

Polinização, Morfometria de Frutos e Sementes e Germinação em *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae)*

Pollination, Fruits and Seeds Morphometry and Germination in *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvaceae)

Gláucia Almeida de Moraes^{a*}; Valter Vieira Alves Junior^b; Paulo Roberto de Abreu Tavares^c; Leandro Pereira Polatto^c; Fernanda Turini Militão^c; José Vitor Nobrega de Lima^c

^aUniversidade Federal da Grande Dourados (UFMS), Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. MS, Brasil.

^bUniversidade Federal da Grande Dourados. MS, Brasil.

^cUniversidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade de Ivinhema. MS, Brasil.

*E-mail: gamorais@uems.br

Resumo

O quantitativo, a morfometria dos frutos e sementes e o potencial germinativo podem variar dentro de uma espécie e faltam informações sobre a influência da polinização nessas características. Objetivou-se estudar a biologia reprodutiva de *Hibiscus sabdariffa* L., cultivada no município de Ivinhema-MS, a variação morfométrica de flores, frutos e sementes e a influência do tipo de polinização no tamanho dos diásporos e na germinação das sementes. Plantas em fase reprodutiva foram avaliadas e submetidas à implantação dos tratamentos de polinização: agamospermia, geitonogamia, xenogamia, autopolinização e polinização natural. O desenvolvimento foi acompanhado até a maturação dos frutos, seguindo-se de análises morfométricas e ensaios germinativos. A germinação foi avaliada com sementes intactas dispostas em placas de Petri, a 25° C, sob luz constante. Os dados biométricos e germinativos foram analisados estatisticamente. A taxa de frutificação foi de 20,5%; geitonogamia, xenogamia e polinização natural apresentaram resultados significativamente maiores que a autopolinização (cobertura com tule). A polinização natural resultou em frutos maiores e com maior número médio de sementes por fruto ($13,4 \pm 8,79$). As dimensões e massas médias das sementes diferiram entre os tratamentos, com os maiores valores resultantes da polinização natural. A germinação foi nula (agamospermia) ou baixa (demais tratamentos), alcançando as maiores porcentagens como resultado da polinização natural e xenogamia. Conclui-se que o aspecto geral das plantas estudadas se assemelha às descrições disponíveis na literatura e, quanto à eficiência na produção de frutos associada ao potencial germinativo, a polinização natural e a xenogamia favorecem a propagação de *H. sabdariffa*.

Palavras-chave: Vinagreira. Xenogamia. Geitonogamia. Autopolinização. Agamospermia. Polinização Natural.

Abstract

The quantity, fruit and seed morphometry and germination potential may vary within a species and there is a lack of information about the influence of pollination on these characteristics. The objective was to study the reproductive biology of *Hibiscus sabdariffa* L., grown in the municipality of Ivinhema-MS, the morphometric variation of flowers, fruits and seeds and the influence of the type of pollination on the size of diaspores and seed germination. Plants in reproductive stage were evaluated and submitted to the implementation of pollination treatments: agamospermy, geitonogamy, xenogamy, self-pollination and natural pollination. Development was monitored until fruit maturation, followed by morphometric analyzes and germination tests. Germination was assessed with intact seeds arranged in Petri dishes, at 25° C, under constant light. Biometric and germination data were statistically analyzed. The fruit set rate was 20.5%; geitonogamy, xenogamy and natural pollination showed significantly higher results than self-pollination (covering with tulle). Natural pollination resulted in larger fruits with a higher average number of seeds per fruit (13.4 ± 8.79). Average seed dimensions and masses differed between treatments, with the highest values resulting from natural pollination. Germination was null (agamospermy) or low (other treatments), reaching the highest percentages as a result of natural pollination and xenogamy. It was concluded that the general appearance of the studied plants is similar to those presented in the literature and, regarding the efficiency in fruit production associated with the germination potential, natural pollination and xenogamy favor the control of *H. sabdariffa*.

Keywords: Vinegar. Xenogamy. Geitonogamy. Self-pollination. Agamospermy. Natural pollination.

1 Introdução

Nas angiospermas, a formação das unidades de dispersão sexuada é dependente de alguma forma de polinização. Ao longo do processo evolutivo, as relações com polinizadores especializados se tornaram mais sólidas e o número e a organização dos padrões florais foram sendo definidos (RAVEN *et al.*, 2014). A coevolução flores-animais polinizadores tendeu a direcionar o comportamento desses animais para a maior frequência da polinização cruzada e da fecundação cruzada, dando “mobilidade” às plantas

na reprodução, incrementando a diversidade genética (RAVEN *et al.*, 2014).

Embora a propagação vegetativa possa resultar na manutenção de atributos específicos das plantas, característica almejada na produção comercial, em muitos cultivos e em populações naturais, a propagação é ou pode ser sexuada e, segundo Barros *et al.* (2021), resulta em significativa diversidade genética. A reprodução sexuada também contribui para manter esta diversidade, sendo incomum que, neste processo, os indivíduos tenham progênie com alelos deletérios existentes na

geração parental, parte da prole mais provavelmente terá combinações de alelos que possibilitem a resistência a uma doença nova (RAVEN *et al.*, 2014) e a expressão de outras características, inclusive aquelas de interesse agrônomico (BARROS *et al.*, 2021).

Vieira e Fonseca (2014) vão além ao acrescentarem a autopolinização ao rol de causas de perda de variabilidade genética de uma população, apesar das vantagens em relação à independência por polinizadores para que ocorra a frutificação e a manutenção de genótipos bem adaptados aos ambientes nos quais se encontram estas espécies de plantas. Segundo as autoras, somente a polinização cruzada entre plantas diferentes (xenogamia) seria a verdadeira geradora de diversidade genética.

Em 2004, a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO) já estimava que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no mundo eram polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por pássaros e 4% por borboletas e mariposas (apud FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Das plantas utilizadas na alimentação e para as quais o processo de transferência do grão de pólen da antera ao estigma já é conhecido, estima-se que 60% dependam de animais polinizadores (ALISSON, 2019). Sem estes agentes polinizadores, portanto, a produção em escala comercial de sementes, frutos, folhagens, raízes, óleos vegetais, corantes naturais, entre outros produtos necessários em escala comercial pela sociedade humana, seria impossível (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

No Brasil, culturas como a da maçã (*Malus domestica*), na Região Sul, e do melão (*Cucumis melo*), na Região Nordeste, contam com a introdução de colônias de abelhas nas áreas cultivadas para assegurar a produtividade com a polinização adequada, mas muitas outras poderiam se beneficiar dos serviços de polinização, o que não ocorre, em muitos casos, por desinformação, por acreditarem que determinadas culturas não necessitam desses serviços (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

Considerando ainda que a polinização indireta em angiospermas (pólen depositado em superfície estigmática e não mais sobre o óvulo, como ocorria na maioria das gimnospermas) promove a competição entre os numerosos grãos de pólen germinando no tecido estigmático (RAVEN *et al.*, 2014), cada semente formada a partir da fecundação dos óvulos de uma flor pode ter origem de cruzamento distinto (indivíduos/flores diferentes) daquele que originou outra semente na mesma planta ou no mesmo fruto.

Como resultado, o número e a morfometria dos frutos e sementes, bem como o potencial germinativo das sementes podem variar muito em uma mesma planta ou dentro de uma população, tanto em função de fatores bióticos (genótipos envolvidos, tipo de polinização, visitantes florais) quanto

em função de fatores abióticos, como características edáficas e climáticas. Neste contexto, Barros *et al.* (2021), trabalhando com xique-xique, *Pilocereus gounellei* (DC) (Cactaceae), observaram a produção de frutos mais desenvolvidos quando resultantes de autopolinização em comparação com os frutos de polinização cruzada. Para frutos de murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Rich.) e jacaicá (*Poupartia amazonica* Ducke), Carvalho *et al.* (1998) constataram que a formação do fruto depende da fecundação e desenvolvimento normal de pelo menos um óvulo, enquanto que no taperebá (*Spondias mombim* L.), há possibilidade de partenocarpia.

Do ponto de vista econômico, as informações oriundas da biometria dos frutos contribuem para ações de conservação e exploração dos recursos, selecionando-os, em programas de melhoramento genético, em busca de um incremento contínuo e do uso eficaz dos frutos, além de demonstrarem a variabilidade genética dentro de populações bem como as relações desta variabilidade com fatores ambientais (GUSMÃO *et al.*, 2006).

As sementes em desenvolvimento são fontes de hormônios vegetais (auxinas, giberelinas) envolvidos na formação de frutos, de forma que, se uma flor não é polinizada e fecundada, não há formação de fruto, exceto nos casos de partenocarpia (RAVEN *et al.*, 2014).

Um dos exemplos clássicos é o desenvolvimento do receptáculo floral carnoso após a fecundação dos óvulos em flores de morangueiro, *Fragaria* spp. (TAIZ; ZEIGER, 2013). Silva *et al.* (2020) relataram que, na ausência de insetos polinizadores, diversos parâmetros exigidos para o comércio *in natura* de morangos podem ser comprometidos, como: massa fresca, diâmetro equatorial, comprimento longitudinal, levando a deformações e perda de valor. Em seu experimento com a implantação de colônias de *Nannotrigona testaceicornis* Lepelletier, 1836, uma espécie de abelha sem ferrão, as autoras concluíram que as abelhas e a polinização natural contribuíram para a massa fresca média dos morangos, melhorando a qualidade e agregando valor aos frutos.

Em *Passiflora speciosa* Gardner, popularmente denominada maracujá-do-mato, Longo e Fischer (2006) demonstraram que o número de sementes produzidas aumentou, de forma assintótica, em função do total de visitas dos polinizadores, levando-os a sugerir que haveria uma estabilização desse número a partir de certo número de visitas, corroborando o resultado de estudos citados por eles com outras espécies de maracujá.

Mesmo em espécies autocompatíveis, como *Vigna unguiculata* (L.) Walp., sem diferença significativa na eficiência para a produção de sementes quando na ausência de polinizadores, notaram-se maiores rendimento na polinização natural (BARBOSA; SOUSA, 2016).

Na produção de laranjas, a partir da comparação de

características físicas dos frutos (peso total, peso da casca, número de sementes) formados em diferentes posições na copa da árvore matriz, Graeff *et al.* (2021) inferiram que houve relação direta da polinização com os atributos dos frutos e com aumento de produtividade.

Sobre a influência dos dados biométricos das sementes na qualidade fisiológica, Steiner *et al.* (2019) ponderam que o tamanho da semente afeta a germinação e o estabelecimento das plântulas, especialmente em condições adversas, como sombreamento, profundidade de semeadura, seca e salinidade do substrato. Fenner (1993) citado por Cruz *et al.* (2001) já relatava que a biometria da semente também estava relacionada a características da dispersão e do estabelecimento de plântulas.

O tamanho da semente de *Castanea sativa* Mill foi positivamente correlacionado à altura e ao diâmetro do colo de suas plântulas, embora tal correlação não tenha sido observada para a germinação e para o quociente de robustez (TUMPA *et al.*, 2021).

Para a maioria das espécies de plantas, não há informações sobre a influência da polinização na produção e características morfométricas de frutos e sementes nem sobre o efeito da polinização no potencial germinativo da progênie. Este é o caso de *Hibiscus sabdariffa* L., uma Malvaceae arbustiva anual, considerada nativa da Ásia ou África Tropical, sendo amplamente cultivada nos trópicos do mundo todo (Caribe, América Central, Índia, África, Brasil, Austrália, Flórida, Havaí e Filipinas) em hortas domésticas, mas no Sudão destaca-se como principal produto de exportação (MAHADEVAN *et al.*, 2009).

A espécie é conhecida no Brasil por diversos nomes: vinagreira, hibisco, rosela, groselha, caruru-azedo, quiabo-azedo (KINUPP; LORENZI, 2014). Pode ser facilmente reconhecida pelo cálice e epicálise carnosos de coloração vermelha a vinácea; ramos também vináceos (ESTEVEES *et al.*, 2014), folhas simples, pecioladas, com limbo de inteiro a tri-lobado, verdes ou arroxeadas; flores solitárias de corola amarela com o centro roxo; frutos do tipo cápsula deiscente (KINUPP; LORENZI, 2014). As folhas apresentam um nectário sobre nervura média na face abaxial e as flores apresentam um tubo estaminal inserto na corola (ESTEVEES *et al.*, 2014).

Apesar de ser mais conhecida popularmente pelo uso alimentício, *H. sabdariffa* é cultivada também por seu potencial ornamental, medicinal e industrial (fibras) (ESTEVEES *et al.*, 2014).

Com base nas hipóteses de que a polinização cruzada resultaria em maior sucesso reprodutivo, com maior número de sementes por fruto e maior potencial germinativo e que o tamanho do fruto seria influenciado pelo número de sementes, objetivou-se estudar a biologia reprodutiva de *Hibiscus sabdariffa* L. cultivada no município de Ivinhema-MS, a biometria dos seus frutos e sementes bem como o potencial germinativo das sementes provenientes

de diferentes formas de polinização.

2 Material e Métodos

A etapa experimental deste estudo foi conduzida no viveiro de produção de mudas da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), na Unidade Universitária de Ivinhema, município de Ivinhema-MS.

Trinta plântulas de *H. sabdariffa* foram transferidas da sementeira para vasos plásticos pretos individuais com capacidade para 8,5 litros, contendo 3 cm de pedras brita no fundo e substrato comercial (turfa, vermiculita e resíduo orgânico agroindustrial; pH 5,5; e condutividade elétrica de 0,7 mS/cm²), ao qual foi adicionado um adubo de liberação lenta NPK 14-14-14. Os vasos foram mantidos na área externa do viveiro (pátio concretado), com irrigação automática por microaspersão.

Ao entrarem em fase reprodutiva, tiveram início as análises de morfometria floral e a implantação dos tratamentos de avaliação do sistema reprodutivo e de polinização.

2.1 Morfometria floral

A caracterização morfológica das flores de *H. sabdariffa* foi realizada a partir de 12 flores, coletadas aleatoriamente em dez indivíduos, sendo avaliados: comprimento total da flor (incluindo o pedúnculo); comprimento do pedúnculo; altura do receptáculo, do epicálise, do cálice, da corola, da parte livre do tubo estaminal, do ovário e do estilete; diâmetros da corola e do ovário; e o número de anteras. Estas medidas foram determinadas com auxílio de paquímetro digital (resolução de 0,01 mm).

2.2 Sistema reprodutivo da planta

Foi acompanhado e descrito o processo de antese (abertura floral), determinando-se o tempo de desenvolvimento da flor utilizando-se marcações com cordões a partir do surgimento dos botões, o fechamento e queda da corola e partes associadas, registrando-se o tempo médio investido pela espécie para completar as fenofases de botão floral e flor.

Para a avaliação do sistema reprodutivo de *H. sabdariffa*, foram marcados 25 a 30 botões florais em pré-antese para cada tratamento realizado. O ensacamento, quando necessário, ocorreu com sacos confeccionados em tule (malha de 1,0 x 1,5mm) ou organza (malha de 0,33 x 0,33 mm) e foram utilizadas fitas de diferentes cores para identificar cada tratamento. Foram realizados os seguintes testes reprodutivos:

a) agamospermia - emasculação manual dos botões florais em pré-antese, com auxílio de pinça e tesoura, seguida do ensacamento com organza;

b) geitonogamia - transferência manual do pólen, com auxílio de pinça, das anteras aos estigmas de flores diferentes, mas do mesmo arbusto, seguida do ensacamento

com organza;

c) polinização xenogâmica - realizada a transferência manual do pólen, com auxílio de pinça, das anteras aos estigmas entre flores de arbustos distintos, seguida do ensacamento com organza;

d) autopolinização - os botões foram apenas ensacados com sacos de organza ou de tule;

e) polinização natural - botões em pré-antese foram somente marcados para o acompanhamento do processo de formação de frutos por polinização natural.

O desenvolvimento foi acompanhado até a frutificação, a fim de avaliar a eficiência dos visitantes florais como agentes polinizadores e a influência da polinização na biometria de frutos e sementes e no potencial germinativo das sementes oriundas de cada processo.

A produção de flores e frutos foi utilizada para a determinação da razão flor/fruto, o que permite analisar o investimento da espécie em termos do custo energético para a reprodução.

Para verificar a eficiência da polinização em condições naturais, foi estimado o número de óvulos fecundados com base no número de sementes produzidas por fruto e com base nos dados germinativos.

2.3 Biometria

Dez frutos com cálices desenvolvidos, no início da fase de abertura espontânea, cinco dos quais com cápsulas de coloração verde e cinco de coloração marrom, foram coletados e mensurados. Também foram igualmente mensurados os frutos provenientes de cada tratamento de polinização, num quantitativo variável em função do resultado do tratamento, exceto para o tratamento de autopolinização seguida pelo ensacamento com tule (fruto resultante apresentava-se deformado). Foram realizadas a determinação do comprimento do pedicelo, da altura e do número de partes do epicálice e do cálice, dos diâmetros médios em frutos com e sem cálice, da altura do ovário e do número de sementes por fruto. Para as medidas pertinentes, foi utilizado um paquímetro digital (0,01mm).

As sementes de cada um dos frutos foram contabilizadas, sendo descartadas, posteriormente, as murchas/podres e as restantes foram medidas (comprimento, largura, espessura) e submetidas à determinação da massa fresca, com auxílio de balança de precisão (0,0001 g). As sementes foram acondicionadas em tubos plásticos tipo Eppendorf e mantidos sob refrigeração (~10 °C) até a realização dos ensaios germinativos, cerca de 3 meses depois.

2.4 Ensaios germinativos

Para avaliar o potencial germinativo de cada tratamento, as sementes foram dispostas em placas de Petri, sem qualquer tratamento prévio, contendo duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada. As placas foram mantidas em câmara germinadora tipo B.O.D., a 25° C, sob

luz constante.

A germinação foi observada diariamente durante 35 dias, sendo considerada germinada a semente cuja a raiz primária apresentava pelo menos 2 mm de comprimento (BRASIL, 2009; FOWLER e MARTINS, 2001). Os dados de germinação foram utilizados para os cálculos de frequência relativa, porcentagem acumulada, velocidade média de germinação (MAGUIRE, 1962), tempo médio de germinação (EDMOND; DRAPALA, 1959) e índice de sincronização.

2.5 Análises estatísticas

Os dados de biometria foram submetidos à análise estatística descritiva e à análise de variância (ANOVA um critério, Kruskal-Wallis), seguida do respectivo teste (Tukey, Dunn) a 5% de probabilidade. O teste de correlação de Pearson para o mesmo conjunto de dados, foi utilizado para verificação de relação entre as variáveis e definição daquela que mais influencia o tamanho das sementes.

A significância das diferenças na biometria das sementes de frutos colhidos com cápsula verde com aquelas provenientes de frutos secos (cápsulas marrons), ambos da polinização natural (não marcados), foi analisada com a aplicação do teste *t* de Student.

Para verificar se as porcentagens de frutificações e o número de sementes entre os testes reprodutivos estavam distribuídos homogeneamente, foi aplicado o teste do Qui-Quadrado (χ^2), com nível de significância de 0,05. A seguir, aplicou-se o teste binomial, a duplas de tratamento, para determinar entre quais deles a diferença era suficiente para ser relacionada ao tipo de polinização adotado. Para a realização deste teste com o número de sementes, estimou-se uma amostra de 30 unidades por fruto como valor esperado.

Os dados de germinação das sementes oriundas dos tratamentos de polinização também foram comparados pelo teste binomial com base no número inicial de sementes disponíveis para cada ensaio. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Bioestat 5.3 (AYRES *et al.*, 2007).

3 Resultados e Discussão

As plantas de *H. sabdariffa* alcançaram entre 60 e 90 cm de altura. As folhas apresentaram-se simples com limbo inteiro, tri ou pentalobado/partido, sendo estas últimas mais frequentes que aquelas de limbo inteiro; longo-pecioladas, com bordo serrado ou denteado. Cada folha apresentava um nectário na face dorsal (abaxial), na base da nervura central do limbo.

As flores geralmente encontravam-se isoladas nas axilas dos ramos, eram curto-pedunculadas e apresentavam antese no sentido base-ápice caulinar. Os detalhes da morfometria estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Morfometria das flores de *H. sabdariffa*.

	CT	CPed	ARec	AEpic	DCo	dCo	ACa	ACo	AOv	DOv	CEs	ATE	Ant
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(n°)
Tamanho da amostra	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mínimo	37,14	2,92	1,26	7,74	25,9	22,22	10,82	29,64	4,49	4,52	7,63	6,87	39
Máximo	47,95	6,02	6,64	13,03	45,66	42,84	15,24	38,28	7,91	5,77	11,07	9,82	56
Amplitude Total	10,81	3,10	5,38	5,29	19,76	20,62	4,42	8,64	3,42	1,25	3,44	2,95	17
Média	43,09	4,32	5,08	10,20	36,88	33,98	13,51	33,34	6,79	5,31	9,62	8,27	47,58
Desvio Padrão	3,19	0,97	1,43	1,28	6,07	6,37	1,23	2,90	0,91	0,34	0,98	0,86	4,80
CV (%)	7,41	22,45	28,15	12,59	16,46	18,75	9,12	8,71	13,36	6,35	10,19	10,43	10,08

CT: Comprimento total, CPed: comprimento do pedúnculo, ARec: Altura do receptáculo, AEpic: Altura do epicálice, DCo: Diâmetro maior da corola, dCo: Diâmetro menor da corola, ACa: Altura do cálice, ACo: Altura da corola, ATE: Altura da parte livre do tubo estaminal, AOv: Altura do ovário, DOv: Diâmetro do ovário, CEs: Comprimento do estilete – em milímetros; Ant: número de anteras.

Fonte: dados da pesquisa.

Cada flor de *H. sabdariffa* apresenta dois verticilos de sépalas, sendo um epicálice dialissépalo glabro, contendo geralmente 8 a 10 unidades, coloração predominantemente verde com manchas vermelhas em diferentes proporções. A seguir, encontra-se o cálice, com pilosidade esparsa, gamossépalo na base (extensão da fusão na base das sépalas = 4,12 mm ± 0,75), com predominância da cor vermelha, 5 a 7 sépalas trinérveas contendo uma glândula nectarífera na nervura central. Internamente às sépalas e na base destas encontra-se um disco de tricomas bastante densos e de cor branca.

A corola, que apresenta curvatura e sobreposição parcial das pétalas no sentido anti-horário, é pentâmera, levemente campanulada, com pétalas livres entre si na maior extensão, mas fusionadas na base entre si e ao cone de filetes do androceu (extensão da soldadura da corola ao cone; 7,39 mm ± 0,72), na porção em que esse cone envolve o ovário súpero. As pétalas são de coloração amarelo claro externamente e na parte superior da face adaxial; coloração vermelha intensa ocorre na sua parte inferior interna até a altura das anteras (extensão parte vermelha da corola; 9,81 mm ± 1,31).

Os verticilos sexuais, androceu e gineceu, estão presentes e funcionais. O androceu, representado pelo cone/tubo de estames, é vermelho, fica inserto na corola, sendo fusionado a esta na base e, de sua parte superior, emergem numerosos filetes com suas respectivas anteras, mais concentrados na parte apical do tubo, inclusive contornando os estigmas com bastante proximidade. Assim como a presença do cone de anteras, uma característica comum às Malvaceae, as flores de *H. sabdariffa* apresentaram grãos-de-pólen esféricos espinhosos.

O gineceu é gamocarpelar, pentâmero, com ovário de coloração verde e intensa pilosidade esbranquiçada; o estilete, que atravessa o tubo de estames, termina em cinco estigmas capitados, velutinos, de coloração vermelha intensa. Os lóculos do ovário são plúriovulados e a placentação é axial. Observou-se, em menor densidade, a presença de pilosidade também no pedúnculo, no receptáculo floral e nas sépalas. Quando ocorre o desenvolvimento e amadurecimento do fruto, esses tricomas do cálice e do pedúnculo tornam-se

enrijecidos.

O início da formação de botões florais foi observado em 29 de abril, 26 dias após o transplântio das mudas para os vasos. A abertura das flores teve início em 30 de maio e estendeu-se até 15 de julho. As flores, que se abriam normalmente no início da manhã, permaneciam abertas por cerca de 7 horas, até o início da tarde. As flores manipuladas para a remoção das anteras fecharam cerca de uma a duas horas e meia antes das demais.

No dia seguinte, todas as flores apresentavam-se com a corola murcha, rósea que se desprendia, sendo ejetada à medida que o cálice se fechava. Desprendiam-se, assim, corola, cone de anteras, estilete e estigmas. Ocorrida a polinização e fecundação, o desenvolvimento do ovário era acompanhado pelo espessamento do epicálice e pela expansão do cálice ao redor do ovário. O fruto, quando maduro, assume a coloração marrom, é deiscente, do tipo cápsula, polispermico, sendo as sementes de cor cinza.

No estande experimental, com 29 plantas sobreviventes, o número de flores abertas variou de 4 a 125 em um mesmo dia. Houve dias em que botões florais desenvolvidos não se abriram ou se abriram próximo ao meio do dia ou se abriram parcialmente. Embora estas observações tenham sido feitas em dias em que a sensação térmica era menor (abaixo de 20 °C), não foi possível correlacioná-las com os dados climáticos disponíveis.

A produção de frutos foi observada em todos os tratamentos implantados (Quadro 2), inclusive naquele que consistiu na remoção das anteras e posterior ensacamento (agamospermia), o que pode indicar falhas no procedimento, com contaminação do estigma com pólen. Este fato foi atribuído às dificuldades de manipulação da flor em pré-antese (corola mais fechada na porção inferior onde as estruturas reprodutivas se encontram) e à proximidade das anteras aos estigmas. Quanto ao tratamento de autopolinização (cobertura com o saco de tule), haveria possibilidade da ocorrência de anemofilia, mas o resultado não revelou qualquer incremento (Quadro 2).

Quadro 2. Sucesso de frutificação e de produção de sementes de *H. sabdariffa* após exposição das flores a diferentes tratamentos de polinização e à polinização natural.

Tratamento	n° flores marcadas	n° frutos	%frutos	Razão flor:fruto	n° total sementes	n° médio sementes/fruto
Agamospermia	25	4	16,00 ^{ab}	6,25	7 ^d	1,75 ± 2,22
Geitonogamia	30	10	33,33 ^a	3,00	57 ^c	5,70 ± 4,60
Xenogamia	25	6	24,00 ^a	4,17	17 ^d	2,83 ± 1,94
Autopolinização (tule)	30	1	3,33 ^b	30,00	3 ^{cd}	3,00 ± 0,00
Autopolinização (organza)	26	4	15,38 ^{ab}	6,50	10 ^d	2,50 ± 2,65
Polinização natural	25	8	32,00 ^a	3,13	71 ^b	8,88 ± 4,05
Polinização natural – frutos não marcados	-	10	-	-	134 ^a	13,4 ± 8,79

Numa mesma coluna, valores acompanhados de letras iguais não diferem entre si pelo teste binomial, sendo $p < 0,05$.

Fonte: dados da pesquisa.

Das 161 flores marcadas para os tratamentos de polinização, houve a formação de 33 frutos (20,5%) e 164 sementes (~5 sementes/fruto). Quando os frutos não marcados são computados (mais 10 frutos), o total de sementes formado alcançou 298 unidades, uma média de 6,9 sementes por fruto. O percentual de frutificação apresentou valores significativamente heterogêneos ($\chi^2 = 31,52$; $p < 0,0001$), indicando que algumas taxas de frutificações foram superiores em relação à outras. A frutificação como resultado da agamospermia e da autopolinização (cobertura com organza) não diferiu significativamente de nenhum outro tratamento, porém a frutificação como resultado da geitonogamia, da xenogamia e da polinização natural foi significativamente maior que aquela resultante do tratamento de autopolinização (cobertura com tule) (Quadro 2).

O número médio de sementes, avaliado tanto em frutos não marcados oriundos de polinização natural quanto naqueles provenientes dos tratamentos de polinização, variou de menos de duas sementes por fruto (agamospermia) a mais de 13 sementes por fruto (polinização natural – não marcados) (Quadro 2). A correlação esperada entre o número de frutos

e o número de sementes foi observada (r Pearson = 0,8676; $p = 0,0251$), entretanto, não houve correlação significativa entre o número de frutos e o número médio de sementes por fruto (r Pearson = 0,6796; $p = 0,1375$). Por outro lado, o teste binomial, mostrou que os tratamentos de polinização natural resultaram em maior e mais significativo número de sementes, ficando a geitonogamia na terceira posição, juntamente com o tratamento de autopolinização (ensacamento com tule) (Quadro 2). Em todos os frutos foram encontrados óvulos não fecundados e sementes abortadas.

Os frutos de *H. sabdariffa*, assim como as flores, são curto-pedicelados (média de 4,75 mm). Os demais valores médios observados para os 42 frutos mensurados (exceto o fruto formado por autopolinização – tule) foram de 8,11 mm para a altura do receptáculo; 11,66 mm de altura para o epicálice, com 8 peças no verticilo; 17,92 mm para a altura do cálice, com 5,19 peças; 23,20 e 13,52 mm, respectivamente, para o diâmetro do fruto com e sem o cálice; 16,87 mm para a altura do fruto sem o cálice e um número médio de 7,05 sementes por fruto (Quadro 3).

Quadro 3. Estatística descritiva das medições dos frutos de *H. sabdariffa* provenientes de cada tratamento de polinização e da polinização natural.

	Ped. (mm)	Rec. (mm)	EpiK (mm)	n°peças EpiK	K (mm)	n°peças K	Diâm.K (mm)	Diâm.Fr. (mm)	Alt.Fr. (mm)	n° sem/fr
AGAMOSPERMIA										
Tamanho amostral	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mínimo	3,52	4,84	7,41	10	14,47	5	14,17	11,54	12,8	0
Máximo	5,15	8,35	11,3	11	21,5	7	25,35	14,45	18,21	5
Amplitude Total	1,63	3,51	3,89	1	7,03	2	11,19	2,92	5,41	5
Mediana	4,57	8,03	9,82	10	18,42	5	20,94	12,55	13,3	1
Média Aritmética	4,45	7,31	9,59	10,25	18,20	5,5	20,35	12,77	14,40	1,75
Variância	0,67	2,75	3,00	0,25	8,93	1	28,40	2,02	6,56	4,92
Desvio Padrão	0,82	1,66	1,73	0,5	2,99	1	5,33	1,42	2,56	2,22
Erro Padrão	0,41	0,83	0,87	0,25	1,49	0,5	2,67	0,71	1,28	1,11
GEITONOGAMIA										
Tamanho amostral	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Mínimo	3,07	4,93	9,79	7	13,75	5	11,21	7,93	7,26	0
Máximo	5,02	8,6	12,43	9	20,4	6	25,69	16,34	19,6	16
Amplitude Total	1,95	3,67	2,64	2	6,65	1	14,48	8,41	12,34	16
Mediana	4,22	7,65	10,91	8	18,80	5	24,57	12,64	15,35	5

	Ped. (mm)	Rec. (mm)	EpiK (mm)	n°peças EpiK	K (mm)	n°peças K	Diâm.K (mm)	Diâm.Fr. (mm)	Alt.Fr. (mm).	n° sem/fr
Média Aritmética	4,17	7,41	10,95	7,7	18,32	5,1	22,03	12,32	14,58	5,7
Variância	0,43	1,32	1,10	0,46	5,05	0,1	22,92	9,74	14,55	21,12
Desvio Padrão	0,65	1,15	1,05	0,67	2,25	0,32	4,79	3,12	3,81	4,60
Erro Padrão	0,21	0,36	0,33	0,21	0,71	0,1	1,52	0,99	1,21	1,45
XENOGAMIA										
Tamanho amostral	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Mínimo	2,95	7,09	10,05	8	17,35	5	15,56	11,3	13,95	1
Máximo	9,9	12,89	18,06	9	25,85	5	23,8	14,12	17,95	6
Amplitude Total	6,95	5,8	8,01	1	8,5	0	8,24	2,82	4	5
Mediana	4,02	8,03	10,38	8	19,13	5	17,71	11,76	16,30	2,5
Média Aritmética	4,86	8,67	11,89	8,33	20,31	5	18,64	12,32	16,2	2,83
Variância	6,45	4,58	9,85	0,27	11,70	0	9,62	1,52	2,56	3,77
Desvio Padrão	2,54	2,14	3,14	0,52	3,42	0	3,10	1,23	1,60	1,94
Erro Padrão	1,04	0,87	1,28	0,21	1,40	0	1,27	0,50	0,65	0,79
AUTOPOLINIZAÇÃO (organza)										
Tamanho amostral	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Mínimo	2,53	5,48	7,9	8	10,87	5	12,67	6,23	7,12	0
Máximo	3,77	9,29	11,75	9	22,83	5	25,37	13,85	18,15	6
Amplitude Total	1,24	3,81	3,85	1	11,96	0	12,70	7,63	11,03	6
Mediana	3,01	7,54	10,43	9	15,38	5	19,27	9,16	11,89	2
Média Aritmética	3,08	7,46	10,13	8,75	16,11	5	19,14	9,6	12,26	2,5
Variância	0,26	3,15	2,68	0,25	27,30	0	48,28	12,66	24,58	7
Desvio Padrão	0,51	1,77	1,64	0,5	5,22	0	6,95	3,56	4,96	2,65
Erro Padrão	0,26	0,89	0,82	0,25	2,61	0	3,47	1,78	2,48	1,32
POLINIZAÇÃO NATURAL										
Tamanho amostral	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mínimo	4,4	6,2	9,06	7	15,33	5	15,78	12,84	16,55	3
Máximo	5,33	10,17	13,83	10	23,7	6	27,5	16,34	21,08	16
Amplitude Total	0,93	3,97	4,77	3	8,37	1	11,73	3,5	4,53	13
Mediana	4,78	7,65	11,335	9,5	21,675	5	24,70	14,05	18,945	8
Média Aritmética	4,90	7,85	11,40	9,25	21,14	5,13	23,71	14,26	18,92	8,88
Variância	0,12	1,50	3,25	1,07	7,49	0,13	12,66	1,11	3,15	16,41
Desvio Padrão	0,34	1,23	1,81	1,04	2,74	0,35	3,56	1,05	1,77	4,05
Erro Padrão	0,12	0,43	0,64	0,37	0,97	0,13	1,26	0,37	0,63	1,43
POLINIZAÇÃO NATURAL (FLORES NÃO MARCADAS)										
Tamanho amostral	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Mínimo	3,87	7,58	11,99	8	20,67	5	25,68	14,37	16,61	1
Máximo	9,04	10,3	16,42	10	26,1	7	32,55	18,77	24,28	26
Amplitude Total	5,17	2,72	4,43	2	5,43	2	6,88	4,41	7,67	25
Mediana	5,81	9,27	13,49	9	22,66	5	29,54	17,18	20,96	12
Média Aritmética	5,93	9,27	13,90	9	23,19	5,4	29,49	16,73	20,73	13,4
Variância	2,22	0,62	2,23	1,11	3,99	0,49	4,77	2,47	3,98	77,38
Desvio Padrão	1,49	0,78	1,49	1,05	2,00	0,70	2,18	1,57	2,00	8,80
Erro Padrão	0,47	0,25	0,47	0,33	0,63	0,22	0,69	0,507	0,63	2,78
TOTAL										
Tamanho amostral	42	42	42	42	42	42	42,00	42,00	42	42
Mínimo	2,53	4,84	7,41	7	10,87	5	11,21	6,23	7,12	0
Máximo	9,9	12,89	18,06	11	26,1	7	32,55	18,77	24,28	26
Amplitude Total	7,37	8,05	10,65	4	15,23	2	21,34	12,55	17,16	26
Mediana	4,65	8,17	11,22	9	20,38	5	24,84	13,89	17,32	5,5
Média Aritmética	4,75	8,11	11,66	8	17,92	5,19	23,20	13,52	16,87	7,05
Variância	2,16	2,28	4,91	10	22,74	0,26	30,49	8,86	15,66	44,05
Desvio Padrão	1,47	1,51	2,22	2	4,83	0,51	5,52	2,98	3,96	6,64
Erro Padrão	0,23	0,23	0,34	8,74	20,08	0,08	0,85	0,46	0,61	1,02

Ped.= comprimento do pedicelo; Rec.= altura do receptáculo; EpiK; altura do epicálice; n° peças EpiK= número de elementos no epicálice; K= altura do cálice; n° peças K= número de elementos no cálice; Diâm. K= diâmetro médio do fruto com o cálice; Diâm. Fr.= diâmetro médio do fruto sem o cálice; Alt. Fr. = altura do fruto sem cálice; n° sem./fr = número de sementes por fruto.

Fonte: dados da pesquisa.

Houve grande variação destes valores entre os tratamentos, exceto para o número de sépalas, que não diferiu significativamente (Quadro 4).

Quadro 4. Análise de variância (Kruskal-Wallis) para os dados biométricos (postos médios) dos frutos de *H. sabdariffa* provenientes de cada tratamento de polinização e da polinização natural.

Parâmetro	H	Graus de liberdade	(p)	Agamospermia	Geitonogamia	Xenogamia	Autopolinização (organza)	Polinização natural	Polinização natural (não marcados)
Pedicelo	19,357	5	0,0016	20,5 ab	16,75 ab	16,5 ab	4,625 b	26,438 ab	32,45 a
Receptáculo	13,290	5	0,0208	16,5 ab	15,35 b	21,917 ab	17,75 ab	18,5 ab	33,30 a
Altura epicálice	17,949	5	0,003	10,5 b	17,7 b	19,917 ab	13,125 b	20,5 ab	34,80 a
Nº peças epicálice	19,784	5	0,0014	37,125 a	10,2 b	17,00 ab	22,00 ab	27,5 a	24,25 ab
Altura cálice	17,927	5	0,003	14,375 ab	14 b	20,583 ab	10,875 b	26,188 ab	32,90 a
Nº peças cálice	4,337	5	0,5021						
Diâmetro fruto com cálice	24,452	5	0,0002	14,5 b	19,2 b	10,167 b	13,50 b	21,00 ab	37,00 a
Diâmetro fruto sem cálice	23,609	5	0,0003	16,5 ab	16,95 b	13,833 b	7,75 b	24,313 ab	35,90 a
Altura fruto sem cálice	24,494	5	0,0002	11 b	14,3 b	17,333 ab	10,00 b	28,125 ab	34,70 a
Nº sêmen-tes/ fruto	18,552	5	0,0023	8,75 b	20,35 ab	13,167 ab	11,625 ab	28,813 ab	30,85 a

Valores seguidos por letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Dunn a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

Os frutos provenientes da polinização natural, marcados ou não, apresentaram os maiores valores para os parâmetros mensurados. Considerando os parâmetros diâmetros e altura do fruto, bem como o número médio de sementes por fruto, após os frutos provenientes da polinização natural, estariam aqueles provenientes de geitonogamia, xenogamia,

agamospermia e, em último lugar, com os menores valores, os frutos da autopolinização (Quadro 4). A análise de correlação linear das dimensões do fruto permitiu constatar que diversos fatores podem estar correlacionados positivamente entre si, destacando-se a altura do fruto com o número de sementes (Quadro 5).

Quadro 5. Análise da correlação de Pearson entre diâmetro do fruto, com e sem cálice, altura do fruto sem cálice e número médio de sementes por fruto de *H. sabdariffa* em cada tratamento de polinização e na polinização natural.

Fatores	Diâm. K x Diâm. Fr.	Diâm. K x Alt. Fr.	Diâm. K x nº sem./fr	Diâm. Fr. x Alt. Fr.	Diâm. Fr. x nº sem./fr	Alt. Fr x nº sem./fr
AGAMOSPERMIA						
n (pares) =	4	4	4	4	4	4
r (Pearson) =	0,9523*	-0,7005	-0,8064	-0,4769	-0,5946	0,9763*
(p) =	0,0477	0,2994	0,1936	0,5231	0,4053	0,0237
GEITONOGAMIA						
n (pares) =	10	10	10	10	10	10
r (Pearson) =	0,6659*	0,6055	0,6494*	0,8156*	0,823*	0,8258*
(p) =	0,0355	0,0635	0,0421	0,004	0,0034	0,0032
XENOGAMIA						
n (pares) =	6	6	6	6	6	6
r (Pearson) =	0,8546*	0,7111	0,1863	0,6936	0,2579	0,7743
(p) =	0,0301	0,1131	0,7238	0,1264	0,6217	0,0706
AUTOPOLINIZAÇÃO (organza)						
n (pares) =	4	4	4	4	4	4
r (Pearson) =	0,9464	0,9481	0,8915	0,9569*	0,9513*	0,9862*
(p) =	0,0536	0,0519	0,1084	0,0431	0,0487	0,0138
POLINIZAÇÃO NATURAL						
n (pares) =	8	8	8	8	8	8
r (Pearson) =	0,6806	0,1932	0,2234	0,1189	-0,1308	0,8157*
(p) =	0,0631	0,6467	0,5949	0,7791	0,7576	0,0135
POLINIZAÇÃO NATURAL (FLORES NÃO MARCADAS)						
n (pares) =	32	32	32	32	32	32
r (Pearson) =	0,7294*	0,5179*	0,5152*	0,7787*	0,6006*	0,7703*
(p) =	< 0,0001	0,0024	0,0025	< 0,0001	0,0003	< 0,0001
TOTAL						
n (pares) =	42	42	42	42	42	42
r (Pearson) =	0,7994*	0,6592*	0,5041*	0,8298*	0,6286*	0,6628*
(p) =	< 0,0001	< 0,0001	0,0007	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Diâm. K= diâmetro médio do fruto com o cálice; Diâm. Fr.= diâmetro médio do fruto sem cálice; Alt. Fr. = altura do fruto sem o cálice; nº sem./fr= número de sementes por fruto.

Fonte: dados da pesquisa.

As dimensões médias (comprimento, largura, espessura) e massas médias de 275 sementes dos 42 frutos foram respectivamente de 4,1 mm, 3,54 mm, 1,87 mm e 4,72 mg, havendo diferença significativa entre os tratamentos de

polinização avaliados (Quadros 6 e 7). Os maiores valores foram registrados para as sementes oriundas da polinização natural (frutos marcados) e os menores para as sementes da agamospermia.

Quadro 6. Estatística descritiva para a biometria das sementes de *H. sabdariffa* oriundas de diferentes processos de polinização: comprimento (C), largura (L), espessura (E) e massa (M).

Tratamento	Parâmetro	Mínimo	Máximo	Amplitude de Total	Mediana	Média A-ritmética	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
Agamospermia; n = 7	C (mm)	4.5	5.45	0.95	4.65	4.81	0.16	0.40	0.15
	L (mm)	3.84	5	1.16	3.95	4.13	0.17	0.42	0.16
	E (mm)	1.98	2.7	0.72	2.20	2.27	0.09	0.30	0.11
	M (mg)	9	48.1	39.1	21.50	24.17	199.30	14.12	5.34
Geitonogamia; n = 46	C (mm)	4.42	6.18	1.76	5.65	5.58	0.12	0.34	0.05
	L (mm)	3.75	5.44	1.69	4.90	4.82	0.13	0.36	0.05
	E (mm)	1.87	3.37	1.5	2.90	2.90	0.08	0.29	0.04
	M (mg)	4.72	54.9	50.18	45.30	41.46	117.47	10.84	1.60
Xenogamia; n = 17	C (mm)	4.95	6.03	1.08	5.60	5.50	0.12	0.35	0.09
	L (mm)	3.66	4.9	1.24	4.60	4.50	0.14	0.37	0.09
	E (mm)	2.4	3.2	0.8	2.85	2.82	0.05	0.22	0.05
	M (mg)	22.1	46.9	24.8	41.80	39.18	46.21	6.80	1.65
Autopolinização (organza); n = 8	C (mm)	4.82	5.9	1.08	5.83	5.51	0.23	0.48	0.17
	L (mm)	4.06	5.26	1.2	4.88	4.74	0.24	0.49	0.17
	E (mm)	2.52	3.01	0.49	2.72	2.76	0.03	0.17	0.06
	M (mg)	29.6	46.9	17.3	40.90	39.39	45.56	6.75	2.39
Polinização natural (não marcados); n = 134	C (mm)	4.1	6.34	2.24	5.31	5.31	0.25	0.50	0.04
	L (mm)	3.54	5.75	2.21	4.78	4.75	0.25	0.50	0.04
	E (mm)	2.08	30.9	28.82	2.69	2.91	6.00	2.45	0.21
	M (mg)	23.4	53.3	29.9	37.15	38.03	64.26	8.02	0.69
Polinização natural (marcados); n = 63	C (mm)	5.29	6.29	1	5.75	5.72	0.06	0.24	0.03
	L (mm)	4.27	6.97	2.7	4.97	4.98	0.13	0.35	0.04
	E (mm)	2.02	3.81	1.79	2.90	2.91	0.06	0.24	0.03
	M (mg)	12.5	52.7	40.2	44.20	43.43	35.65	5.97	0.75
Total; n = 275	C (mm)	4.1	6.34	2.24	5.60	5.45	0.21	0.46	0.03
	L (mm)	3.54	6.97	3.43	4.87	4.78	0.22	0.47	0.03
	E (mm)	1.87	30.9	29.03	2.82	2.88	2.95	1.72	0.10
	M (mg)	4.72	54.9	50.18	42.90	39.60	78.03	8.83	0.53

Fonte: dados da pesquisa.

Quadro 7. Análise de variância (Kruskal-Wallis) para os dados biométricos das sementes de *H. sabdariffa* produzidas em cada tratamento de polinização e por polinização natural: comprimento (C), largura (L), espessura (E) e massa (M).

Resultado	Parâmetro			
	C	L	E	M
H =	42,2366	27,3268	48,8364	28,463
Graus de liberdade =	5	5	5	5
(p) Kruskal-Wallis =	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Agamospermia	C	c	c	b
Geitonogamia	Ab	ab	a	a
Xenogamia	Abc	bc	ab	ab
Autopolinização (organza)	Abc	abc	abc	ab
Polinização natural (não marcados)	Bc	ab	bc	b
Polinização natural (marcados)	A	a	a	a

Letras diferentes, numa mesma coluna, indicam diferença significativa entre os tratamentos para o parâmetro em questão, de acordo com o teste de Dunn, a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

Assim como constatado com os frutos, houve correlação significativa entre comprimento, largura, espessura e massa

das sementes, especialmente o comprimento com a massa e com a largura (Quadro 8).

Quadro 8. Análise da correlação de Pearson entre os parâmetros biométricos das sementes produzidas pelo total de frutos de *H. sabdariffa* avaliados: comprimento (C), largura (L), espessura (E) e massa (M).

	C x L	C X E	C X M	L X E	L X M	E X M
n (pares) =	275	275	275	275	275	275
r (Pearson) =	0,8017	0,1762	0,8093	0,1762	0,7475	0,1574
(p) =	< 0,0001	0,0037	< 0,0001	0,0037	< 0,0001	0,0095

Fonte: dados da pesquisa.

Comparando-se frutos não marcados provenientes da polinização que foram colhidos com a cápsula verde ou marrom (seca/aberta), constatou-se diferença significativa na biometria das sementes (comprimento: $t = 16,8158$; largura: $t = 16,4699$; espessura: $Z(U) = 8,2428$; massa: $Z(U) = 9,4789$; $p < 0.0001$). Este fato foi relacionado ao ponto de maturação, sendo os maiores valores obtidos em sementes provenientes dos frutos com pericarpo verde, que não haviam completado o processo de secagem e abertura espontânea.

Após cerca de três meses de armazenamento, 203 sementes estavam em condições de serem submetidas aos

ensaios germinativos (Quadro 9), as demais apodreceram, provavelmente em função do alto teor de umidade inicial. A germinação foi nula (agamospermia) ou baixa (demais tratamentos), alcançando um máximo de 38,1% nas sementes provenientes de polinização natural dos frutos não marcados; o segundo melhor resultado foi para as sementes provenientes de polinização cruzada entre plantas (35,3%), os quais não diferiram significativamente entre si. Embora a produção de sementes nos frutos da polinização cruzada entre flores na mesma planta tenha resultado em número maior de sementes, a resposta germinativa ficou abaixo de 10% (Quadro 9).

Quadro 9. Porcentagem final, tempo médio, velocidade média e índice de sincronização de germinação das sementes de *H. sabdariffa* provenientes dos diferentes tratamentos de polinização e da polinização natural.

Tratamento	número de sementes	Germinação (%)	Tempo médio (dias)	Velocidade média (dia ⁻¹)	Índice de sincronização (bits)
Agamospermia	7	0,00	-	-	-
Geitonogamia	42	9,52 ^b	14,25	0,070	-1,500
Xenogamia	17	35,29 ^a	14,50	0,069	-1,918
Autopolinização (organza)	3	33,3 ^{ab}	15,00	0,067	0
Polinização natural – frutos não marcados	134	38,06 ^a	14,98	0,067	-3,893

%Germinação: valores acompanhados de letras iguais não diferem entre si pelo teste binomial, sendo $p < 0,05$.

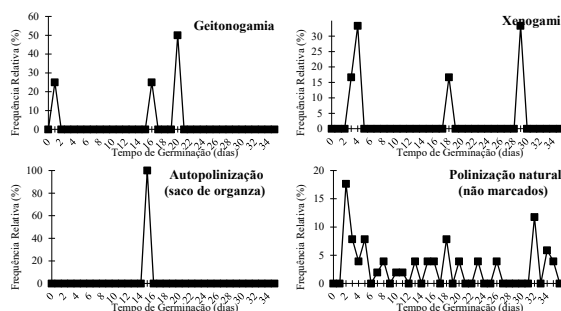
Fonte: dados da pesquisa.

A distribuição de frequência para os tratamentos em que houve germinação das sementes revela o caráter polimodal do processo (Figura 1), com tempo médio entre 14 e 15 dias e velocidade média em aproximadamente 0,07 dias⁻¹ (Quadro 9). A menor sincronia observada para a germinação das sementes da polinização natural relaciona-se diretamente ao maior número de sementes, reforçando a ausência de uniformidade temporal que prolongou o processo durante todo o período experimental (Quadro 9; Figura 1).

As plantas, cultivadas em vasos, com substrato comercial, para comporem a unidade experimental utilizada neste estudo, cresceram menos do que seria esperado para a espécie em condições de campo, onde podem alcançar 2,5 m (KINUPP; LORENZI, 2014) a 3,5 m de altura (MAHADEVAN *et al.*, 2009; QI *et al.*, 2005). Diferentes autores relataram a ocorrência de morfos foliares nas plantas de *H. sabdariffa*, com presença de limbos palmado dividido em 3 a 7 lóbulos (QI *et al.*, 2005), uni, 3 a 5-lobados e até 7-lobados (MAHADEVAN *et al.*, 2009); uni, bi e trilobadas (KINUPP e LORENZI, 2014) e folhas com lâminas tri a pentapartidas

(ROSS, 2003; ESTEVES *et al.*, 2014). A presença de nectário sobre a nervura média foliar é descrita como uma característica de importância taxonômica para as espécies de *Hibiscus*, com número variável de 1 (como em *H. sabdariffa*) a 5 ou pode estar ausente em algumas espécies do gênero (ESTEVES *et al.*, 2014).

Figura 1. Frequência relativa para a germinação de sementes de *H. sabdariffa* provenientes de diferentes tratamentos de polinização e da polinização natural.



Fonte: dados da pesquisa.

A descrição das flores coincide com aquela apresentada por Qi *et al.* (2005) quanto à coloração, pedúnculo curto e presença de órgãos masculinos e femininos, e com a descrição de Ross (2003) quanto a outras características (número de verticilos e segmentos, aspecto do epicálice e cálice, coluna estaminal, estilete único ramificado em 5 estigmas capitados no ápice), mas divergem no diâmetro da corola, revelando que as flores no presente estudo eram menores que aquelas avaliadas por ele, que atingiram entre 5 a 7 cm de diâmetro, bem como aquelas relatadas por Mahadevan *et al.* (2009), com até 12,5 cm de largura.

A descrição do fruto feita por Ross (2003) corrobora os dados aqui obtidos: cápsula, ovóide, de 1 a 2 cm de comprimento, mais curto que o cálice, com cerdas densamente pontiagudas e duras. Dados complementares são consistentes com as características apresentadas por Mahadevan *et al.* (2009) quanto à mudança da coloração da cápsula de verde para marrom e se abre quando o fruto amadurece e seca.

O número médio de sementes (7,05) foi inferior ao relatado por Guimarães Sobrinho *et al.* (2020), os quais mencionam valores de 20 a 30 sementes por fruto. Somente em frutos oriundos de polinização natural (não marcados) foram registradas até 26 sementes por fruto, mas até mesmo a média dos frutos coletados para esse tratamento foi inferior, ficando em 13,4 sementes, o que revela alta taxa de abortamento e/ou ausência de fertilização.

Embora alguns autores se refiram à *H. sabdariffa* como uma espécie de flores cleistogâmicas, autopolinizadora, em que o processo de polinização ocorre ainda na fase de botão (WAN ZALIHA; NORSYUHADA, 2015; OSMAN *et al.*, 2011), os resultados aqui obtidos com os diversos tratamentos implantados divergiram totalmente neste aspecto, com as menores frequências de frutificação e número médio de sementes como resultado da autopolinização e da agamospermia.

A diferença observada entre os tratamentos está de acordo com as observações de Abdel-Moniem *et al.* (2011). Estes autores verificaram que, se por um lado a temperatura e a umidade relativa tiveram efeitos leves ou desprezíveis na ocorrência de polinização por insetos ao longo de duas estações, a produtividade da planta de *H. sabdariffa* (número médio de sementes e peso médio das sementes) foi significativamente afetada pelos polinizadores em função da presença insuficiente ou ausência de polinizadores efetivos.

Para *Eryngium maritimum* L. (Apiaceae), um estudo em que as inflorescências foram manipuladas para avaliar o número de frutos e sementes após a exclusão do vento e do polinizador (ensacamento com sacos de papel), apenas sob a exclusão do polinizador (sacos de tela com abertura de 2 mm) ou sob a polinização natural (capítulos não manipulados) como controle, constatou-se que a exclusão completa de polinizadores também levou de baixo a nulo vingamento de frutos e de sementes e a exclusão parcial (saco de tela) reduziu mais de 50% essa produção em relação ao grupo não tratado

(controle) (CORTÉS-FERNÁNDEZ *et al.*, 2022).

Somado a isso, o formato da corola e o fato das estruturas reprodutivas encontrarem-se insertas nela, não favorecem o transporte de pólen pelo vento em *H. sabdariffa*. Segundo síntese organizada por Rech *et al.* (2014), flores anemófilas normalmente não apresentam cálice e corola com atrativos a visitantes florais (cor verde ou esbranquiçada, perianto reduzido ou ausente, ausência de néctar e de odor), além de portarem estigmas longos, expostos e estames grandes, expostos e com pólen abundante e pouco ornamentado.

Assim como ocorreu com *E. maritimum* (CORTÉS-FERNÁNDEZ *et al.*, 2022), em *H. sabdariffa* a anemofilia não desempenhou um papel significativo na polinização, revelando a dependência das plantas destas espécies por agentes polinizadores bióticos, vinculando o sucesso reprodutivo de ambas ao estado de conservação das populações de polinizadores. Neste sentido, Freitas e Imperatriz-Fonseca (2005) e Cunha *et al.* (2014) alertam que sem estes agentes polinizadores, a grande maioria das espécies de plantas não reproduziria sexualmente, e conseqüentemente, não seria possível produzir sementes e outros produtos de amplo interesse humano.

Há espécies que se beneficiam da polinização pela melhoria da qualidade e quantidade de frutos (CUNHA *et al.*, 2014). A Plataforma Brasileira de Biodiversidades e Serviços Ecosistêmicos (BPBES, 2018), tratando de espécies cultivadas de interesse agrônômico, destaca que além do aumento de produtividade, a polinização por animais, ao resultar em produtos de maior qualidade, agrega valor aos frutos e sementes “quando comparados àqueles que podem ser formados na ausência do serviço ecossistêmico de polinização”.

Ao analisar os dados biométricos das sementes de *H. sabdariffa*, constataram-se valores ligeiramente superiores aos relatados por Guimarães Sobrinho *et al.* (2020), que observaram valores mínimos e máximos de comprimento, largura e espessura, de 3,35 a 4,63 mm, 3,88 a 5,29 e 1,97 a 2,71 mm, e uma variação de massa entre 16 e 30 mg, com média de 4,03 mm, 4,55mm, 2,36mm e 30 g para os respectivos parâmetros. Os autores relataram semelhanças com os dados obtidos por Omobuwajo *et al.* (2000): faixa de comprimento de 4,7 a 5,6 mm, largura de semente de 5,2 a 6,0 mm e de espessura de 2,5 a 3,1 mm, mas com menor teor de umidade, 7,7% contra 9,28% (GUIMARÃES SOBRINHO *et al.*, 2020). Os valores médios relatados por Bamgboye e Adejumo (2009) (4,75mm de comprimento, 4,15 mm de largura e 2,62 mm de espessura) também foram inferiores às dimensões observadas para as sementes no presente estudo. O grau de umidade das sementes não foi avaliado, mas a observação de sementes oriundas de frutos fechados com pericarpo verde apresentando maiores dimensões corrobora a informação de Bamgboye e Adejumo (2009), que as dimensões das sementes se correlacionam positivamente ao teor de umidade das sementes.

Para *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae), Tumpa *et al.*

(2021) verificaram que o tamanho da semente se correlacionou positivamente com a altura da muda e o diâmetro do colo da raiz, mas não houve influência decisiva da massa da semente na germinação e no vigor, o que foi atribuído ao tratamento de estratificação e outros tratamentos no viveiro que uniformizaram o desenvolvimento, anulando as diferenças conferidas pela vantagem inicial atribuída às sementes maiores, as quais ajudariam na competição inicial no ambiente natural e aumentaria a probabilidade dessa característica (sementes com maior massa) se perpetuar na população.

Embora as sementes não tenham sido submetidas à escarificação, para a maioria dos ensaios implantados, a germinação teve início logo nos primeiros dias, ocorrendo desde as primeiras 24 horas (geitonogamia), após dois (polinização natural) ou três dias (xenogamia), dentro do tempo de dois dias, previsto por Amaro *et al.* (2019), e abaixo do tempo de cinco a seis dias previsto por Guimarães Sobrinho *et al.* (2020). Por outro lado, a irregularidade do processo teve reflexo no tempo médio dos tratamentos que apresentaram resposta germinativa, variando 14,25 dias (geitonogamia) à 15 dias (autopolinização – saco de organza).

As porcentagens de germinação foram inferiores àquelas obtidas com o uso de procedimentos de pré-embebição por 24 ou 48 horas, 62% e 79%, respectivamente, ou ainda em temperatura de 30° C, 72% (AMARO *et al.*, 2013). Variando somente o substrato para a condução dos ensaios germinativos, Amaro *et al.* (2019) conseguiram maiores porcentagens também, com os melhores resultados para as sementes em rolo de papel Germitest, 84%, e em areia, 86%.

Os resultados aqui obtidos assemelham-se mais aos relatados por Rodrigues *et al.* (2014) para as sementes mantidas como testemunha, 33%, enquanto que a escarificação química propiciou a maior porcentagem naquele estudo, 46%. A semelhança observada por estar relacionada ao tempo entre a coleta das sementes e a condução dos ensaios germinativos, visto que em Rodrigues *et al.* (2014) houve um intervalo de 30 dias e, neste estudo, cerca de 90 dias, o que pode ter acentuado a deterioração ou a dormência das sementes. É provável que sementes recém-coletadas apresentem maior potencial germinativo, como nos estudos mencionados, tendo, inclusive, sendo observada aqui a presença de sementes germinadas no interior de frutos.

A deterioração pode ter afetado principalmente as sementes oriundas de frutos fechados com pericarpo verde, os quais apresentaram menores percentuais ou germinação nula (dados não mostrados). Enquanto Wolkis & Walsh (2018) constataram a ausência de dormência física (impermeabilidade do tegumento) em algumas espécies de *Hibiscus*, os resultados de Liu & Spira (2001) indicam redução da porcentagem de germinação com o envelhecimento das sementes de *H. moscheutos* em função do tempo de armazenamento em laboratório. Liu & Spira (2001) ainda verificaram respostas germinativas mais favoráveis como resultado da reprodução cruzada em detrimento das sementes oriundas de autopolinização, assim como observado para *H.*

sabdariffa no presente estudo.

4 Conclusão

As hipóteses formuladas foram parcialmente confirmadas: os tratamentos que envolvem a transferência de pólen entre flores ou plantas distintas e a polinização natural em *H. sabdariffa* resultam em maior número de frutos, com diferença significativa para o número formado após a autopolinização (tule); e, frutos com maior número de sementes apresentam, especialmente, maior altura média (comprimento). O cultivo em vaso de *H. sabdariffa*, em substrato comercial, no município de Ivinhema, resulta em plantas que se assemelham às descrições disponíveis na literatura quanto ao aspecto geral, mas com menor porte, menor diâmetro da corola e maior dimensão das sementes.

A resposta germinativa das sementes após três meses de armazenamento é baixa. Considerando a eficiência na produção de frutos associada ao potencial germinativo, conclui-se que a polinização natural e a xenogamia favorecem a propagação de *H. sabdariffa*, descartando dados da literatura que descrevem as flores desta espécie como cleistógamas.

Referências

- ABDEL-MONIEM, A. S.H., ABD EL-WAHAB, T. E. & FARAG, N. A. Prevailing insects in Roselle plants, *Hibiscus sabdariffa* L., and their efficiency on pollination. Archives of Phytopathology and Plant Protection, v.44, n. 3, p. 242 – 252, 2011. <https://doi.org/10.1080/03235400903024662>
- ALISSON, E. Polinização é ameaçada por desmatamento e agrotóxicos no Brasil. Agência FAPESP, 07 fev. 2019. Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/polinizacao-e-ameacada-por-desmatamento-e-agrotoxicos-no-brasil/29730/>> Acesso em 29 jan. 2022.
- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; SILVA NETA, I. C.; ALVES, D. D.; SILVA, F. G. Avaliação fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de vinagreira. Comunicata Scientiae, v. 4, n. 1, p. 96-102, 2013.
- AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; RESENDE, M. A. V.; GUIMARÃES, C. P.; ASSIS, M. O.; FIGUEIREDO, J. C.; ANDRADE, J. A. S. Morphology of fruits, seeds and seedling and germination of *Hibiscus sabdariffa* L. in different substrates. Brazilian Journal of Agriculture, v.94, n.1, p. 26 – 37, 2019. <https://doi.org/10.37856/bja.v94i1.1524>
- AYRES, M.; AYRES JUNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. Bioestat-aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, MCT- CNPq. 2007. 364p.
- BAMGBOYE A.I., ADEJUMO O.I. Physical properties of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript 1154. v. XI, 2009. 13p.
- BARBOSA, M. V.; SOUSA, E. M. L. Biologia floral, ecologia da polinização e eficiência na produção de sementes de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. em sistemas agrícolas. Gaia Scientia, v. 10, n. 4, p. 272 – 283, 2016. <http://dx.doi.org/10.21707/gsv10.n04a22>
- BARROS, E.S.; COSTA, V.S.; FONSECA, W.B.; NERO, J.D’A.P.; COSTA, P.M.A.; AZEREDO, G. A. Sucesso reprodutivo da *actácea* nativa, xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), em população natural. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.1, p.2980-2991 jan. 2021. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-2021>

- BPBES - Plataforma Brasileira de Biodiversidades e Serviços Ecossistêmicos. Sumário para tomadores de decisão: 1º relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil [recurso eletrônico]. Autoria de Marina Wolowski... [et al.] / Organização de Maíra C. G. Padgurschi; -- Campinas, SP: [s.n], 2018. 20 p.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.
- CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O.; MÜLLER, C.H. Características físicas e de germinação de sementes de espécies frutíferas nativas da Amazônia. Belém: Embrapa-CPATU, 1998. 18p. (Embrapa CPATU. Boletim de Pesquisa, 203).
- CORTÉS-FERNÁNDEZ, I.; CERRATO, M. D.; SERRA, A.R.; VIVES, G. Floral traits and reproductive success variation among inflorescence orders in *Eryngium maritimum*. *Plant Biology*, v.24, n. 2, p. 249 -258, 2022. <https://doi.org/10.1111/plb.13354>
- CUNHA, D. A. S.; NÓBREA, M. A. S.; ANTONIALI JUNIOR, W. F. Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, vol. 18, núm. 4, pp. 185-194, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26042166005>
- CRUZ, E. D.; MARTINS, F. O.; CAVALHO, J. E. U. Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae - Caesalpinioideae). *Revta brasil. Bot.*, São Paulo, V.24, n.2, p.161-165, jun. 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042001000200005>
- EDMOND, R.; DRAPALA, W. J. The effect of temperature, immersion in acetone and sulfuric acid on germination of five varieties of okra seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, v. 74, p. 601-606, 1959.
- ESTEVES, G. L.; DUARTE, M. C.; TAKEUCHI, C. Sinopse de *Hibiscus* L. (Malvoideae, Malvaceae) do Estado de São Paulo, Brasil: espécies nativas e cultivadas ornamentais. *Hoehnea*, v. 41, n. 4, p. 529-539, 2014. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-10/2014>
- FOWLER, A. P.; MARTINS, E. G. Manejo de sementes de espécies florestais. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 71 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 58).
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. *Mensagem Doce*, São Paulo, vol. 80, p. 44-46, 2005.
- GRAEFF, L. C.; PEREIRA, E. P.; BUGS, C. A. Influência da posição de laranjas em uma árvore matriz em Santa Margarida do Sul em relação ao número de sementes. *Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 13, n. 3, 16 nov. 2021. 2p.
- GUIMARÃES SOBRINHO, A. C.; SANTOS, A. S.; CORPES, R. S. Capítulo 5: Aspectos botânicos, morfológicos, germinação e desenvolvimento de plântulas de *Hibiscus sabdariffa* L. In: SILVA-MATOS, R. R. S.; OLIVEIRA, A. R.; ALBANO-MACHADO, F.G. (Orgs.). *Floricultura, plantas ornamentais e cultura de tecidos de plantas [recurso eletrônico]* - Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. p. 44-55. <https://doi.org/10.22533/at.ed.7212030015>
- GUSMÃO, E.; VIEIRA, F.A.; FONSECAJÚNIOR, E.M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. Ex A. Juss.). *Cerne*, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, jan./mar. 2006. <https://www.researchgate.net/publication/26468442>
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2014. 768p.
- LIU, H.; SPIRA, T. P. Influence of Seed Age and Inbreeding on Germination and Seedling Growth in *Hibiscus moscheutos* (Malvaceae). *The Journal of the Torrey Botanical Society*, v. 128, n. 1, p. 16 – 24, 2001. <https://doi.org/10.2307/3088656>
- LONGO, J. M.; FISCHER, E. Efeito da taxa de secreção de néctar sobre a polinização e a produção de sementes em flores de *Passiflora speciosa* Gardn. (Passifloraceae) no Pantanal. *Revista Brasil. Bot.*, v.29, n.3, p.481-488, jul.-set. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000300015>
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- MAHADEVAN, N.; SHIVALI; KAMBOJ, P. *Hibiscus sabdariffa* Linn. – an overview. *Natural Product Radiance*, v. 8, n. 1, p. 77-83, 2009.
- OMOBUWAJO, T.; SANNI, L.; BALAMI, Y. Physical properties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) seeds. *Journal of Food Engineering*, v.45, n.1, 37-41, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00039-X)
- OSMAN, M.; GOLAM, F.; SABERI, S.; MAJID, N.A.; NAGOOR, N. H.; ZULQARNAIN, M. Morpho-agronomic analysis of three roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) mutants in tropical Malaysia. *Australian Journal of Crop Science*, v. 5, n. 10, p.1150-1156, 2011. <https://www.researchgate.net/publication/236661835>
- QI, Y.; CHIN, K.L.; MALEKIAN, F.; BERHANE, M.; GAGER, J. Biological characteristics, nutritional and medicinal value of roselle, *Hibiscus sabdariffa*. *CIRCULAR – Urban Forestry Natural Resources and Environment*, nº 604, 2005. <https://www.researchgate.net/publication/270510696>
- RAVEN, P.H., EVERT, R.F. & EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 2014. 876 p.
- RECH, A. R.; AVILA JR. R. S.; SCHLINDWEIN, C. Síndromes de polinização: especialização e generalização. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Orgs.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 171 – 182.
- RODRIGUES, B. R. A.; AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; CANGUSSÚ, L. V. S.; ASSIS, M. O.; ALVES, D. D. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Hibiscus sabdariffa* L. (Malvales - Malvaceae). *Revista de Agricultura*, v. 89, n.1, p. 9 – 16, 2014. <https://doi.org/10.37856/bja.v89i1.43>
- ROSS, I.A. *Hibiscus sabdariffa*. In: ROSS, I. A. *Medicinal Plants of the World*. Totowa, NJ: Humana Press, 2003. pp 267–275. https://doi.org/10.1007/978-1-59259-365-1_13
- SILVA, G. R.; PÉREZ-MALUF, R.; RIBEIRO, G. S.; GUSMÃO, A. L. J. Pollination service of *Nannotrigona testaceicornis* stingless bees in strawberry. *Arq. Inst. Biol.*, v.87, 1-9, e0292019, 2020. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000292019>
- STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; BUSCH, A.; SOUSA, T. O.; ZOZ, T. Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 49, e54353, p. 1-9, 2019. <https://www.researchgate.net/publication/332849004>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5ª ed. – dados eletrônicos. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TUMPA, K.; VIDAKOVIC, A.; DRVODELIC, D.; ŠANGO, M.; IDŽOJTIC, M.; PERKOVIC, I.; POLJAK, I. The effect of seed size on germination and seedling growth in sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Forests*, n.12, 858, 2021. 11p. <https://doi.org/10.3390/f12070858>
- VIEIRA, M. F.; FONSECA, R.S. *Biologia reprodutiva em*

angiospermas: síndromes florais, polinizações e sistemas reprodutivos sexuais [Recurso eletrônico]. Viçosa, MG : Ed. UFV, 2014. 34 p.: <https://www.researchgate.net/publication/273886717>

WAN ZALIHA, W.S.; NORSYUHADA, J. Effects of different concentrations of auxin and gibberellin in developing seedless roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) fruit and postharvest quality. *J.*

Trop. Plant Physiol., v. 7, p. 26-35, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/308359895>

WOLKIS, D.; WALSH, S. K. Dormancy and germination of two Kaua'i endemic *Hibiscus* taxa. *Seed Science and Technology*, v. 46, n. 2, p. 267-274. <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.2.08>