



Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Ciências Agrárias
Trabalho de Conclusão de Curso

Germinação e desenvolvimento inicial de *Banisteriopsis malifolia* (Ness & Mart.) B. Gates (Malpighiaceae) condicionado pelo peso das sementes

Discente: Leonardo Garcia Camera

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Helena Maura Torezan-Silingardi

LEONARDO GARCIA CAMERA

Germinação e desenvolvimento inicial de *Banisteriopsis malifolia* (Ness & Mart.) B. Gates (Malpighiaceae) condicionado pelo peso das sementes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Helena Maura Torezan-
Silingardi

UBERLÂNDIA – MG

2025

Dedicatória

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Agronomia, primeiramente aos meus pais, que sempre acreditaram no meu potencial e investiram em minha educação, desde a infância até o ensino médio, proporcionando-me as melhores oportunidades para que eu tivesse uma formação sólida e pudesse ingressar em uma universidade federal, no curso que escolhi. Agradeço a eles profundamente pelo apoio contínuo durante toda a graduação, fundamental para que eu pudesse concluir esta etapa tão importante.

Agradeço também ao meu irmão, Nicolas Garcia, que sempre esteve presente, ajudando quando surgiam dúvidas e sendo um apoio constante ao longo da jornada.

Expresso minha gratidão especial à minha namorada, Gabryella Clara, pelo incentivo diário durante todo o curso e, especialmente, pela participação ativa e indispensável na realização deste trabalho. Ela foi minha parceira na coleta dos samarídeos no Cerrado, no Caça e Pesca, ajudou na pesagem precisa de fruto por fruto, e me acompanhou em todas as etapas do desenvolvimento deste TCC com dedicação e carinho.

Agradeço sinceramente à minha orientadora, Professora Dra. Helena Maura Torezan-Silingardi, pela proposta de um tema inovador e relevante para a agricultura brasileira, pelo apoio durante toda a realização do trabalho, e pela valiosa ajuda tanto nas atividades práticas quanto na parte escrita deste TCC, sempre com atenção, paciência e dedicação.

Por fim, agradeço a Deus, por me conceder saúde, paz e força para concluir essa caminhada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1. ÁREA DE COLETA DOS FRUTOS	10
2.2. ESPÉCIE FOCAL.....	11
2.3. AVALIAR A DIFERENÇA NO PESO DOS SAMARÍDEOS.....	12
2.4. INVESTIGAR SE O PESO DOS SAMARÍDEOS INTERFERE NO PROCESSO DE GERMINAÇÃO	12
2.5. CONFERIR SE O PESO DOS SAMARÍDEOS AFETA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS	13
2.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	13
3. RESULTADOS	14
3.1. PESO DOS SAMARÍDEOS	14
3.2. RELAÇÃO ENTRE O PESO DOS FRUTOS E A GERMINAÇÃO.....	16
3.3. RELAÇÃO ENTRE O PESO DOS FRUTOS E O DESENVOLVIMENTO DAS PLÂNTULAS.....	16
4. DISCUSSÃO	21
5. CONCLUSÃO.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

RESUMO

O sucesso reprodutivo das plantas depende de diversos fatores, incluindo a presença de polinizadores nas áreas de cultivo, que pode ser incrementada a partir da presença de plantas no entorno que ofereçam regularmente recursos alimentares para sustentar populações de abelhas e outros visitantes florais aptos a transportar o pólen entre flores da mesma espécie. Para isso, é necessário conhecer aspectos relevantes para a produção de mudas de espécies nativas e rústicas, como as características morfológicas dos frutos.

Nosso objetivo foi investigar se o peso dos frutos influencia a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas de *Banisteriopsis malifolia* (Nees & Mart.) B. Gates (Malpighiaceae), uma espécie rústica e nativa do Cerrado, reconhecida por fornecer pólen e óleo floral às abelhas. Os frutos maduros foram coletados em 23 plantas distintas e classificados em quatro grupos de peso: muito leve (10-39,9 mg), leve (40-59,9 mg), médio (60-79,9 mg) e pesado (80- 110 mg). Foram semeados 174 frutos e monitorados por 275 dias.

Os resultados indicaram que apenas frutos médios e pesados conseguiram germinar (16% e 29,16% respectivamente). O desenvolvimento das plântulas foi semelhante entre os grupos médio e pesado, sem diferenças significativas na altura, diâmetro do caule e número de folhas. A queda no número de folhas ao longo do tempo sugere um ajuste fisiológico à disponibilidade de recursos hídricos.

Nossos resultados indicam que a seleção de frutos mais pesados e médios de *B. malifolia* pode otimizar a produção de mudas. A baixa taxa de germinação pode indicar a presença de dormência influenciada por fatores ambientais, ou que as sementes são recalcitrantes e devem ser plantadas rapidamente após a colheita para manter a viabilidade, o que merece estudos posteriores.

Palavras-chave: Produção de mudas, peso do fruto, Cerrado, desenvolvimento de plântulas, dormência.

ABSTRACT

The reproductive success of plants depends on several factors, including the presence of pollinators in cultivation areas, which can be increased by the presence of surrounding plants that regularly offer food resources to sustain populations of bees and other floral visitors capable of transporting pollen between flowers of the same species. For this, it is necessary to know relevant aspects for the production of seedlings of native and rustic species, such as the morphological characteristics of the fruits.

Our objective was to investigate whether the weight of the fruits influences the germination and initial development of seedlings of *Banisteriopsis malifolia* (Nees & Mart.) B. Gates (Malpighiaceae), a rustic and native species of the Cerrado, recognized for providing pollen and floral oil to bees. Mature fruits were collected from 23 distinct plants and classified into four weight groups: very light (10–39.9 mg), light (40–59.9 mg), medium (60–79.9 mg), and heavy (80–110 mg). A total of 174 fruits were sown and monitored for 275 days.

The results indicated that only medium and heavy fruits were able to germinate (16% and 29.16%, respectively). The development of seedlings was similar between the medium and heavy groups, with no significant differences in height, stem diameter, and number of leaves. The decrease in the number of leaves over time suggests a physiological adjustment to the availability of water resources.

Our results indicate that the selection of heavier and medium fruits of *B. malifolia* can optimize seedling production. The low germination rate may indicate the presence of dormancy influenced by environmental factors, or that the seeds are recalcitrant and must be planted quickly after harvest to maintain viability, which deserves further studies.

Keywords: Seedling production, fruit weight, Cerrado, seedling development, dormancy.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produtividade ao longo do tempo é baseado nas novas técnicas agrícolas e de manejo das áreas de plantio, permitindo suprir o mercado consumidor interno e externo e beneficiando o comércio do país. Entretanto, as áreas destinadas às atividades agrícolas não podem ser ampliadas desenfreadamente, pois há limitações geográficas, edáfico-climáticas, ecológicas e políticas que devem ser consideradas (Aguiar et al. 2007). A produtividade agrícola é dependente de diversos fatores, como a escolha minuciosa do genótipo das sementes adequado para cada clima, os cuidados com as condições do solo, as condições hídricas locais, a iluminação solar e a presença de polinizadores (Garibaldi et al. 2013). Todos eles interferem diretamente no processo de formação e germinação das sementes e no desenvolvimento posterior da plântula, quando os compostos armazenados no endosperma e cotilédones da semente serão mobilizados para nutrir o embrião a partir do processo de hidratação (Junqueira et al. 2022). Quanto maior for essa reserva nutricional, mais independência a semente terá do solo no início do processo de germinação. A seguir haverá o estímulo para o meristema radicular acelerar suas divisões celulares e realizar a histodiferenciação formando os tecidos da radícula, a qual será exposta no solo a partir do rompimento no tegumento externo da semente (Junqueira et al. 2022). A utilização dos nutrientes captados pelas raízes no solo, simultaneamente com a energia presente nos compostos de reserva da semente, fornece as condições necessárias que permitirão o desenvolvimento da parte aérea, onde as folhas serão formadas para realizar o processo fotossintético.

Além de fatores climáticos e genéticos, a produtividade agrícola também é influenciada pelas interações bióticas, como as relações com polinizadores e pragas potenciais. A presença de polinizadores é essencial, especialmente em cultivos destinados à produção de frutos e sementes, e mesmo culturas voltadas à produção de tecidos vegetativos, como hortaliças folhosas, tubérculos, cana-de-açúcar e espécies madeireiras, dependem de sementes para a formação de mudas e o estabelecimento de novas plantações. A polinização adequada favorece a planta com maior produção de sementes e maior variabilidade genética, quando há troca de gametas entre diferentes plantas da mesma população, caracterizando a polinização cruzada (Torezan-Silingardi et al. 2021). Embora o vento e a água possam atuar como vetores abióticos em algumas espécies, a polinização biótica, realizada por animais, é predominante, ocorrendo em cerca de 90% das plantas do mundo (Tong et al. 2023), com maior frequência nas regiões tropicais (94%) (Ollerton et al. 2011). Esse tipo de polinização é comum em flores

que oferecem recursos como pólen e néctar, utilizados tanto por insetos adultos quanto pelas formas juvenis em ninhos e colmeias, configurando uma relação mutualística que beneficia ambas as espécies: o polinizador obtém alimento enquanto a planta garante a transferência de seus grãos de pólen entre flores da mesma espécie (Vitali & Machado 1994). Polinizadores generalistas, capazes de coletar recursos florais em diferentes espécies e realizar de forma eficiente as trocas polínicas que favorecem a frutificação, são especialmente importantes para muitas plantas (Waser et al. 1996). Esses polinizadores podem ser atraídos e mantidos próximos às áreas de cultivo pela presença de espécies nativas crescendo no entorno (Torezan-Silingardi et al. 2021). Quando a floração das plantas nativas coincide ou ocorre pouco antes da floração dos cultivos agrícolas, os polinizadores generalistas já presentes na área podem migrar facilmente para as flores do cultivo, promovendo a formação de frutos e sementes em ambas as espécies e resultando em maior produtividade para o agricultor (Boscolo et al. 2017).

No Brasil há uma grande diversidade de plantas nativas com sementes, sendo 32.086 espécies de Angiospermas e 23 espécies de Gimnospermas (BFG – The Brazil Flora Group. 2015). As plantas cultivadas são basicamente do grupo das Angiospermas, e suas flores são atraentes para diversos animais. O cerrado ou savana brasileira ocupava originalmente cerca de 2.036.448 km² (22% do território brasileiro), mas atualmente sua área está muito reduzida devido ao crescimento das cidades, das rodovias e da agropecuária (Klink & Machado 2005). As principais famílias botânicas presentes no Cerrado são Asteraceae, Vochysiaceae, Myrtaceae, Poaceae, Rubiaceae, Apocynaceae, Euphorbiaceae, Malpighiaceae e Fabaceae (Costa et al. 2004; Sampaio et al. 2018; Schardong et al. 2020). A família Malpighiaceae possui aproximadamente 77 gêneros e 1300 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais no mundo (Davis & Anderson, 2010), com cerca de 45 gêneros e 560 espécies no Brasil (BFG – The Brazil Flora Group 2015). Suas espécies são arbóreas, arbustivas, trepadeiras ou lianas e muito admiradas pela beleza das flores polinizadas por insetos, especialmente abelhas (Vogel, S. 1974; Gaglianone 2014; Barônio & Torezan-Silingardi 2016). As flores das espécies de Malpighiaceae apresentam glândulas de óleo nas sépalas, elaióforos, e também pólen abundante que pode ser coletado facilmente pelas abelhas polinizadoras graças as anteras com deiscência longitudinal (Possobom e Machado, 2017). Algumas espécies produzem frutos carnosos tipo drupa, como o gênero *Byrsonima*, que serve para a alimentação de aves e outros animais. Outras espécies produzem frutos secos esquizocárpicos que se fragmentam em até três frutos ou unidades independentes de dispersão (diásporos) chamadas samarídeos. Cada samarídeo contém uma única semente e sua dispersão ocorre independente com o vento (Figueiredo & Salimena, 2015). Samarídeos são encontrados

nas espécies dos gêneros *Banisteriopsis*, *Peixotoa* e *Heteropterys*, entre outras (Barroso et al. 2004). Além disso, muitas espécies apresentam propriedades medicinais de interesse para a indústria farmacêutica, como *Banisteriopsis caapi* que é usada para o preparo do ‘Chá do Santo Daime’ por suas propriedades alucinógenas (Mckenna; Callaway; Grob, 1998; Frederick et al., 1999; de Souza, 2006). Algumas espécies produzem frutos com grande apelo comercial e bom valor de mercado devido ao uso na indústria de alimento e farmacêutica, como a acerola (*Malpighia puniceifolia* L., e *Malpighia emarginata* Sessé & Mociño ex D.C.) (Belwal et al. 2018; Barros et al. 2020). Muitas dessas espécies de Malpighiaceae são nativas do Cerrado, de pequeno ou médio porte, consideradas rústicas e já adaptadas às condições do solo e do clima. No entanto, há pouco conhecimento sobre quais poderiam ser produzidas comercialmente para serem utilizadas tanto no entorno de plantações para facilitar a manutenção de polinizadores que buscam por flores de óleo e de pólen nas áreas de cultivo, quanto em projetos de ornamentação de parques urbanos ou em estudos de prospecção de componentes medicinais.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo geral investigar como o peso dos samarídeos de *Banisteriopsis malifolia* (Malpighiaceae) condiciona os processos de germinação e de desenvolvimento inicial da plântulas. Esse trabalho fornecerá a base de conhecimento necessário para que a espécie possa ser produzida comercialmente. Definimos, portanto, os seguintes **objetivos específicos** e suas **hipóteses**:

Ob1. Observar qual é a variação de peso dos samarídeos entre plantas diferentes.

H1. Haverá pouca variação entre o peso dos samarídeos formados na mesma planta, e entre plantas diferentes;

Ob2. Investigar se o peso dos samarídeos interfere no processo de germinação;

H2. O peso dos samarídeos interfere positivamente no processo de germinação, quanto mais pesado, melhor será a germinação.

Ob3. Analisar se samarídeos com pesos distintos apresentarão o desenvolvimento inicial das plântulas de forma semelhante.

H3. O desenvolvimento das plântulas será independente do peso dos samarídeos, pois as raízes já são capazes de nutrir as plântulas de forma semelhante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de coleta dos frutos

Os frutos foram coletados de plantas no cerrado sentido restrito, ao longo da trilha principal do fragmento de vegetação nativa, pertencente ao Itororó Park Club, ao sul do município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil ($18^{\circ} 55' S$ e $48^{\circ} 17' W$) (Figura 1). O fragmento tem 127 ha de Cerrado em bom estado de preservação, com altitude média de 890 m, pluviosidade anual média de 1.507 mm e temperatura anual média de $22,6^{\circ}C$, com geadas esporádicas no inverno e temperaturas de até $35^{\circ}C$ no verão (Petrucchi, 2018).



Figura 1. Imagem do fragmento de Cerrado do Itororó Park Club de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. (Fonte: Google maps).

2.2. Espécie focal

Banisteriopsis malifolia (Ness & Mart.) B. Gates (Malpighiaceae) é um arbusto nativo do Brasil com até 2m de altura, e é facilmente encontrada nos estados do Acre, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rondônia, São Paulo e Tocantins (Anderson, 1993; Gates, 1982). Cada planta produz grande quantidade de flores cor de rosa que oferecem óleo e pólen às abelhas visitantes (Figura 2) (Anderson, 1993; Gates, 1982; Vogel, 1974). Uma única flor pode gerar até três samarídeos, que são unidades independentes do fruto seco, cada um contém apenas uma semente e é liberado separadamente a partir do receptáculo da flor de origem (Barroso et al. 2004). Após o amadurecimento cada samarídeo é disperso pelo vento e pode ser levado para longe da planta mãe.



Figura 2. *Banisteriopsis malifolia*. Ramo com samarídeos jovens (verde e marrom) e maduros (marrom) (A), flor (B), e samarídeos em close (C).

2.3. Avaliar a diferença no peso dos samarídeos

Foram coletados 643 frutos maduros manualmente de 23 plantas distintas, bem desenvolvidas e visualmente sadias em 19 de julho de 2023. A seguir eles foram levados para o Laboratório de Ecologia Comportamental e de Interações (LECI – UFU) onde foram triados para eliminarmos os samarídeos danificados ou defeituosos, e a seguir o peso de cada um foi aferido em balança de precisão modelo ATY224. Foi calculado o peso médio dos samarídeos coletados por planta para compararmos o peso médio entre os indivíduos, e o peso médio considerando todos os samarídeos sadios obtidos para caracterizar a espécie.

2.4. Investigar se o peso dos samarídeos interfere no processo de germinação

Um total de 174 samarídeos sadios e maduros foram separados pelo seu peso em 4 grupos (Tabela 1). O samarídeo é uma unidade de dispersão seca e tem sua única semente protegida dentro de uma porção extremamente dura, o que impede sua retirada sem danos. Assim, para evitarmos causar qualquer trinca ou quebra na semente, o samarídeo foi usado no plantio. Em 17 de agosto de 2023 o plantio foi realizado em tubetes grandes com capacidade para 290 ml, acomodados em suportes sobre bancadas no interior do viveiro do Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia. Cada samarídeo foi colocado individualmente no interior do tubete já contendo solo, a seguir ele foi coberto com 3 a 5 mm do mesmo solo. Utilizamos uma mistura de solo composta por terra vegetal, esterco de gado curtido, substrato vegetal e vermiculita, na proporção 5x5x5x1. Essa mistura é utilizada por Torezan-Silingardi H.M. para a produção de mudas. As regas foram feitas diariamente ou a cada dois dias, conforme o necessário, preferencialmente no início da manhã e com a mesma frequência e intensidade de regas para todos os grupos. O critério usado para avaliar a germinação foi o surgimento da parte aérea visível acima do solo. A data da germinação foi marcada pela exposição da parte aérea acima do solo. A conferência da germinação foi feita semanalmente durante os primeiros quatro meses a partir do plantio.

Tabela 1. Grupos utilizados para a conferência da germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de acordo com o peso do samarídeo.

Grupo	Quantidade plantada	Peso do samarídeo (miligramas)
Muito leve	50 samarídeos	10-39,9
Leve	50 samarídeos	40-59,9
Médio	50 samarídeos	60-79,9
Pesado	24 samarídeos	80-110

2.5. Conferir se o peso dos samarídeos afeta o processo de desenvolvimento das plântulas

O desenvolvimento das plântulas foi conferido após 106, 185, 214, 245 e 275 dias do plantio (nove meses), a partir de três características: o número de folhas presentes, a altura do solo até o ápice caulinar e o diâmetro caulinar rente ao solo. A altura e o diâmetro foram medidos com paquímetro eletrônico de precisão. Os dados foram anotados em planilhas e usados para a construção de figuras ilustrativas do processo de desenvolvimento das plântulas.

2.6. Análises Estatísticas

As análises foram realizadas no *software* R versão 4.4.2 (R Core Team, 2019), com 95% de confiabilidade. Efetuamos um Modelo Linear de Modelo Misto através do uso do pacote “lme4” (Bates *et al.*, 2015) para verificar a diferença no peso dos samarídeos entre as 23 plantas doadoras. Além disso, confeccionamos um gráfico de barras para visualizar o peso médio dos samarídeos por planta. Para verificar se o peso dos samarídeos interfere no desenvolvimento das plântulas, aplicamos o teste ANOVA de dois fatores. Antes de cada análise, checamos a normalidade e a homogeneidade dos dados.

3. RESULTADOS

3.1. Peso dos samarídeos

Após a conferência dos samarídeos no laboratório e a eliminação dos danificados, obtivemos 643 unidades aparentemente íntegras e sadias. O peso médio encontrado nos samarídeos foi de 48,3 miligramas, variando de 10,5 a 106,8 miligramas, com distribuição normal (Fig. 3). A média de peso dos samarídeos por planta individualmente variou de 29,2 a 66,4 (Fig. 4), e a média das médias foi de 49,1 miligramas. O resultado do modelo linear de efeito misto mostra que há pouca variação no peso médio dos frutos entre os 23 indivíduos. Dessa forma, essa pequena variação indica que os indivíduos são semelhantes entre si em relação ao peso dos frutos (Fig. 5).

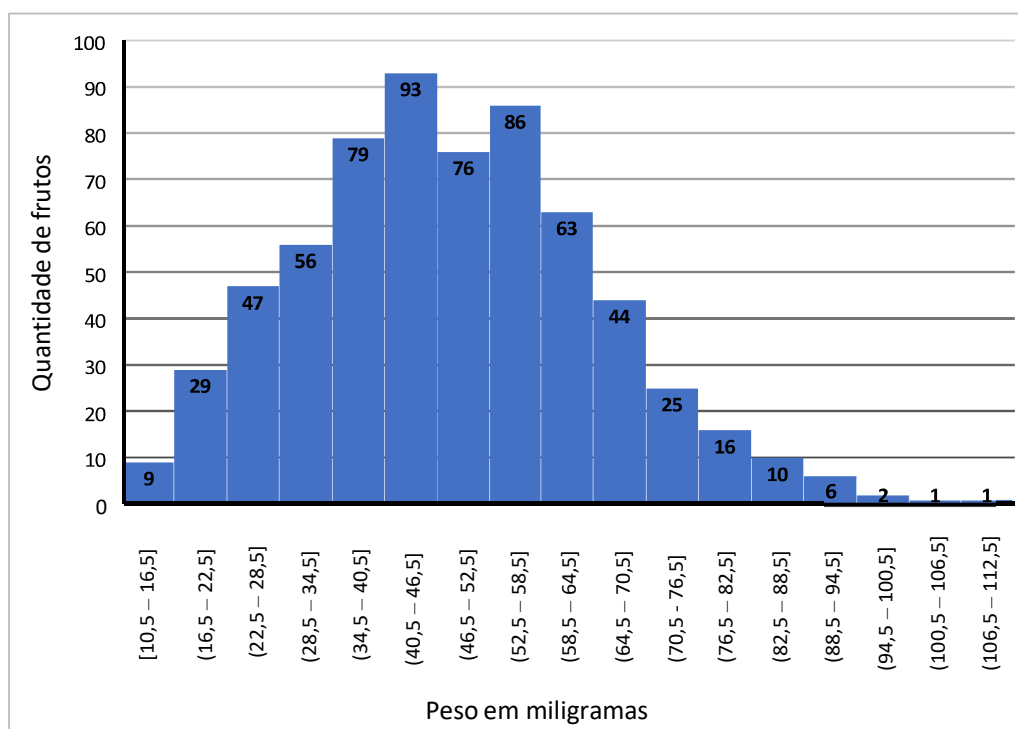


Figura 3. Distribuição dos frutos por classe de peso em intervalos de 6 miligramas.

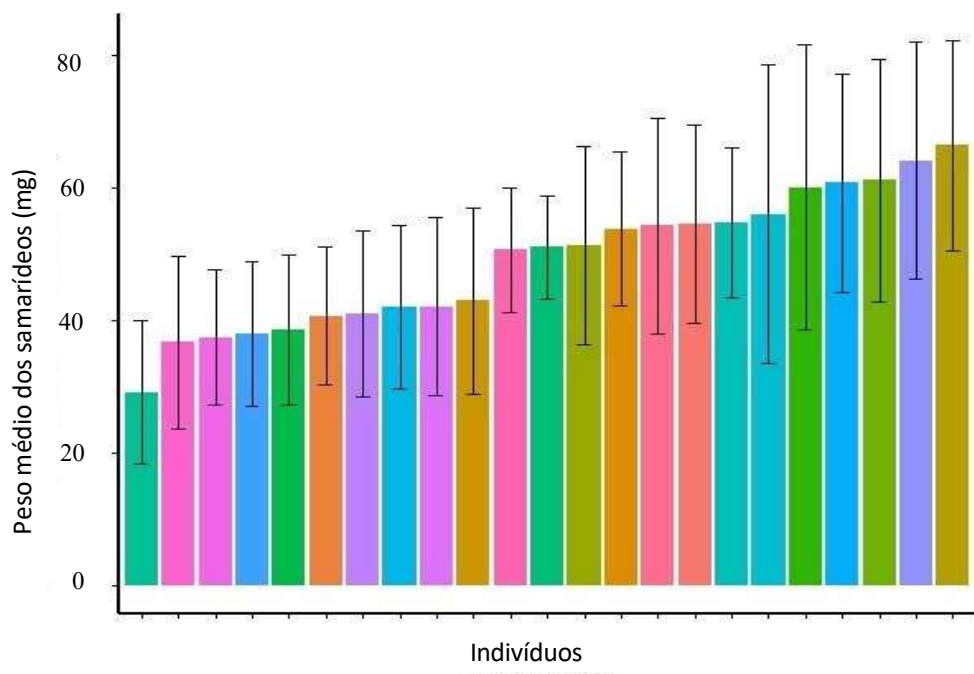


Figura 4. Média de peso (em miligramas) dos samarídeos por cada uma das 23 plantas, considerando apenas os samarídeos saudáveis. As variações entre o mais leve e o mais pesado para cada planta estão ressaltadas pelas barras pretas.

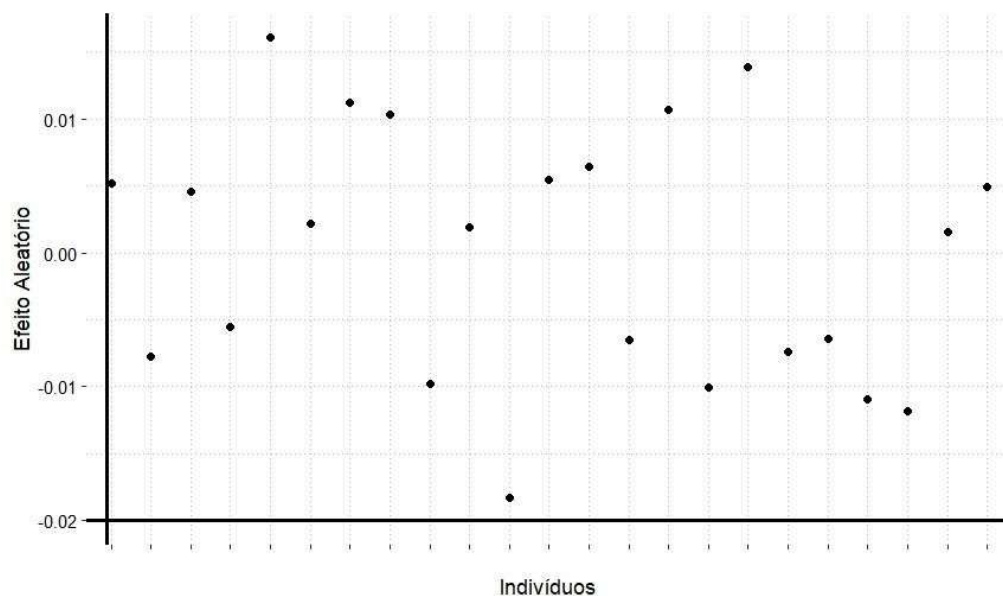


Figura 5. Efeitos Aleatórios do peso dos samarídeos para 23 indivíduos. Valores positivos e negativos próximos da linha média global (0.00) indicam similaridade entre as os valores encontrados por planta.

3.2. Relação entre o peso dos frutos e a germinação

Encontramos relação positiva do peso dos frutos com a germinação, pois apenas frutos de peso médio ou maior germinaram. Não houve germinação nos grupos leve e muito leve. Dos 174 samarídeos semeados nos tubetes apenas 8,62% germinaram ao longo dos nove meses de observação, gerando 15 plântulas no total. Delas, 53,3% foram formadas a partir dos samarídeos de peso médio (8 plântulas), enquanto 46,7% (sete plântulas) foram formadas a partir do grupo pesado. O grupo de samarídeos de peso médio teve 16% de germinação, e o de samarídeos pesados teve 29,16% de germinação (Figura 6). As plântulas emergiram do solo num intervalo de 16 dias a partir do plantio (17/8/2023), de 28/8/2023 a 12/9/2023.

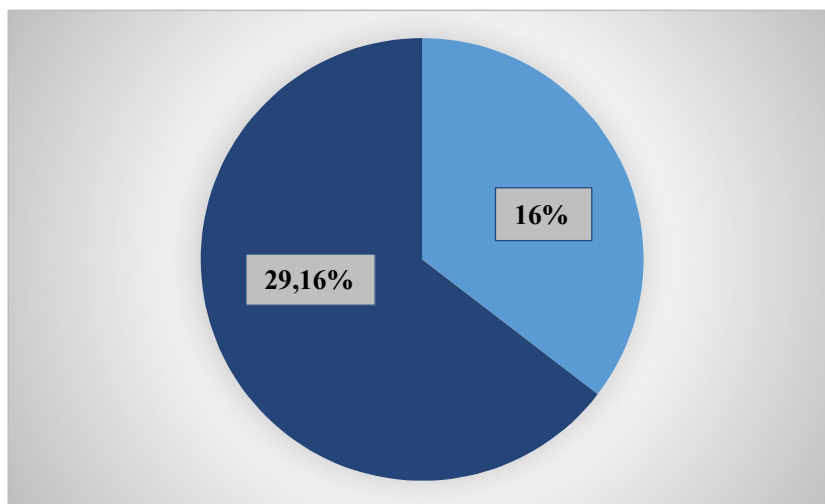


Figura 6. Distribuição da porcentagem de plântulas germinadas a partir do peso dos samarídeos. Apenas samarídeos de peso médio (azul claro) e grande (azul escuro) formaram plântulas. Samarídeos mais leves não germinaram.

3.3. Relação entre o peso dos frutos e o desenvolvimento das plântulas

As plântulas cresceram ao longo do experimento, mostrando alterações de altura, diâmetro do caule e número de folhas. O crescimento em altura das plântulas teve correlação significativa com o tempo ($F=23,994$; $p<0,001$), mas não com o peso dos samarídeos ($F=0,012$; $p=0,914$) (Tab. 2; Figs. 7, 8).

Tabela 2. Resultado da ANOVA de dois fatores para a altura da planta.

Análise	Df	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F-valor	p-valor
Mês (tempo)	1	53,647	53,647	23,994	5.87e-06***
Categoria do samarídeo (médio x grande)	1	26	26	0.012	0.914
Mês * Categoria	1	461	461	0.206	0.651
Resíduos	71	158,747	2,236	---	---

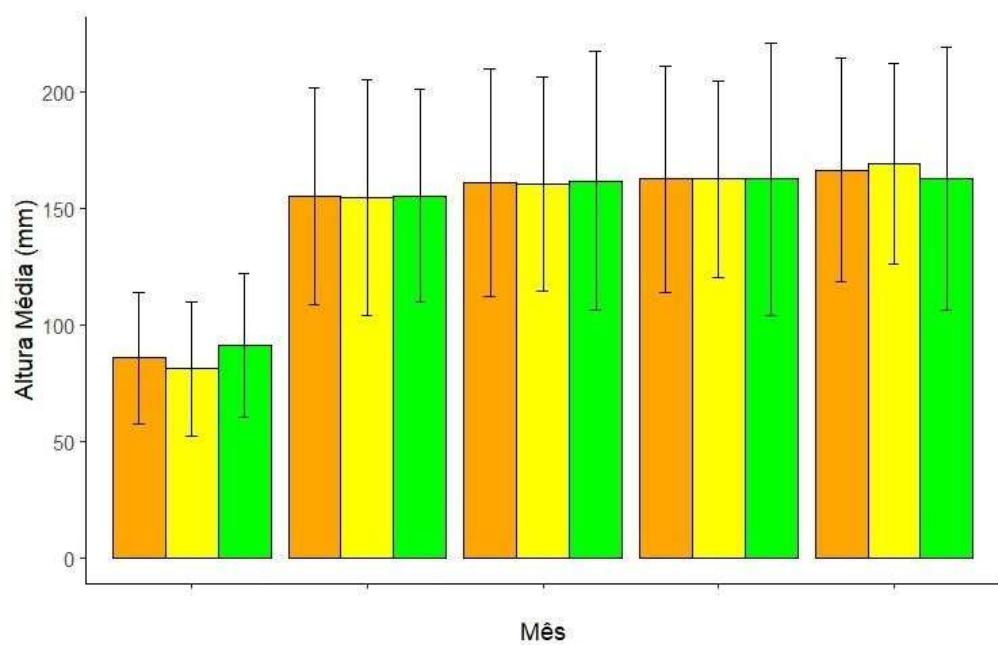


Figura 7. Altura média considerando todas as plântulas (laranja), e apenas das plântulas formadas a partir dos frutos médios (amarelo) ou grandes (verde) ao longo do tempo.

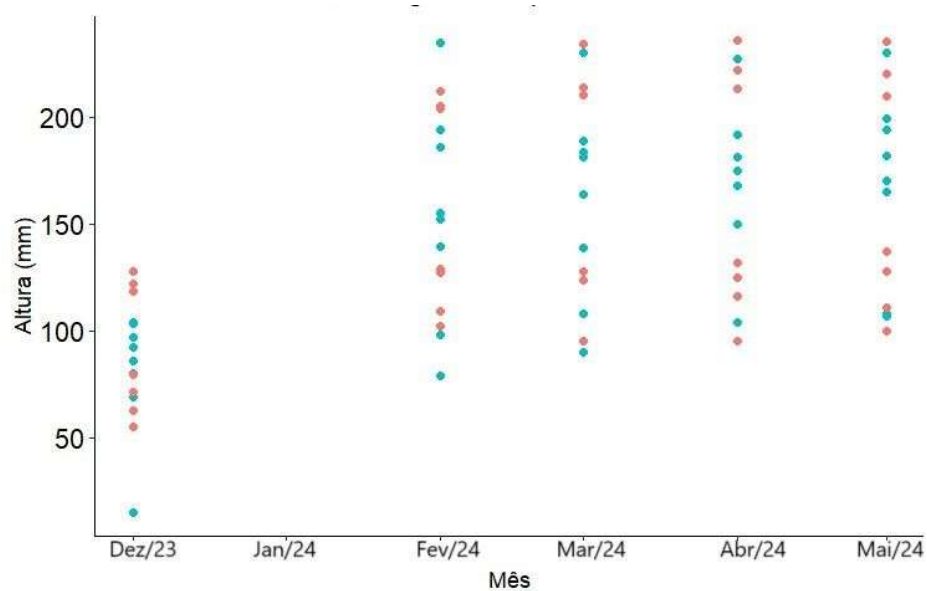


Figura 8. Altura das plântulas oriundas de frutos de peso médio (azul) ou grande (vermelho) ao longo dos meses. Alguns pontos da tabela indicam a altura folhas de mais de um indivíduo.

A quantidade de folhas presentes variou significativamente entre os meses ($F=5,663$; $p = 0.020$; Tab. 3; Fig. 9), com aumento na quantidade até março, e queda nos dois meses seguintes. Entretanto, não houve variação significativa dependendo do grupo ao qual a plântula pertencia (samarídeo médio ou grande) ($F=0,021$; $p=0.886$; Tab. 3; Fig. 10).

Tabela 3. Resultado da ANOVA de dois fatores para o número de folhas.

Análise	Df	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	F-valor	p-valor
Mês (tempo)	1	114,1	114,13	5,663	0.020*
Categoria do samarídeo (médio x grande)	1	0,4	0,42	0,021	0,886
Mês * Categoria	1	12,8	12,75	0,633	0,429
Resíduos	71	1431,0	20,16	---	---

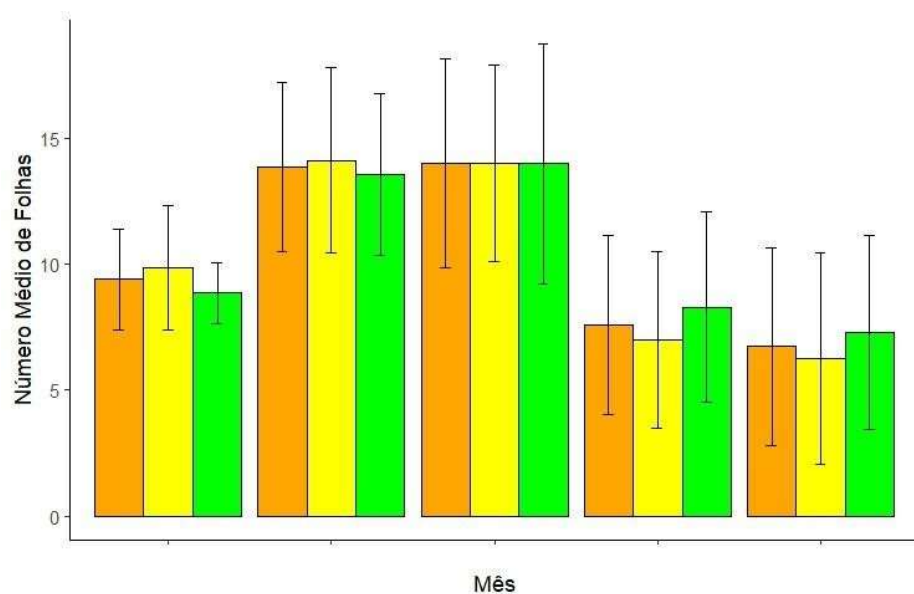


Figura 9. Média do número de folhas desenvolvidas considerando todas as plântulas (laranja), e apenas das plântulas formadas a partir de frutos médios (amarelo) ou grandes (verde).

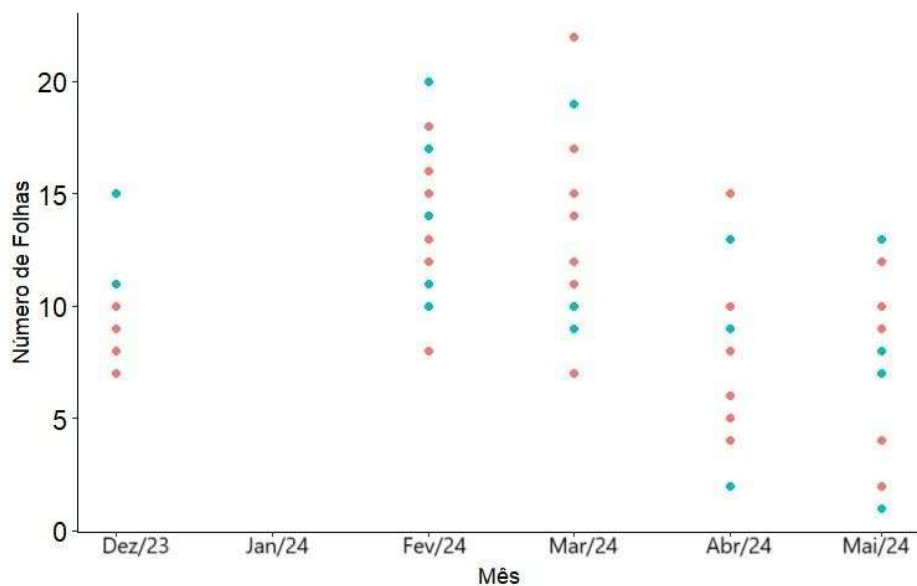


Figura 10. Número de folhas por indivíduo ao longo dos meses, considerando plantas formadas a partir de frutos médios (azul) ou grandes (vermelho). Alguns pontos da tabela indicam o número de folhas de mais de um indivíduo.

O diâmetro da base do caule variou significativamente ao longo dos meses ($F=135.349$; $p<0,05$; Tab. 4; Fig 11), mostrando aumento nos meses mais úmidos e ligeira queda no mês mais seco. Houve diferença significativa no diâmetro da base do caule entre plântulas formadas a partir de frutos médios ou grandes ($F=8,922$; $p=0.00386$) (Tab. 4; Fig. 12).

Tabela 4. Resultados da ANOVA de dois fatores para o diâmetro.

Análise	Df	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F-valor	p-valor
Mês (tempo)	1	12,642	12,642	135,349	< 2e-16 ***
Categoria do samarídeo (médio x grande)	1	0,833	0,833	8,9222	0,00386 **
Mês * Categoria	1	0,067	0,067	0,720	0,39904
Resíduos	71	6,631	0,093	---	---

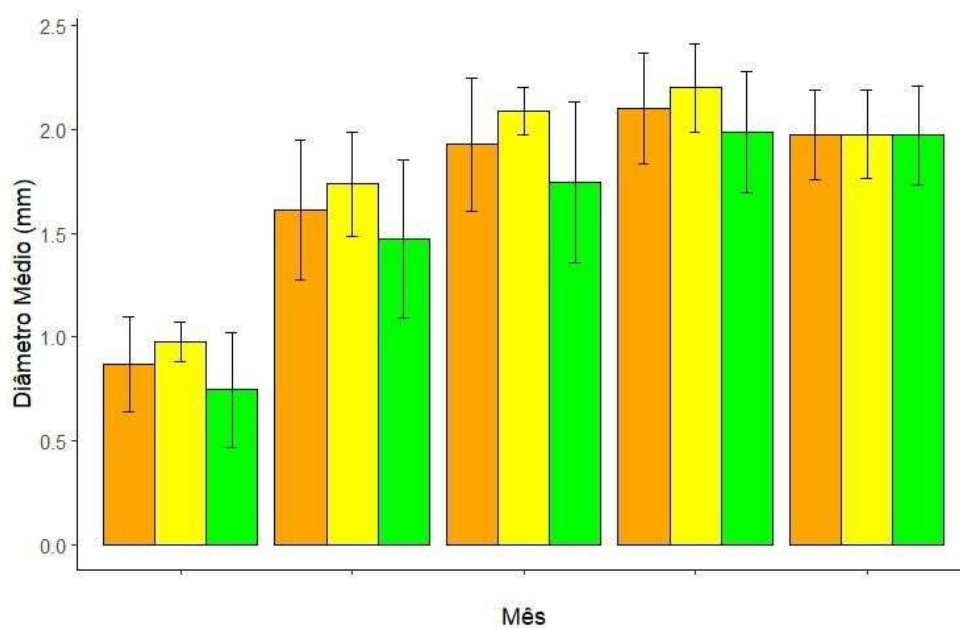


Figura 11. Média do diâmetro na base do caule considerando todas as plântulas (laranja), e apenas das plântulas formadas a partir de frutos médios (amarelo) ou grandes (verde).

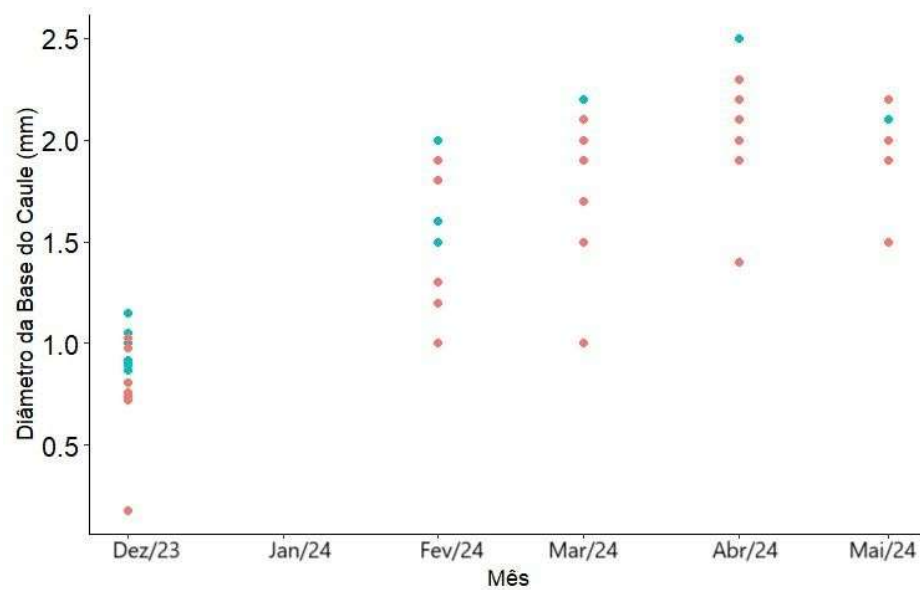


Figura 12. Diâmetro da base do caule das plântulas desenvolvidas a partir de frutos médios (azul) e grandes (vermelho) ao longo do tempo. Alguns pontos da tabela indicam o diâmetro de mais de um indivíduo.

4. DISCUSSÃO

Nossa primeira hipótese foi confirmada, pois houve pouca variação entre o peso dos samarídeos formados na mesma planta e entre plantas diferentes. Esse padrão de baixa variabilidade já foi observado em outras espécies da família Malpighiaceae, indicando que a uniformidade no peso dos frutos e sementes é uma característica comum nesse grupo (Silvério & Fernandes-Bulhão, 2009; Souto & Oliveira, 2014).

A segunda hipótese também foi confirmada, já que o peso dos samarídeos interferiu positivamente no processo de germinação, ou seja, quanto mais pesado, melhor foi a taxa de germinação já que apenas as sementes formadas em samarídeos de peso médio ou grande germinaram nos tubetes. Sementes formadas em frutos de peso leve ou muito leve não germinaram, portanto não servem para o plantio. Assim, o peso do samarídeo é um bom indicativo de sua capacidade germinativa. O baixo número de germinações observado ao longo dos nove meses do experimento, concentradas exclusivamente entre o 10º e 26º dias após o plantio que foi realizado 29 dias após a colheita, sugerem que as sementes podem ser recalcitrantes. Assim, é possível que nos dias entre a coleta dos samarídeos no campo (19/7/2023) e o plantio nos tubetes (17/8/2023) muitas delas podem ter perdido sua viabilidade. Esse padrão também foi observado em outras espécies da família Malpighiaceae. Estudos indicam que sementes de *Heteropterys pteropetala* (Malpighiaceae) apresentam comportamento recalcitrante e devem ser plantadas imediatamente após a coleta para garantir sucesso na germinação (Schmidt et al., 2005). Embora ainda faltem estudos específicos sobre *Banisteriopsis malifolia*, espera-se comportamento semelhante, dada sua filogenia e o ambiente sazonal em que ocorre.

A terceira hipótese foi confirmada para as variáveis de altura e número de folhas, mas não para o diâmetro da base do caule. Observou-se que a altura das plântulas apresentou correlação positiva com o tempo de desenvolvimento, mas foi independente do peso dos samarídeos. Esse padrão também foi relatado em estudos com outras espécies da família Malpighiaceae, como *Byrsonima* spp. e *Janusia* spp., onde não foi encontrada correlação significativa entre o peso das sementes e o crescimento em altura das plântulas, sugerindo que o desenvolvimento pós-germinativo é mais influenciado pela capacidade das raízes em absorver nutrientes do solo do que pelas reservas iniciais presentes nas sementes (Silvério e Fernandes-Bulhão, 2009; Souto e Oliveira, 2014).

A quantidade de folhas presentes foi semelhante entre plântulas formadas a partir de samarídeos médios ou grandes. Isso pode ser explicado pela grande capacidade das raízes retirarem adequadamente os nutrientes do solo, fornecendo-os para o crescimento da plântula e assim não mais dependendo das reservas presentes na semente (Fenner e Thompson, 2005; Kitajima, 2003). Inicialmente a quantidade de folhas produzidas cresceu de forma geral em todas as plântulas, mas após abril houve queda possivelmente devido à menor umidade do ar, que causava rápida transpiração foliar e evaporação da água do solo. Algumas espécies da família Malpighiaceae também foram observadas apresentando o mesmo padrão, indicando que a queda de folhas na estação seca é uma estratégia comum nessa família do Cerrado, permitindo que as plantas reduzam a perda de água por transpiração e se adaptem às condições de baixa disponibilidade hídrica (Godinho-Pereira et al., 2023).

Todas as plântulas tiveram correlação positiva entre o diâmetro da base do caule e o tempo, mostrando maior aumento nos meses mais úmidos em comparação com os meses mais secos. Nos meses mais úmidos entre dezembro/2023 e abril/2024 houve diferença significativa no diâmetro da base do caule, com plântulas de base mais larga formadas a partir de samarídeos médios do que samarídeos grandes. Mas os valores dos diâmetros praticamente se igualaram em maio/2024, no início do período seco. Esse padrão de redução no crescimento do caule durante períodos de déficit hídrico também foi observado em outro estudo que investigou os efeitos de ciclos de hidratação e desidratação em plântulas de uma espécie da família Fabaceae (Santos et al., 2024). Ali, o aumento no número de dias sob seca intermitente causou a redução nos parâmetros de crescimento, incluindo o diâmetro do caule, independentemente do tratamento pré-germinativo aplicado. Esses resultados destacam a sensibilidade das plântulas ao estresse hídrico, afetando diretamente o desenvolvimento do caule.

O crescimento da plântula tanto em altura quanto no diâmetro do caule é diretamente influenciado pela quantidade de açúcares fornecidos pela fotossíntese. A quantidade de folhas presentes nas plântulas foi inicialmente crescente (de dezembro a fevereiro), depois se estabilizou (de fevereiro a março), e então caiu (de março a maio). A queda no número de folhas presentes e consequentemente na área total de parênquima clorofiliano, gera uma menor oferta de materiais fotossintetizados, como por exemplo a sacarose e o amido, necessários para o bom desenvolvimento da plântula, medido aqui a partir da altura e do diâmetro do caule (Taiz e Zeiger, 2017). Os meses de abril e maio representam o início da época seca do ano, quando a umidade relativa do ar diminui muito, o que causa uma rápida evaporação de vapor de água tanto a partir dos estômatos quanto do solo. Mesmo com as regas frequentes nos tubetes na

estufa, o ar mais seco a partir de abril/maio pode ter levado a uma menor quantidade de água disponível, gerando um pequeno déficit hídrico. Como o processo de fotossíntese é altamente dependente da água, ele pode ter sido parcialmente comprometido.

5. CONCLUSÃO

Consideramos que a espécie *B. malifolia* pode ser utilizada para a produção de mudas exclusivamente a partir de samarídeos de peso médio ou grande, pois apenas esses são capazes de germinar. Porém, como as sementes possivelmente são recalcitrantes, sugerimos atenção para que o plantio seja feito logo após a colheita, garantindo assim uma maior taxa de germinação. O fato de *B. malifolia* ser uma planta rústica e nativa do Cerrado a torna uma boa opção para ser usada como atrativo para abelhas que buscam pólen ou óleo floral nas áreas de cultivo, pois não é esperado que a necessite de cuidados especiais durante seu desenvolvimento. Sugerimos novos estudos com essa espécie e outras da mesma família para investigar outros detalhes do seu desenvolvimento posterior.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, W. R. *Malpighiaceae*. In: FLORA NEOTROPICA MONOGRAPH. New York: New York Botanical Garden, 1993. v. 50.
- BARROS, B. R. S. et al. Phytochemical analysis, nutritional profile and immunostimulatory activity of aqueous extract from *Malpighia emarginata* DC leaves. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101442>.
- BARROSO, G. M. et al. *Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004.
- BATES, D. et al. Package ‘lme4’. *Convergence*, v. 12, n. 1, p. 2, 2015.
- BELWAL, T. et al. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. *Trends in Food Science & Technology*, v. 74, p. 99–106, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.01.014>.
- BFG – The Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66, n. 4, p. 1085–1113, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>.
- BOSCOLO, D. et al. Promoting pollination services in agricultural landscapes through habitat enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 250, p. 32–40, 2017.
- COSTA, M. L. N. et al. Flora do Parque Estadual da Serra Azul, Barra do Garças, Mato Grosso. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, n. 1, p. 47–58, 2004.
- DAVIS, C. C.; ANDERSON, W. R. A complete generic phylogeny of Malpighiaceae inferred from nucleotide sequence data and morphology. *American Journal of Botany*, v. 97, p. 2031–2048, 2010.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. *The ecology of seeds*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- FREDERICK, A. P. et al. Pharmacology of hoasca alkaloids in healthy humans. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 65, n. 3, p. 243–256, 1999.

- GAGLIANONE, M. Interações entre flores de Malpighiaceae e abelhas: papel ecológico das glândulas de óleo. *Oecologia Australis*, v. 18, n. 4, p. 390–405, 2014.
- GARIBALDI, L. A. et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, v. 339, p. 1608–1611, 2013.
- GATES, B. *A revision of Banisteriopsis (Malpighiaceae)*. In: *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University*, n. 212, 1982.
- GODINHO-PEREIRA, M. et al. Seasonal responses in photosynthesis and water status of cerrado species. *Brazilian Journal of Botany*, v. 46, p. 491–502, 2023.
- JUNQUEIRA, S. C. et al. Ecologia da germinação e estabelecimento de plântulas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 57, 2022.
- KITAJIMA, K. Advantages of seedling size in a neotropical tree (*Ficus insipida*): an experimental test of the hypothesis of ontogenetic niche shifts. *Journal of Ecology*, v. 91, p. 596–605, 2003.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, p. 147–155, 2005.
- MCKENNA, D. J.; CALLAWAY, J. C.; GROB, C. S. Human pharmacology of hoasca, a plant hallucinogen used in ritual context in Brazil. *Journal of Nervous and Mental Disease*, v. 186, n. 2, p. 86–94, 1998.
- NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. Balanço hídrico e clima da região dos cerrados. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- OLLERTON, J. et al. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, v. 120, n. 3, p. 321–326, 2011.
- POSSOBOM, C. C. F.; MACHADO, S. R. Oil gland ontogeny and secretion in Malpighiaceae floral elaiophores. *Annals of Botany*, v. 120, n. 5, p. 739–748, 2017.
- R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2019.

- SAMPAIO, A. B. et al. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018.
- SANTOS, M. F. et al. Efeitos da seca intermitente sobre plântulas de leguminosas nativas. *Acta Botanica Brasilica*, v. 38, 2024 (no prelo).
- SCHARDONG, D. A. et al. Composição florística de áreas de Cerrado. *Acta Biológica Paranaense*, v. 49, p. 1–14, 2020.
- SCHMIDT, I. B. et al. Dormência e armazenamento de sementes de espécies do Cerrado. *Brazilian Journal of Botany*, v. 28, n. 3, p. 471–479, 2005.
- SILVÉRIO, A.; FERNANDES-BULHÃO, C. Germinação e crescimento de plântulas de *Byrsonima* spp. e *Heteropterys* spp. (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 32, n. 1, p. 101–109, 2009.
- SOUTO, L. S.; OLIVEIRA, M. M. Germinação de sementes de *Janusia gracilis* e *Byrsonima intermedia* (Malpighiaceae). *Biotemas*, v. 27, n. 1, p. 103–111, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- TOREZAN-SILINGARDI, H. M.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. Pollination ecology: natural history, perspectives and future directions. In *Plant-Animal Interactions: sources of biodiversity*, Del-Claro & Torezan-Silingardi, eds. Springer Verlag, 2021.
- TONG, X. et al. Global pollination benefits to agricultural production and the need for pollinator conservation. *Nature Communications*, v. 14, p. 1–9, 2023.
- VITALI, V.; MACHADO, I. C. Polinização e reprodução em *Heteropterys pteropetala* (Malpighiaceae). *Revista Brasileira de Botânica*, v. 17, p. 145–152, 1994.
- VOGEL, S. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. *Tropische und Subtropische Pflanzenwelt*, v. 7, p. 285, 1974.
- WASER, N. M. et al. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, v. 77, n. 4, p. 1043–1060, 1996.