalas de tamanho maior ou mesmo tamanho que do hipanto; corola cor rósea; estames dimorfos; anteras tetraesporangiadas, cor bicolor; ovário com 3 lóculos (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

Endêmica da Serra do Cipó, associada ao campo rupestre (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

Figura 2: A) *Microlicia congestiflora* Versiane & R. Romero (antiga *Lavoisiera confertiflora* Rich. ex Naudin); B) *Microlicia parviflora* (D. Don) Versiane & R. Romero (antiga *Trembleya parviflora* (D.Don) Cogn.); C) *Microlicia tomentella* Naudin.



(Fonte: Acervo pessoal)

2.1.3 Dados de distribuição geográfica e fenológica

Para análise da distribuição geográfica das três espécies do gênero *Microlicia*, foram utilizados os dados de locais com referência geográfica precisa, disponíveis na plataforma GBIF (<https://www.gbif.org/>). Trata-se de um repositório de exsicatas online, em que se realizou a verificação das informações e organização das mesmas para a elaboração de um mapa com os registros de ocorrência. Foram realizadas três buscas independentes para cada espécie, filtrando por casos com coordenadas geográficas, e os dados foram baixados. Em seguida, os dados foram limpos e selecionados aqueles registros com coordenadas geográficas precisas que incluíam graus, minutos e segundos, enquanto que os registros com coordenadas no mar ou no centro do país foram eliminados. Portanto, a distribuição de cada espécie foi definida a partir dos pontos corretos coletados no GBIF, com os quais foi feita uma projeção de sua distribuição em um mapa do Brasil. Para eles, utilizou-se diversos pacotes R: Terra v1.6-17 (Hijmans *et al.*, 2022), ggmap v3.0 (Kahle *et al.*, 2019), ggplot2 v1.0 (Wickham *et al.*, 2016), maptools v0.8-6 (Lewin-Koh *et al.*, 2012), sf v1.0-8 (Pebesma *et al.*, 2018), rnaturalearthdata v4.0.3 (South, 2017), e ggspatial v1.1.5 (Dunnington *et al.*, 2021).

Além disso, foram utilizados os registros fotográficos das exsicatas disponíveis e que apresentavam data de coleta precisas (mínimo mês e ano), para se estabelecer uma cronologia

dos estágios fenológicos reprodutivos (botões florais, floração e frutificação). Sendo elaboradas curvas de frequência, a partir da contagem de todos os botões florais, flores e frutos, presentes nas fotos das exsiccatas para cada uma das espécies.

2.1.4 Experimento do sistema reprodutivo (tratamentos)

A maioria dos dados de campo foram coletados ao longo do período de julho a setembro de 2021, sendo efetuados cinco tratamentos para analisar o sistema reprodutivo das 3 espécies de *Microlicia*. Dessa maneira, cada flor foi ensacada isolando-a dos polinizadores naturais, de 15 indivíduos floridos (estágio reprodutivo) de *M. congestiflora* e *M. parviflora*, e 22 indivíduos de *M. tomentella*. Seguindo metodologia semelhante à utilizada por Soares & Morellato (2018), os tratamentos pretendem simular as possíveis formas de polinização, sendo divididos em: 1) Polinização espontânea (PE) - as flores que passaram por antese e que aparentam já terem sido polinizadas são isoladas; 2) Autopolinização manual (AM) – no primeiro dia da antese das flores, essas são emasculadas e polinizadas com uma flor do mesmo indivíduo; 3) Polinização cruzada manual (PC) – as flores são emasculadas e polinizadas manualmente a partir do pólen da flor de outro indivíduo; 4) Autopolinização espontânea (AE) – os botões florais ainda fechados são isolados; 5) Emasculação (E) - os botões florais são emasculados, para avaliar a formação de sementes sem polinização (externa ou própria), possível apomixia.

Ao final do experimento, frutos não tratados ou ensacados são coletados para avaliar se há interferência devido à presença dos saquinhos para isolamento, sendo quantificados em: I) número de frutos formados e II) número de sementes formadas em cada fruto. Para estimar o conjunto de frutos total (a conversão de flores em frutos) ou *fruit-set* de cada indivíduo, foram contabilizados com um contador todas as flores presentes no indivíduo antes de iniciar os tratamentos e a contagem de todos os frutos após o amadurecimento (período de 45 dias), quando foram recolhidos os sacos de pano dos tratamentos realizados. Dessa maneira pretende-se estabelecer um comparativo entre os valores totais de frutos de cada espécie, em que se espera que as espécies apomíticas apresentem uma quantidade maior de frutos do que as espécies dependentes da frequência de um polinizador. A fim de comparações também foi calculado o “Índice de auto-incompatibilidade” (ISI sensu Bullock 1985), dividindo a porcentagem de frutos advindos de autopolinização pela porcentagem de frutos de polinização cruzada. Além disso, para cada fruto coletado, foi contabilizado o número de sementes. E um número médio de sementes por fruto foi calculado para cada indivíduo e tratamento. A partir dos frutos formados por polinização espontânea (PE), calculou-se um número médio de

sementes por fruto para cada indivíduo, o que juntamente com o número médio de óvulos nos permitiu calcular um *seed-set* médio por indivíduo.

Também foram coletados botões florais, sendo esses conservados e fixados em FAA (álcool, ácido acético glacial, formaldeído; na proporção 3:1:1) para a contagem de óvulos e pólen no laboratório do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, São Paulo, Brasil. Posteriormente, para a contagem dos óvulos, com auxílio de uma lupa binocular, o ovário foi removido de cada botão e o número total de óvulos foi contado sob a lupa. Para a contagem do pólen, sob uma lupa, as anteras de alimentação foram separadas das anteras de polinização (facilmente diferenciadas pelo dimorfismo presente nestas espécies) e em *eppendorfs* independentes, com 1 ml de água destilada, as 5 anteras foram abertas mecanicamente para extração dos grãos de pólen. Após esse processo, 3 alíquotas de 10 microL foram extraídas de cada tubo e utilizou-se a máquina Countess II da Termofisher para contagem de grãos de pólen. A média das três alíquotas foi calculada para estimar o número médio de grãos de pólen por indivíduo.

2.1.5 Análise estatística

Com o propósito de explorar a possibilidade do efeito do sistema reprodutivo na capacidade de formação de frutos e sementes nas três espécies de *Microlicia*, foi realizada uma análise de modelo linear generalizado (GLM) para testar os efeitos do tipo de tratamento (fator fixo) na produção de frutos e sementes das plantas-mãe. Além disso, foram avaliadas as seguintes características: diferença entre as espécies na produção de pólen (diferenciando as anteras de alimentação e de polinização), óvulos, frutificação total e média da formação de sementes por indivíduo; para inferir um possível efeito do sistema de cruzamento sobre o *fitness* masculino e feminino.

Foram realizados GLMs com diferentes funções de link e distribuições de erros, dependendo do tipo de variável de resposta modelada. A distribuição binomial de erros e a função logit link foram utilizadas para analisar a formação de frutos por tratamento. Uma distribuição normal foi utilizada para analisar as diferenças na produção de pólen, óvulos, frutos e sementes entre as espécies e na produção de sementes entre os tratamentos. Todas essas análises foram realizadas usando o módulo SPSS GLM (IBM SPSS Statistic 26, 2015, Estados Unidos) com testes do Tipo III. Quando os GLMs mostraram diferenças significativas, as médias de tratamento foram comparadas usando testes t com base nos erros padrão calculados

a partir do modelo específico. Intervalos de confiança de 95% (IC 95%) também foram estimados usando o método bootstrap (1000 réplicas).

2.2 RESULTADOS

2.2.1 Distribuição das espécies de estudo

As três espécies de *Microlicia* apresentaram distribuição geográfica diferente. Embora as três espécies ocorram no Brasil, a *M. congestiflora* é distribuída somente no centro do estado de Minas Gerais em regiões próximas à capital Belo Horizonte. A espécie *M. tomentella*, além de ocorrer na área central do estado, também possui pontos de distribuição localizados mais ao sul do estado. Diferente das espécies anteriores a *M. parviflora*, tem ocorrências não só na região central e sul de Minas Gerais, como também em outros estados. A espécie foi registrada na Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Goiás e por quase todo o território de Brasília. A distribuição de cada espécie pode ser visualizada na Figura 3, ao final deste tópico, junto com as demais imagens obtidas durante a obtenção destes resultados.

2.2.2 Padrão fenológico

Para cada uma das três espécies foi encontrado um número diferente de registros na plataforma GBIF (*M. parviflora*: GBIF.org GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.64n2fj>; *M. congestiflora*: <https://doi.org/10.15468/dl.ku4jwj>; *M. tomentella*: <https://doi.org/10.15468/dl.d8kakz>), dos quais apresentaram data completa e foto da exsicata para observação das fenofases reprodutivas: 75 registros de *M. congestiflora*, 157 registros de *M. parviflora* e 54 registros de *M. tomentella*. O padrão fenológico para as três espécies foi diferente nas três fenofases verificadas, sendo essas: botão, flor e fruto (Figura 4).

A maior frequência de botões florais em *M. congestiflora* foi observado entre junho e julho, enquanto para as flores a maior frequência foi apresentada nos meses de março e maio, e os frutos obtiveram em junho, julho e setembro os maiores índices. Sendo assim, sua floração pode ser observada em quase todos os meses, mas tendo sua frutificação em um período mais restrito (Figura 4).

A análise das fenofases em *M. parviflora*, indicaram pouca variação na frequência de botões florais de fevereiro a setembro, não havendo registros em outubro. As flores também obtiveram frequência semelhante ao longo dos meses de abril a setembro, podendo-se observar uma constância nesse período. Já os meses de maior incidência de frutos segundo a análise de

dados foram os meses de agosto, setembro e outubro, com valores superiores a cinquenta frutos (Figura 4).

Na espécie *M. tomentella*, os botões florais têm pontos de maior amplitude em fevereiro e abril, mantendo-se constante de junho a julho. As flores apresentaram oscilações de frequência de menor amplitude, tendo o mês de maio o de menor índice. Já os frutos apresentaram uma menor frequência nos meses iniciais de fevereiro a maio, oscilando um pouco nos meses de junho a setembro (Figura 4).

2.2.3 Sistema reprodutivo

Para as três espécies de *Microlicia* estudadas, um número diferente de flores ensacadas foi coletado no campo, pois algumas bolsas foram perdidas devido às intempéries que ocorreram durante o tempo de espera para o amadurecimento dos frutos. Especificamente, para *M. congestiflora* foi possível recuperar dezessete sacos, cinquenta para *M. parviflora* e cinquenta e quatro para *M. tomentella*. O número de frutos maduros encontrados em cada tratamento foi distinto para cada uma das espécies (Tabela 1).

Em *M. congestiflora*, 14% das flores do tratamento de autopolinização espontânea (AE) se tornaram frutos; em tratamentos de autopolinização manual (AM) a conversão de flores em frutos foi de 33%; para tratamentos de polinização cruzada manual (PC) ocorreu 57% de maturação. O tratamento de polinização espontânea (PE) apresentou a maior porcentagem com 61% das flores transformadas em fruto e não ocorreu a maturação de frutos; no tratamento de emasculação (E) (Tabela 1). Da mesma forma, o número de sementes também variou entre os tratamentos e espécies, em *M. congestiflora* foram 76 sementes por fruto em AE, 211 sementes em AM, 31,5 para os frutos do tratamento PC, em PE a média de sementes por fruto foi de 91,21; e não houve a formação de frutos no tratamento E, consequentemente, nem a formação de sementes (Tabela 1). Consequentemente, foram encontradas diferenças significativas na produção de frutos (Wald Chi2: 38,755; gl:4; $p < 0,001$) e sementes para esta espécie (Wald Chi2: 47,796; gl:4; $p < 0,001$), devido à ausência de frutos formados após a emasculação e a não formação de sementes por autopolinização espontânea. O índice de auto-incompatibilidade (ISI), obteve como resultado 0,58 indicando se tratar de uma espécie com considerável compatibilidade, podendo gerar frutos sem a necessidade de outro indivíduo, mas consideravelmente dependente de polinizadores visitantes.

As flores convertidas em frutos nos tratamentos de *M. parviflora* obtiveram as seguintes porcentagens: 12% para AE, 29% para AM, 53% para PC, 65% para PE e 28% para E. As

sementes por fruto nos diferentes tratamentos, em AE foi calculado 60 sementes por fruto, AM em 19,80 por fruto, PC em 41,25, PE em 40,40 sementes e em E não houve a contagem de sementes por fruto. O índice de auto-incompatibilidade foi de 0,73 possuindo assim um alto nível de auto-compatibilidade.

A taxa de flores convertidas em frutos de *M. tomentella* foi de 92% em dois tratamentos AE e PE, 55% e 54% em AM e E, respectivamente, enquanto o tratamento PC apresentou a menor porcentagem, com 33% na conversão de flores em frutos. Sendo uma espécie fortemente auto-compatível de acordo com o ISI de 1,65. Os valores de sementes por fruto não apresentaram grande divergência, onde o mais baixo foi no tratamento de E, com 62,94. Posteriormente, AE com 78,50, AM com 83,54, PE com 90,21 e o maior índice de sementes PC com 95,64.

Tabela 1. - Resultados das polinizações controladas das espécies *Microlicia congestiflora*, *M. parviflora* e *M. tomentella*. Com a porcentagem de frutos formados em cada tratamento em parênteses e média das sementes por fruto, com desvio padrão em parênteses. E índice de auto-compatibilidade (ISI).

	<i>Microlicia congestiflora</i> Versiane & R. Romero		<i>Microlicia parviflora</i> (D. Don) Versiane & R. Romero		<i>Microlicia tomentella</i> Naudin	
Tratamentos	Flor/Fruto	Sementes por fruto	Flor/Fruto	Sementes por fruto	Flor/Fruto	Sementes por fruto
Autopolinização espontânea (AE)	14/2 (14%)	76 (±46,53)	17/2 (12%)	60 (±32,90)	74/68 (92%)	78,50 (±10,97)
Autopolinização manual (AM)	3/1 (33%)	211 (±46,535)	23/9 (29%)	19,80 (±20,81)	49/27 (55%)	83,54 (±12,91)
Polinização-cruzada manual (PC)	7/4 (57%)	31,5 (±32,9)	30/16 (53%)	41,25 (±16,45)	48/16 (33%)	95,64 (±14,031)
Polinização espontânea (PE)	23/14 (61%)	91,21 (±18,99)	26/17 (65%)	40,40 (±20,81)	158/145 (92%)	90,21 (±10,68)
Emasculação(E)	4/0 (0%)	0	18/5 (28%)	0 (±32,90)	37/20 (54%)	62,94 (±11,29)
ISI	0,58		0,73		1,65	

2.2.4 Traços florais, *Fruit-set* e *Seed-set*

Em termos gerais, avaliou-se a produção de pólen, óvulos, frutos e sementes em condições de livre polinização nas três espécies de *Microlicia*. As três espécies possuem dimorfismo no androceu, diferenciando anteras de polinização e anteras de alimentação. A quantidade de pólen encontrada em ambas foi distinta, assim como quando comparadas entre as espécies (Wald χ^2 : 363,696; gl 5; $p < 0,001$). Em *M. congestiflora*, observou-se diferenças significativas na quantidade de pólen quantificada nos dois tipos de anteras (Wald χ^2 : 5,085; gl:1; $p < 0,001$). As anteras de polinização e alimentação apresentaram as maiores médias entre as espécies, sendo respectivamente de 13,355 grãos/microL e de 8,270 grãos/microL (Figura 5).

Da mesma forma, a quantidade de grãos de pólen para as anteras de polinização foi superior a de alimentação em *M. parviflora*, onde o primeiro tipo constou 0,947 grãos/microL e o segundo 0,706 grãos/microL, embora não significativamente (Wald χ^2 : 0,241; gl:1; $p = 0,748$). Os menores valores de média para ambos os tipos de anteras foram observados em *M. tomentella*, com 0,524 grãos/microL para as de polinização e 0,222 grãos/microL para as de alimentação, também não é significativo (Wald χ^2 : 0,302; gl:1; $p = 0,607$). A espécie *M. tomentella* também alcançou os menores valores na média de óvulos com 150,73 por indivíduo, seguida por 186,86 da espécie *M. congestiflora* e a maior média, 278,18 óvulos, da espécie *M. parviflora*, mostrando diferenças significativas (Wald χ^2 : 31,294; gl:2; $p < 0,001$) devido ao valor médio de óvulos superior em *M. parviflora* em relação às outras duas espécies (Figura 4).

A média de frutos gerados por flor em um indivíduo (*fruit-set*) para a espécie *M. congestiflora* é a menor entre as espécies com 19,44%, no entanto alcançou a maior média de sementes por fruto com 94,63% (*seed-set*). Os valores de *fruit-set* entre as outras duas espécies, *M. parviflora* e *M. tomentella*, foram próximos, como indicado no gráfico, com 67,53% e 77,88%, respectivamente, portanto, as diferenças significativas observadas (Wald χ^2 : 7,532; gl:2; $p < 0,025$) devem-se à diferença com *M. congestiflora*. Ao passo que o *seed-set* foi diverso (Wald χ^2 : 14,218; gl:2; $p > 0,001$) e não apontou correlação entre os valores, sendo de 39,51% para *M. parviflora* e 66,06% para *M. tomentella*.

Figura 3: Distribuição geográfica composta por dados registrados ou obtidos na plataforma GBIF de espécies do gênero *Microlicia*. A) Destaque em roxo para os locais de ocorrência da espécie *Microlicia congestiflora*; B) Destaque em vermelho para os locais de ocorrência da espécie *Microlicia parviflora*; C) Destaque em rosa para os locais de ocorrência da espécie *Microlicia tomentella*.

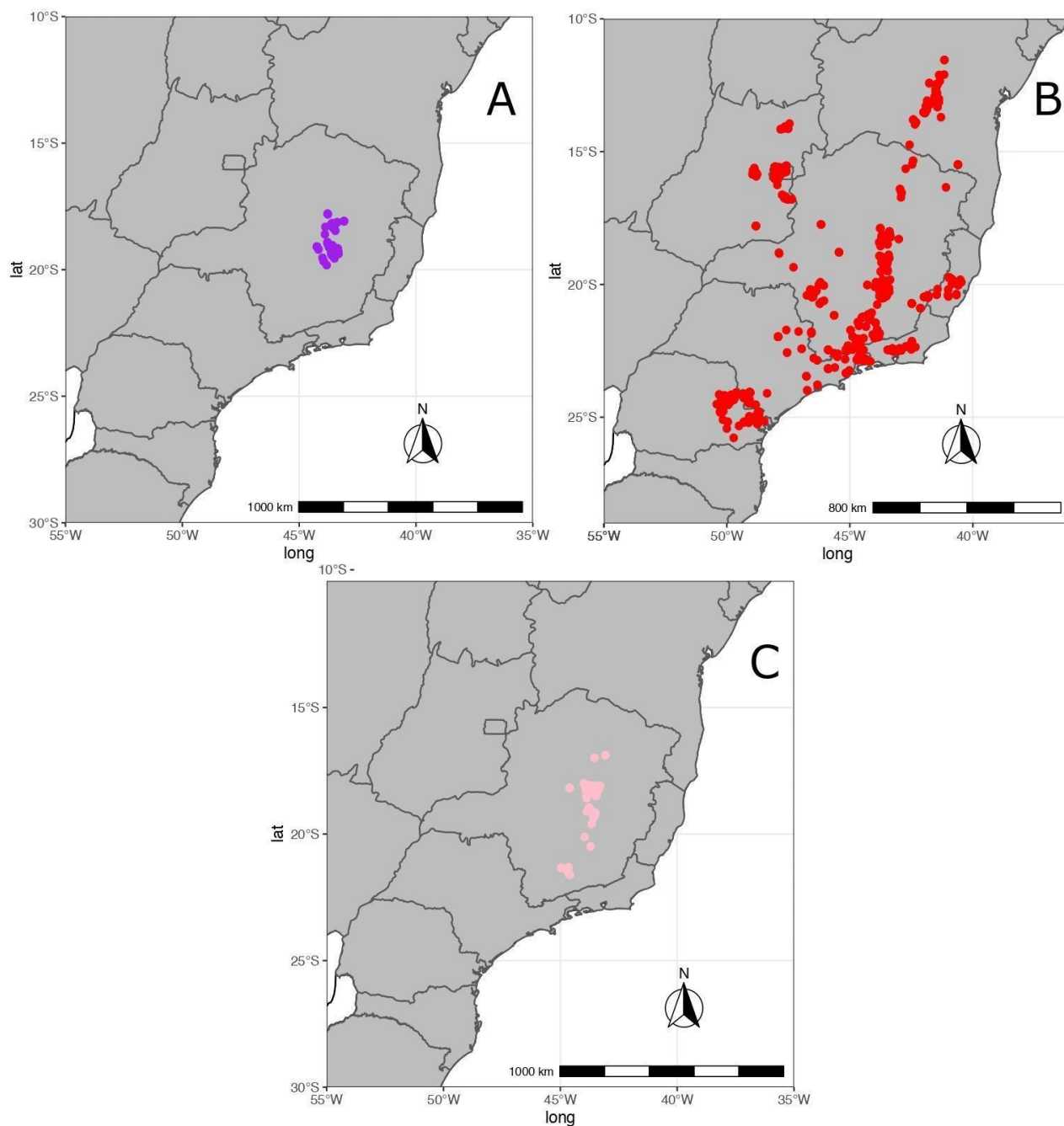


Figura 4: Quantidade de botões florais (linha em azul), flores (linha em vermelho) e frutos (linha em verde) desenvolvidos em *Microlicia congestiflora*, *Microlicia parviflora* e *Microlicia tomentella* ao longo dos meses de acordo com os registros da plataforma GBIF.

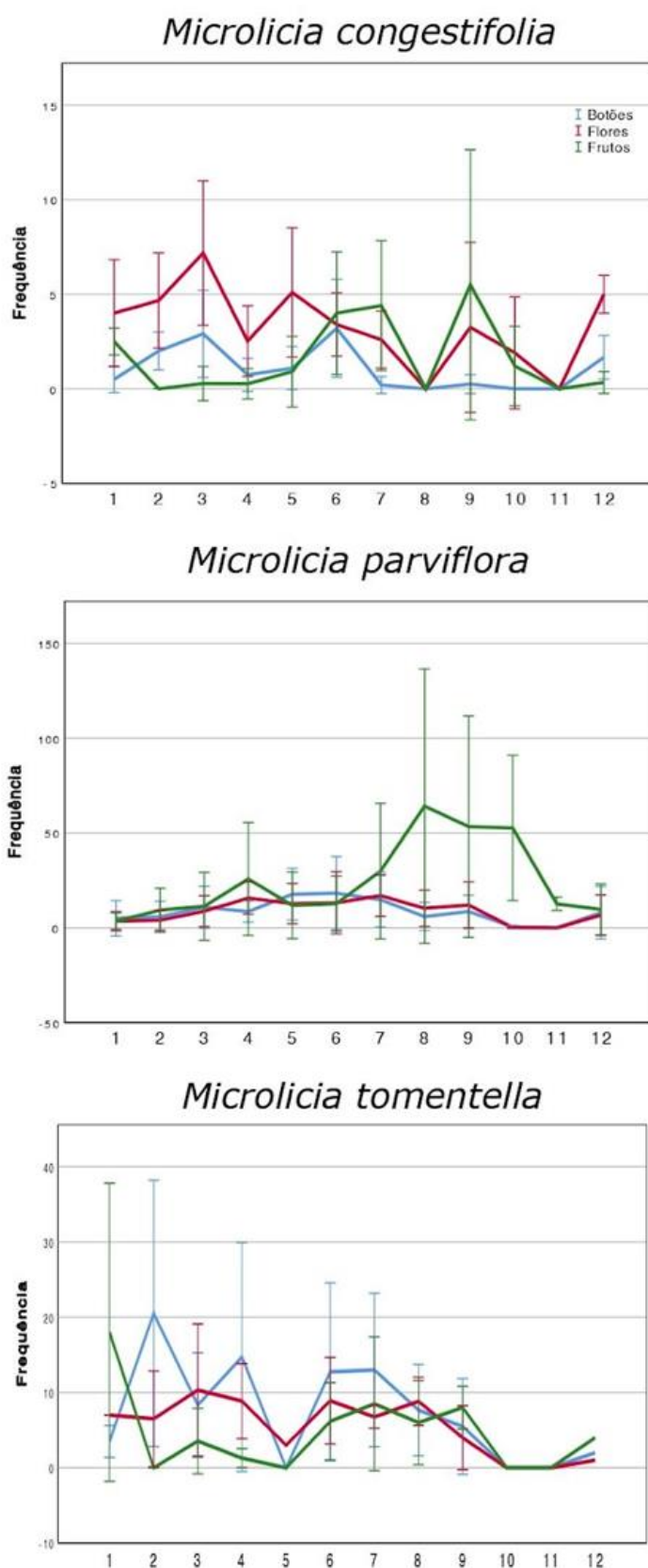
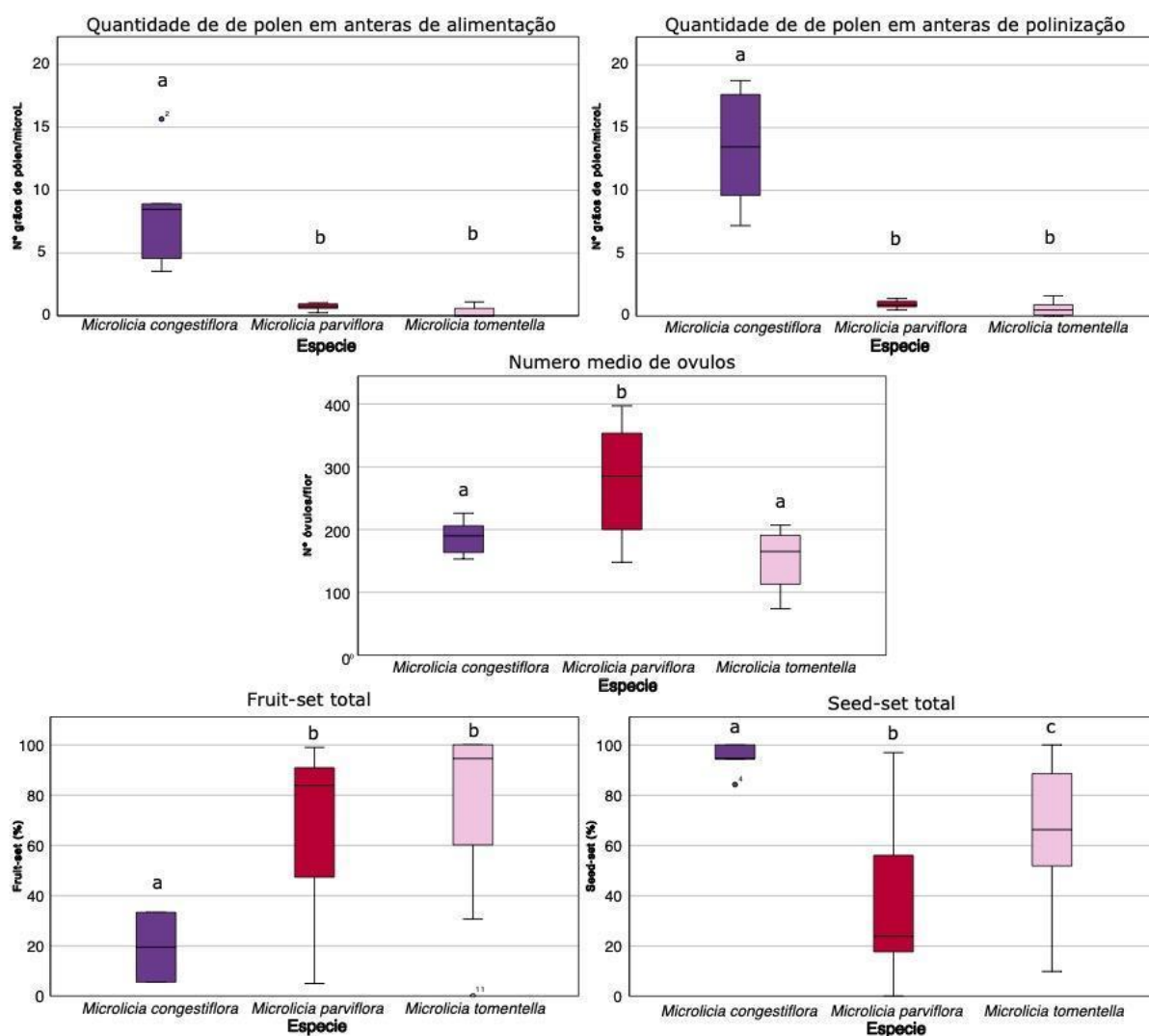


Figura 5: Gráficos representando as seguintes taxas: quantidade de pólen (antras de polinização e alimentação), média de óvulos por flor, porcentagem de frutos por indivíduo (*fruit-set*) e porcentagem de sementes por frutos (*seed-set*). Os valores de *M. congestiflora* é representado pelos plots de cor roxa, *M. parviflora* na cor vermelha e *M. tomentella* pela cor rosa.



2.3 DISCUSSÃO

2.3.1 Distribuição e sistema reprodutivo

A adaptação reprodutiva por apomixia autônoma é extremamente comum dentro da família *Melastomataceae*, visto que um grande número de táxons demonstrou utilizar essa estratégia reprodutiva e por esse motivo, pode ser considerado um grupo modelo para estudos sobre apomixia em plantas. Esse fator está associado a evidente poliploidia e esterilidade do pólen em diversos níveis. Além disso, é comum que as espécies desse grupo apresentem

poliembriõnia recorrentemente, originando sementes com mais de um embrião (VIANA, *et al.*, 2021).

Segundo os dados obtidos por Viana, *et al.* (2021), a tribo *Microlicieae* possui distribuição moderadamente restrita, totalizando cerca de 256 espécies com ocorrência sobretudo nas regiões de Cerrado. Durante esse estudo, a apomixia autônoma foi identificada em *Lavoisiera pulchella* Cham. e *Microlicia fasciculata* e provavelmente pode ocorrer em *Chaetostoma armatum* (Spreng.) Cogn e *Microlicia helvola* (Spreng.) Triana, em razão da detecção de sementes poliembriônicas. Ainda de acordo com seus estudos, existem fortes indícios de que a tribo *Microlicieae* seja um grupo com tendências apomíticas, assim como *Miconieae*, pois ambas possuem pré-adaptações a apomixia e são propensas a hibridização. Além disso, ainda segundo Viana, *et al.* (2021) foi constatado que *Microlicia polystemma*, produziu sementes com embriões viáveis sem que houvesse eventos de polinização, caracterizando uma adaptação apomítica autônoma também nessa espécie.

De acordo com a coleta de dados, a espécie *M. congestiflora* não aparenta ser uma espécie apomítica e possui um baixo índice de auto-incompatibilidade em comparação às outras duas espécies estudadas. Dessa forma, a espécie tem maior sucesso reprodutivo nos tratamentos de fecundação cruzada, mas sem desconsiderar a importância da autogamia que pode ser fundamental para a manutenção da população (VIANA, *et al.*, 2021), visto que a autopolinização manual obteve a maior média de sementes por fruto, como indicado na Figura 5, assegurando a geração de novos indivíduos mesmo que restringindo a diversidade gênica.

Além disso, a espécie apresentou os maiores valores de pólen, tanto nas anteras poricidas como nas de alimentação, o que pode explicar os índices de reprodução cruzada. Uma vez que tal recurso floral oferecido pelas *Melastomataceae* é extremamente importante no campo rupestre, para atrair polinizadores e que a espécie não realiza apomixia, é fundamental a grande quantidade de pólen em *M. congestiflora*, para aumentar as chances de polinização (LARSON & BARRET, 2000; DOS SANTOS, *et al.*, 2012), assim como em outras espécies *M. cordata*, *Desmocelis villosa* e *Tibouchina pulchra* (HOFFMANN & VARASSIN, 2011; FERREIRA & ARAÚJO, 2016; VELLOSO, *et al.*, 2018). O mesmo, não ocorre com a quantidade de frutos e óvulos, sendo a menor entre as espécies analisadas, o que pode indicar uma limitação evolutiva que tenha preterido a formação de frutos e assegurado a formação de sementes para garantir a sobrevivência no local, observado em *Cambessedesia hilariana* (FRACASSO & SAZIMA, 2004)

Como observado em estudos do gênero *Miconia*, a distribuição geográfica das espécies analisadas de *Microliceeae* apresenta relação com o sistema reprodutivo. Corroborando com a hipótese de que as espécies apomíticas apresentam uma diversidade maior em sua distribuição quando comparadas com espécies de reprodução sexuada (GOLDENBERG; SHEPHERD, 1998). De acordo com Viana, *et al.* (2021), a apomixia é uma estratégia reprodutiva que é reconhecida como altamente invasiva, podendo ser identificada nas espécies *Miconia calvescens* DC. e *Clidemia hirta*. Semelhante a *Miconia angelana*, a espécie *Microlicia congestiflora* tem sua ocorrência restrita tratando-se de uma espécie endêmica, que realiza reprodução majoritariamente sexuada, mas que apresenta a autogamia como fator de relevância para assegurar a sobrevivência das populações (SANTOS; ROMERO; DE OLIVEIRA, 2010). Tal estratégia poderia ser consequência de uma diminuição na variabilidade alélica causada pela autocompatibilidade, comprometendo a capacidade da espécie de diversificar os habitats ocupados e assim apresentar um endemismo altamente especializado (DOS SANTOS, *et al.*, 2012), como indicado na Figura 2.

A apomixia autônoma é considerada como um fenômeno raro entre as angiospermas e ocorre predominantemente em poucos grupos, estando *Melastomataceae* entre eles. Essa adaptação é vantajosa para um clado que possua altos índices de esterilidade do pólen, como geralmente ocorre em *Melastomataceae* (VIANA, *et al.*, 2021). E como observamos em *M. parviflora* e *M. tomentella*. Chegando a apresentar anteras com pouquíssima quantidade de pólen ou até mesmo sem pólen (Figura 5). Isso sugere que essas espécies podem ser consideradas apomíticas e se adaptaram profundamente a essa condição reprodutiva, pelo menos nas populações estudadas. A ocorrência de adaptações apomíticas ainda é contraditória entre alguns autores. Enquanto Viana *et al.* (2021) destacam que a frequência de sementes oriundas de relações apomíticas ou por polinização cruzada pode ser influenciada por fatores ambientais, Goldenberg e Varassin (2001) defendem que essa estratégia não tem relações ecológicas ou ambientais e estão mais intimamente relacionadas à expressão gênica ou por decorrência de outros fenômenos, como hibridização e poliploidia.

De uma perspectiva ecológica, a apomixia é capaz de garantir vantagens adaptativas às espécies, pois garante uma estratégia alternativa à reprodução sexuada do grupo e confere maiores chances de sobrevivência à espécie. Enquanto que a reprodução sexuada atua na variabilidade genética e mitiga o acúmulo de mutações deletérias e maior plasticidade genética a espécie, a apomixia facultativa é uma estratégia respeitável para o táxon, ao possibilitar flexibilidade reprodutiva relacionada a reprodução cruzada ou autônoma (VIANA, *et al.*, 2021).

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, em comparação a *M. congestiflora*, a espécie *M. parviflora* também produziu mais frutos nos tratamentos de polinização cruzada e espontânea, no entanto se difere de *M. congestiflora* por ser apomítica. Além disso, apresenta diferenças no *fruit-set* e na média de óvulos em relação às outras espécies, contendo os maiores valores em ambos. Tais aspectos, juntamente ao alto índice de compatibilidade, reafirmam a influência dos sistemas reprodutivos na distribuição das espécies. Sendo a apomixia um fator importante na ampla distribuição apresentada pela espécie *M. parviflora*, que ocorre em diversos estados, enquanto *M. congestiflora* e *M. tomentella* tem sua distribuição somente no estado de Minas Gerais. Em conformidade com Viana, *et al.* (2021), a diversidade e frequência de *Microliceae* é nítida no Cerrado brasileiro, mais especificamente em campos rupestres e a apomixia pode ser a grande responsável pela evolução e diversificação dessa tribo.

Nos estudos de Goldenberg e Varassin (2001), ao investigarem os sistemas reprodutivos de espécies de *Melastomataceae* da Serra do Japi (localizada em Jundiá, São Paulo) foi possível constatar que, das 13 espécies exploradas durante os seus estudos, 7 delas são apomíticas, das quais pertencem aos gêneros *Leandra*, *Miconia* e *Ossaea*, todos da tribo *Miconieae*, grupo onde estão agregadas a maioria das espécies apomíticas. Tal informação dá margem para melhor compreensão dos resultados obtidos durante este trabalho, do qual, das três espécies de *Microlicia* estudadas, somente uma se mostrou mais vantajosa com a estratégia reprodutiva de apomixia, enquanto as outras duas tiveram bons resultados com a reprodução cruzada.

Espécies do gênero *Microlicia* possuem uma característica anatômica chamada de heteranteria, que serve como uma estratégia para atrair polinizadores que se alimentam de pólen, sem que haja perda de gametas para a polinização propriamente dita (VELLOSO, *et al.*, 2018). Tal característica é encontrada nas três espécies alvos deste estudo (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020), indicando uma clara adaptação na atração de polinizadores com adaptação vibráteis (VELLOSO, *et al.*, 2018), no entanto, apenas *M. congestiflora* apresentou pólen suficiente nas anteras de alimentação para ser um sinal honesto como recompensa aos polinizadores. Isso demonstra sua dependência do polinizador para a formação de frutos e sementes, corroborando ainda mais para a hipótese de que, nesta espécie, a reprodução cruzada ainda é a estratégia mais vantajosa.

As outras espécies parecem ter optado por uma estratégia apomítica, reduzindo o esforço envolvido na formação do pólen, especialmente útil em ambientes tão estressantes

como o campo rupestre (LE STRADIC *et al.* 2015). A importância da polinização cruzada em *M. congestiflora* em relação às outras duas espécies de *Microlicia* estudadas, também pode ser confirmada indiretamente pelo tamanho da flor. Embora não tenham sido feitas medições diretas das flores, pode-se observar que *M. congestiflora* apresentou flores com mais do dobro do diâmetro das outras espécies, apontando para a relevância dos polinizadores nesta espécie devido ao esforço adicional na formação de flores maiores. Isso já foi descrito em outras espécies de angiospermas como *Turnera velutina*; *Erica* sp., *Tibouchina* sp. ou *Pleroma trichopodum* (FRENCH, *et al.* 2005; FRANCO, *et al.* 2011; ARENDSE, *et al.* 2021; MALUCELLI, *et al.* 2018) onde populações polinizadoras dependentes mostraram um maior investimento de recursos na formação de estruturas florais atrativas, tendo uma redução no tamanho das estruturas florais em espécies apomíticas ou autocompatíveis (LEON-MARTÍNEZ & VEILLE CALZADA, 2019; MELO *et al.* 2021). Portanto, isso também sugere que a estratégia reprodutiva dessas espécies está profundamente fixada no tempo e não é uma adaptação pontual dessa população nas condições ambientais do momento do estudo.

2.3.2 Fenologia

A fenologia reprodutiva de *Melastomataceae* pode variar entre alógama (conta com a ajuda de agentes bióticos - abelhas - a partir do serviço ecológico da polinização) ou apomítica, garantindo a formação de frutos e sementes totalmente independente. Essa pluralidade de estratégias reprodutivas pode afetar de maneira direta a fenologia de floração e frutificação. Há também fatores abióticos que regulam esses eventos, como chuvas, temperatura, iluminação, entre outros. De qualquer forma, os episódios de floração e frutificação são elementos essenciais para se compreender a história evolutiva de determinadas plantas, bem como são fundamentais para garantir o seu êxito reprodutivo (BRITO, *et al.*, 2017).

Cabe destacar que, durante os estudos de Brito, *et al.* (2017) com 81 espécies de *Melastomataceae*, ele observou que a maioria das plantas produziram flores e frutos ao longo do ano em diferentes biomas, sem um padrão sazonal definido, indicando que a reprodução contínua foi a estratégia fenológica mais comum. Entretanto, em campos rupestres, as plantas com dependência de polinizadores tiveram tendências de floração no mês de maio, enquanto que as independentes se mostraram mais propensas a florescer no mês de agosto.

Em conformidade com o observado por Brito, *et al.* (2017), a análise da fenologia das três espécies de *Microlicia* a partir das exsicatas não apresentaram um padrão em sua fenologia. Indicando que seria possível uma reprodução contínua das espécies ao longo do ano, mesmo

com a falta de registros em alguns meses, uma vez que como já citado essa ausência poderia ser uma questão dos dados utilizados e não necessariamente reflete a realidade do período.

3. CONCLUSÃO

A partir dessa pesquisa, pode-se concluir que as espécies apomíticas e com maior autocompatibilidade apresentaram uma distribuição mais ampla em relação a espécie não apomítica. Dessa forma, foi possível corroborar com a hipótese de que por serem independentes de polinizadores, produzem mais frutos, sendo este outro fator que poderia contribuir para a distribuição e ocupação de habitats mais diversos. No entanto, como ressaltado, há um equilíbrio entre as estratégias de apomixia e reprodução sexuada que permite o sucesso reprodutivo e que possivelmente influenciou na diversificação e evolução das espécies.

4. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L.B. et al. Espécies de Melastomataceae com potencial para restauração ecológica de mata ripária no cerrado. **Polibotânica**, n. 35, p. 1-19, 2013.
- ALVES, R. J. V. et al. Circunscrevendo campo rupestre - Savanas montanhas rochosas megadiversas do Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 355–362, 2014.
- ARAÚJO, I. M. et al. Melastomataceae no Parque Estadual do Biribiri, Diamantina, Minas Gerais, Brasil: tratamento sistemático e comparação florística. [Dissertação], 2013.
- ARENDSE, B., et al. Breeding systems and pollen-ovule ratios in Erica species (Ericaceae) of the Cape Floristic Region. **International Journal of Plant Sciences**, v. 182, n. 2, p. 151-160, 2021.
- ANDREATA, R. H. P.; TRAVASSOS, O. P. Chaves para determinar famílias de: pteridophyta, gymnospermae, angiospermae. **Editora Universitária Santa Úrsula**, 1994.
- BRITO, V. L. G. et al. Reproductive phenology of Melastomataceae species with contrasting reproductive systems: contemporary and historical drivers. **Plant Biology**, v. 19, n. 5, p. 806-817, 2017.
- CEOLA, G.; STEIN, R. T. **Botânica sistemática**. Grupo A, 2019.
- COLLI-SILVA, M.; VASCONCELOS, T. N. C.; PIRANI, J. R. Outstanding plant endemism levels strongly support the recognition of campo rupestre provinces in mountaintops of eastern South America. **Journal of Biogeography**, v. 46, n. 8, p. 1723–1733, 2019.
- CLAUSING, G.; RENNER, S. S. Molecular Phylogenetics of Melastomataceae and Memecylaceae : Implications for Character Evolution. *American Journal of Botany*, v. 88, n. 3, p. 486–498, 2001.
- DE MATTOS, J. S. et al. Plant phylogenetic diversity of tropical mountaintop rocky grasslands: local and regional constraints. **Plant Ecology**, v. 220, n. 12, p. 1119–1129, 2019.
- DOS SANTOS, A. P. M. et al. Reproductive biology and species geographical distribution in the Melastomataceae: a survey based on New World taxa. **Annals of Botany**, v. 110, n. 3, p. 667-679, 2012.
- DUNNINGTON, D. ggspatial: Spatial Data Framework for ggplot2. R package version 1.1. 5, 2021.
- FERREIRA, Q. I. X.; DE ARAÚJO, F. P. Economia de pólen favorecida pela heteranteria em *Desmocelis villosa* (Melastomataceae). **Rodriguesia**, v. 67, n. 2, p. 347–355, 2016.
- FERNANDES, G. W.; MADEIRA J.A., G.W. Reproductive phenology of sympatric taxa of *Chamaecrista* (Leguminosae) in Serra do Cipó. *J. Trop. Ecol.* 15, 463–479, 1999.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Flora do Brasil**, c2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 25 de abril de 2022.

FRACASSO, C. M.; SAZIMA, M. Polinização de *Cambessedesia hilariana* (Kunth) DC. (Melastomataceae): sucesso reprodutivo versus diversidade, comportamento e frequência de visitas de abelhas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 797–804, 2004.

FRANCO, A. M.; GOLDENBERG, R.; VARASSIN, I. G. Pollinator guild organization and its consequences for reproduction in three synchronopatric species of *Tibouchina* (Melastomataceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, p. 381–388, 2011.

FRENCH, G. C.; ENNOS, R. A.; SILVERSIDE, A. J.; HOLLINGSWORTH, P. M. The relationship between flower size, inbreeding coefficient and inferred selfing rate in British *Euphrasia* species. **Heredity**, v.94, n. 1, p. 44–51, 2005.

GIULIETTI, A. M. et al. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Caracterização e Lista das Espécies Boletim de Botânica, 1987.

GOLDENBERG, R. O gênero *Miconia* Ruiz & Pavon. (Melastomataceae): Listagens analíticas, II. Revisão taxonômica da seção *Hypoxanthus* (Rich. Ex DC.) Hook. F. PhD Thesis: Universidade Estadual de Campinas. 2000

GOLDENBERG, R.; BAUMGRATZ, J. F. A.; SOUZA, M. L. D. Taxonomia de Melastomataceae no Brasil: retrospectiva, perspectivas e chave de identificação para os gêneros. **Rodriguésia**, v. 63, p. 145–161, 2012.

GOLDENBERG, R.; SHEPHERD, G. J. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. **Plant Systematics and Evolution**, v. 211, n. 1–2, p. 13–29, 1998.

GOLDENBERG, R.; VARASSIN, I. G. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, p. 283–288, 2001.

GROSSENBACHER, D. L. et al. Self-compatibility is over-represented on islands. **New Phytologist**, v. 215, n. 1, p. 469–478, 2017.

HIJMANS, Robert J. et al. Package ‘terra’. 2022.

HOFFMANN, G. M.; VARASSIN, I. G. Variação da viabilidade polínica em *Tibouchina* (Melastomataceae) Variation. **Rodriguésia**, v. 62, n. 1, p. 223–228, 2011.

HOPPER, S. D. OCBIL theory: Towards an integrated understanding of the evolution, ecology and conservation of biodiversity on old, climatically buffered, infertile landscapes. **Plant and Soil**, v. 322, n. 1, p. 49–86, 2009.

HOPPER, S. D.; SILVEIRA, F. A. O.; FIEDLER, P. L. Biodiversity hotspots and Ocbil theory. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1–2, p. 167–216, 2016.

HOJSGAARD, D.; HÖRANDL, E. Apomixis as a facilitator of range expansion and diversification in plants. In: Evolutionary biology: biodiversification from genotype to phenotype. **Springer**, Cham, p. 305–327, 2015.

KAHLE, D.; WICKHAM, H.; KAHLE, M. D. Package ‘ggmap’. Retrieved September, v. 5, p. 2021, 2019.

LARSON, B. M., & BARRETT, S. C. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. **Biological journal of the Linnean Society**, v. 69, n. 4, p. 503-520, 2000.

LEÓN-MARTÍNEZ, G., & VIELLE-CALZADA, J. P. Apomixis in flowering plants: Developmental and evolutionary considerations. *Current topics in developmental biology*, v. 131, p. 565-604, 2019.

LE STRADIC, S.; BUISSON, E.; FERNANDES, G. W. Vegetation composition and structure of some Neotropical mountain grasslands in Brazil. **Journal of Mountain Science**, v. 12, n. 4, p. 864–877, 2015.

LE STRADIC, S. et al. Diversity of germination strategies and seed dormancy in herbaceous species of campo rupestre grasslands. **Austral Ecology**, v. 40, n. 5, p. 537–546, 2015.

LEWIN-KOH, N. J.; BIVAND, R.; PEBESMA, J.; ARCHER, E.; BADDELEY, A., GIRAUDOUX, D. G., et al. Package ‘maptools’, 2012. Internet: <http://cran.r-project.org/web/packages/maptools/maptools.pdf> (30.1. 2012).

MALUCELLI, T. S.; MAIA, F. R.; VARASSIN, I. G. Breeding system and pollination of *Pleroma trichopodum* DC.(Melastomataceae): a potential species for the restoration of Atlantic Forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, 32, 402-409, 2018.

MELO, L. R., et al. Evolution of stamen dimetrisism in Melastomataceae, a large radiation of pollen flowers. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 48, 125589, 2021.

PACIFICO, R.; ALMEDA, F.; FIDANZA, K. Seven New Species of *Microlicia* (Melastomataceae: Microlicieae) from Minas Gerais, Brazil. **Systematic Botany**, v. 45, n. 2, p. 277–293, 2020.

PEBESMA E. “Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data.” *The R Journal*, 10(1), 439–446. doi:10.32614/RJ-2018-009, 2018.

RENNER, S. S.; MEYER, K. Melastomeae come full circle: Biogeographic reconstruction and molecular clock dating. *Evolution*, v. 55, n. 7, p. 1315–1324, 2001.

RENNER, S. S. A Survey of Reproductive Biology in Neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 76, n. 2, p. 496, 1989.

ROCHA, M. J. R. et al. Phylogenetic relationships in the Marcetia alliance (Melastomeae, Melastomataceae) and implications for generic circumscription. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 4, p. 585–609, 2016.

SANTOS, A. P. M.; ROMERO, R.; DE OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Miconia angelana* (Melastomataceae), endêmica da Serra da Canastra, Minas Gerais. **Brazilian Journal of Botany**, v. 33, p. 333-341, 2010.

SILVEIRA, F. A. O. et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1–2, p. 129–152, 2016.

SOARES, N. C.; MORELLATO, L. P. C. Crepuscular pollination and reproductive ecology of *Trembleya laniflora* (Melastomataceae), an endemic species in mountain rupestrian grasslands. **Flora**, v. 238, p. 138-147, 2018.

SOUTH, A. Rnaturalearthdata: World Vector Map Data from Natural Earth Used in 'rnaturalearth'. R package version 0.1.0. (2017). Available online at: <https://CRAN.R-project.org/package=rnaturalearthdata>.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática. 3. Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012.

VASCONCELOS, T. N. C. et al. Fast diversification through a mosaic of evolutionary histories characterizes the endemic flora of ancient Neotropical mountains. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 287, n. 1923, 2020.

VERSIANE, A. F. A. et al. Phylogenetic analysis of Microlicieae (Melastomataceae), with emphasis on the re-circumscription of the large genus *Microlicia*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 197, n. 1, p. 35–60, 1 set. 2021.

VELLOSO, M. S. C. et al. Anther specializations related to the division of labor in *Microlicia cordata* (Spreng.) Cham.(Melastomataceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, p. 349-358, 2018.

VIANA, M. L.; et al. The best of both worlds: Apomixis and sexuality co-occur in species of *Microlicia*, Melastomataceae. **Plant Species Biology**, v. 36, n. 3, p. 476-488, 2021.

VIEIRA, B. C.; SALGADO, A. A. R.; SANTOS, L. J. C. Landscapes and Landforms of Brazil. Springer, 2015

WICKHAM, H.; et al. ggplot2: Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. **R package version**, v. 2, n. 1, 2016.

WHITTAKER, R. J.; PALACIOS, J. M. F. Island Biogeography: Ecology, evolution, and conservation. 2º edição. Oxford, 08 de fevereiro de 2007