

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 01/03/2025.

Como as mudanças climáticas podem afetar a polinização em condições subtropicais? Efeito de alterações regime hídrico sobre caracteres florais

Maria Luisa Passos Frigero

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Área de concentração Biodiversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"Júlio de Mesquita Filho"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

Como as mudanças climáticas podem afetar a polinização em condições subtropicais? Efeito de alterações no regime hídrico sobre caracteres florais

Maria Luisa Passos Frigero

Orientadora: Prof^a Dr^a Elza Guimarães

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Área de concentração Biodiversidade Vegetal.

BOTUCATU – SP

2023

Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu
Seção Técnica de Pós-Graduação
Rua Professor Doutor Antonio Celso Wagner Zanin, s/nº, Botucatu, SP –
CEP 18618-689 Telefone (14) 3880-0780 posgraduacao@ibb.unesp.br

F912c	Frigerio, Maria Luisa Passos Como as mudanças climáticas podem afetar a polinização em condições subtropicais? : Efeito de alterações regime hídrico sobre caracteres florais / Maria Luisa Passos Frigerio. -- Botucatu, 2023 88 p. : tabs. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Botucatu Orientadora: Elza Guimarães 1. abobrinha italiana. 2. escassez hídrica. 3. mudanças climáticas. 4. polinização por abelhas. 5. recurso floral. I. Título.
-------	---

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

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado garantida a mim (processo número 130401/2021-8 e 130689/2022-0).

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica), IBB, UNESP pelo suporte para a realização do mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo número 2021/10428-4

À Prof^a Dr^a Elza Guimarães e à Dr^a Priscila Tunes, que mais do que me orientaram, me ajudaram a crescer como profissional, me ensinando muito mais do que consigo colocar em palavras.

Ao professor Roberto Lyra Villas Bôas, do Departamento de Ciência Florestal, Solo e Ambiente da Universidade Estadual de São Paulo, por fornecer o protocolo de fertilização ideal para o cultivo de *Cucurbita pepo*.

E aos meus colegas do Laboratório de Ecologia e Evolução das Interações Planta-Animal por toda ajuda e apoio na realização deste estudo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	7
INTRODUÇÃO GERAL.....	9
Referências bibliográficas.....	11
CAPÍTULO 1 – Influência de alterações no regime hídrico sobre caracteres reprodutivos de <i>Cucurbita pepo</i> L.....	15
Resumo.....	16
Introdução.....	17
Material e métodos.....	20
Resultados.....	25
Discussão e conclusão.....	31
Referências bibliográficas.....	34
Apêndice.....	39
CAPÍTULO 2 – Influência de alterações no regime hídrico sobre o néctar floral de <i>Cucurbita pepo</i> L.....	51
Resumo.....	52
Introdução.....	53
Material e métodos.....	54
Resultados.....	58
Discussão e conclusão.....	64
Referências bibliográficas.....	68
Apêndice.....	74
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84

FRIGERO, M.L.P. (2023). **COMO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS PODEM AFETAR A POLINIZAÇÃO EM CONDIÇÕES SUBTROPICAIS? EFEITO DE ALTERAÇÕES NO REGIME HÍDRICO SOBRE CARACTERES FLORAIS.** TESE (MESTRADO), 87p – INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, BOTUCATU.

RESUMO - Nos últimos anos vem crescendo o número de trabalhos envolvendo mudanças climáticas e seus efeitos. Alterações nos padrões de precipitação esperadas para as próximas décadas, segundo previsões do IPCC-AR 6, podem acarretar importantes modificações em caracteres vegetais, sejam eles ligados direta ou indiretamente à reprodução das espécies vegetais. Por exemplo, modificações no regime hídrico podem afetar diretamente a reprodução das plantas através de alterações na produção de gametas, ou indiretamente, através da diminuição do anúncio floral aos polinizadores em função da redução do número de flores. Caracteres vegetais responsáveis pela manutenção das interações planta-animal, como os atrativos florais, também podem sofrer alterações de acordo com variações no regime hídrico. Dentre estas interações, podemos destacar a polinização como uma das mais importantes, já que a maior parte das angiospermas, tanto em ecossistemas naturais quanto em condições de cultivo, depende da polinização por animais para sua reprodução. Sendo assim, alterações na disponibilidade de água podem afetar não somente a reprodução das espécies vegetais *per se*, mas também a produção de alimentos. Pensando neste cenário, conduzimos nosso estudo pautado no plano de ação proposto pela ONU na Agenda 2030, considerando alguns dos objetivos nele contemplados, como conservação da biodiversidade, de processos ecossistêmicos e a manutenção da segurança alimentar. Escolhemos a espécie *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae), cultivar Caserta, como modelo para realização desse estudo por tratar-se de uma importante espécie agrícola, amplamente cultivada no Brasil e no mundo, com alta dependência da polinização por animais para sua reprodução e, consequentemente, para a produção dos frutos comercializáveis. Exploramos, em dois capítulos, de forma complementar, se cenários de modificação de pluviosidade previstos pelo IPCC afetam a produção de flores, caracteres reprodutivos de flores pistiladas e estaminadas, e o néctar floral, recurso consumido por abelhas polinizadoras dessa espécie vegetal. No primeiro capítulo, vimos que a variação no regime hídrico não afetou a produção de estruturas portadoras

1 de gametas masculinos e femininos de *C. pepo*, mas afetou a produção total de flores ao
2 longo do período de floração. Já no Capítulo 2, os cenários de escassez hídrica levaram
3 à redução no volume, concentração e miligramas totais de açúcares do néctar por flor e
4 à redução nas dimensões do nectário. Adicionalmente, verificamos que houve uma
5 redução significativa na oferta calórica disponível aos visitantes florais de *C. pepo* por
6 planta, o que, em um cenário de cultivo, representou uma redução de aproximadamente
7 20 vezes na oferta calórica por hectare. Esses resultados indicam que a reprodução de
8 espécies vegetais em cenários de escassez hídrica poderá ser altamente comprometida,
9 especialmente no que se refere à quantidade de recurso disponível aos polinizadores em
10 cada flor, o que é potencializado pela redução no número total de flores produzidas pela
11 espécie durante o período de florescimento. Isso pode se tornar ainda mais importante
12 no caso de espécies polinizadas por abelhas, em que os recursos são utilizados tanto
13 para manutenção dos adultos quanto da prole. Embora nossa espécie modelo seja uma
14 espécie cultivada, os resultados obtidos aqui podem ser transpostos para espécies
15 vegetando em ecossistemas naturais, nos quais não há possibilidade de aumentar a
16 irrigação, o que pode levar impactos importantes nas cascatas tróficas em nível de
17 comunidade.

18 **Palavras-chave:** abobrinha italiana, escassez hídrica, mudanças climáticas, polinização
19 por abelhas, recurso floral, requerimento hídrico, seca.

ABSTRACT

The number of articles that involve climate changes and their effects has increased in recent years. Those changes in rainfall are expected in the next decades according to IPCC-AR 6 predictions and can alter a great number of important floral characters directly and indirectly related to the reproduction of plant species. For example, changes in water availability can directly affect plant reproduction through changes in gamete production, or indirectly, through a decrease in the floral display due to the reduction in the number of flowers. Floral traits responsible for the maintenance of plant-animal interactions could also change due to the lack of water. In those interactions we can remark the pollination as one of the most important one since most of angiosperm, both in natural ecosystems and in crop production, depend exclusively on this interaction for reproduction. Therefore, changes in water availability can affect not only reproduction of plant species per se, but also crop manufacturing. With this scenario in mind, we conducted our study guided by the UN's Sustainable Development Goals guide, including here goals as biodiversity conservation, ecosystem processes and food security for everyone. We chose *Cucurbita pepo* L. for this study due to its economic value and wide distribution in Brazil and worldwide and strong animal dependency for reproduction, consequently, for the production of economic value fruits. We explore in these two complementarily chapters if scenarios of changes in rainfall predicted by the IPCC affect the production of flowers, reproductive characters of pistillate and staminate flowers, and floral nectar, a resource consumed by pollinator bees of this plant species. In the first chapter, it is seen that variation in water availability did not affect structures with gamete production of *C. pepo*, but it did affect total flower production throughout the flowering period. In Chapter 2, scenarios with shortage of water led to a reduction in the volume, concentration, and the amount of sugar in the nectar per flower and a reduction in the nectary size. Additionally, we verified that there was a significant reduction in the caloric offer available to floral visitors of *C. pepo* per individual, which, in a cultivation scenario, represented a reduction of approximately 20 times in the caloric offer per hectare. These results indicate that the reproduction of plant species in scenarios of lack of water may be highly compromised, especially regarding the amount of resource available to pollinators in each flower, which is enhanced by the reduction in the total number of flowers produced by the species during the flowering period. This can become even more important in the case of species pollinated by bees, where resources are used both

1 for the maintenance of adults and bee brood. Although our model species is a cultivated
2 one, the results obtained here can be transposed to other species in natural ecosystems,
3 in which there is no possibility of increasing irrigation, which can lead to important
4 impacts on trophic cascades at the community level.

5 **Keywords:** bee pollination, climate changes, drought, floral resource, zucchini

afetam a produção e as características do néctar, principal recurso floral de *C. pepo* disponível aos polinizadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baker, H.G. & Baker, I. (1983). Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. Em: Jones, C.E., Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Norstrand-Reinhold, New York.

Cariveau, D., Irwin, R.E., Brody, A.K., Garcia-Mayeya, L.S. & Von Der Ohe, A. (2004). Direct and indirect effects of pollinators and seed predators to selection on plant and floral traits. *Oikos*, 104(1), 15-26.

Carroll, A.B., Pallardy, S.G. & Galen, C. (2001). Drought stress, plant water status, and floral trait expression in fireweed, *Epilobium angustifolium* (Onagraceae). *American Journal of Botany*, 88 (3), 438-446.

Descamps, C., Quinet, M., Baijot, A. & Jacquemart, A.L. (2018). Temperature and water stress affect plant–pollinator interactions in *Borago officinalis* (Boraginaceae). *Ecology and Evolution*, 8(6), 3443-56.

Faegri, K. & van der Pijl, L. (1979). The principles of pollination ecology, 3rd. Oxford, Pergamon Press, 244.

Filgueira, F.A.R. (2003). Novo manual de olericultura. 2ª edição, Viçosa-MG, Editora UFV.

Galen, C. (1999). Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *Bioscience*, 49, 631–640.

Gallagher, M.K. & Campbell, D.R. (2017). Shifts in water availability mediate plant–pollinator interactions. *New Phytologist*, 215(2), 792-802.

García, D. & Chacoff, N.P. (2007). Scale-dependent effects of habitat fragmentation on hawthorn pollination, frugivory, and seed predation. *Conservation Biology*, 21(2), 400-11.

Glenny, W.R., Runyon, J.B. & Burkle, L. (2018). Drought and increased CO₂ alter floral visual and olfactory traits with context-dependent effects on pollinator visitation. *New Phytologist*, 220(3), 785-798

- Herlihy, C.R., & Delph. L.F. (2009). Differential response of floral attractiveness and gametophyte production to stress in flower-size selection lines of *Silene latifolia* (Caryophyllaceae). *International Journal of Plant Sciences* 170, 1103– 1108
- IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Valor da produção, Quantidade produzida, Estabelecimentos, Maior produtor. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abobrinha/br>>. Acesso em: 17/06/2022.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Em: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. (2021). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 3–32.
- Memmott, J., Craze, P.G., Waser, N.M. & Price, M.V. (2007). Global warming and the disruption of plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10, 710-717.
- Nações Unidas no Brasil (2022). Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Disponível em: brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 12/08/2022.
- Nepi, M., Guarnieri, M. & Pacini, E. (2001). Nectar secretion, reabsorption and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. *International Journal of Plant Sciences*, 162, 353–358.
- Nicolson, S., Nepi, M. & Pacini, E. (2007). *Nectaries and nectar*. Dordrecht, The Netherlands, 408.
- Ollerton, J. (2021). *Pollinators & Pollination: Nature and Society*.
- Organização das Nações Unidas (ONU) - Agenda 2030. (2015). Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 17/06/2022.
- Pacini, E. & Dolferus, R. (2019). Pollen Developmental Arrest: Maintaining Pollen Fertility in a World With a Changing Climate. *Frontiers in Plant Science*, 10, 679.
- Paris, H.S. (1986). A proposed subspecific classification for *Cucurbita pepo*. *Phytologia*, 61, 133-138.
- Passarelli, L. (2002). Importancia de "*Apis mellifera*" L. en la producción de "*Cucurbita maxima*" Duch. (Zapallito de tronco). *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 17(1), 5-14.

- Rapoport, H.F., Pérez-López, D., Centeno, A., Vega Macías, V., Hidalgo Moya, J.J., & Hidalgo Moya, J.C. (2019). Floral developmental failures and ovary size variability in field-grown olive trees under water deficit. IX International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, Italy.
- Schiestl, F.P. & Johnson, S.D. (2013). Pollinator-mediated evolution of floral signals. *Trends in Ecology & Evolution*, 28, 307-315.
- Souza, E. & Manzi, A. (2013). Capítulo 9: Mudanças Ambientais de Curto e Longo Prazo: Projeções, Reversibilidade e Atribuição. Em: Ambrizzi, T., Rebello, E., Sifeddine, A., Araújo Costa, A., Pinto, A., Correia, A., Grimm, A., Manzi, A., Chou, S. C., Salimon, C., Chiessi, C., Muehe, D., Villela, D., Campos, E., De Souza, E., Roland, F., Cruz, F., Nardoto, G., Sampaio, G. & Soares, W. Base Científica das Mudanças Climáticas Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.
- Spaethe, J., Schmidt, A., Hickelsberger, A. & Chittka, L. (2001). Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision.
- Suni, S.S., Ainsworth, B. & Hopkins, R. (2020). Local adaptation mediates floral responses to water limitation in an annual wildflower. *American Journal of Botany* 107(2), 209– 218.
- Tylianakis, J.M., Didham, R.K., Bascompte, J. & Wardle, D.A. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11, 1351-1363.
- Walter, J. (2020). Dryness, wetness and temporary flooding reduce floral resources of plant communities with adverse consequences for pollinator attraction. *Journal of Ecology*, 108, 1453– 1464.
- Waser, N.M. (1978). Competition for hummingbird pollination and sequential flowering in two Colorado wildflowers. *Ecology*, 59, 934–944.
- Waser, N.M., Chittka, L., Price, M.V., Williams, N.M. & Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77, 1043-1060.
- Waser, N.M. & Price, M.V. (2016). Drought, pollen and nectar availability, and pollination success. *Ecology*, 97(6), 1400-9.
- Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- Wolowski, M., Agostini, K., Rech, A.R., Varassin, I.G., Maués, M., Freitas, L., Carneiro, L.T., Bueno, R. De O., Consolaro, H., Carvalheiro, L., Saraiva, A.M. &

- 1 Silva, C.I. (2019). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção
- 2 de alimentos no Brasil. São Carlos: Editora Cubo.
- 3

Podemos concluir que não houve efeito direto dos diferentes cenários de pluviosidade sobre as estruturas portadoras de gametas de *C. pepo*, mas isso não quer dizer que não haja consequências destes novos cenários de mudanças no regime hídrico em sua reprodução. Em cenários de seca extrema, há uma diminuição substancial no número de flores produzidas durante a floração. Pudemos observar uma situação extrema neste trabalho, em que quase a metade dos indivíduos do tratamento de seca extrema não produziram flores pistiladas, o que pode comprometer a produção de descendentes. Essa diminuição na quantidade de flores pode comprometer a produção de frutos devido a mudanças na razão entre flores pistiladas e estaminadas, prejudicando a manutenção de áreas de cultivo. Neste novo cenário, a irrigação mais frequente seria necessária para manter a produtividade da cultura, mas isso pode intensificar problemáticas relacionadas à escassez de água e ao aumento do custo de produção, afetando os produtores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino, F.C.F. (2019). Necessidade hídrica e adubação potássica no cultivo da abobrinha em ambiente protegido. Monografia.
- Akamine, E.K & Girolami, G. (1959). Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. Technical bulletin - Hawaii Agricultural Experiment Station, 39, 3–44.
- Baptista, C.F. (2016). Polinização de *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em cultivo protegido. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48.
- Berny Mier y Teran, J.C., Konzen, E.R., Palkovic, A., Tsai, S.M., Rao, I.M., Beebe, S., & Gepts, P. (2019). Effect of drought stress on the genetic architecture of photosynthate allocation and remobilization in pods of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), a key species for food security. BMC plant biology, 19(1), 1-15.
- Blumwald, E. & Mittler, R. (2017). Estresse abiótico. Em: Taiz, L. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: Editora Artmed. 6, 731-759.
- Bolker, B., Skaug, H. & Laake, J. (2020). R2admb: 'ADMB' to R Interface Functions. R package version 0.7.16.2.

- Burkle, L.A., & Runyon, J.B. (2016). Drought and leaf herbivory influence floral volatiles and pollinator attraction. *Global Change Biology*, 22(4), 1644-1654.
- Campbell, L.G., Luo, J. & Mercer, K.L. (2012). Effect of water availability and genetic diversity on flowering phenology, synchrony and reproductive investment in summer squash. *Journal of Agricultural Science*, 151, 775–786.
- Cariveau, D., Irwin, R.E., Brody, A. K., Garcia-Mayeya, L.S. & Von Der Ohe, A. (2004). Direct and indirect effects of pollinators and seed predators to selection on plant and floral traits. *Oikos*, 104(1), 15-26.
- Ceccarelli, S. & Grando, S. (1996) Drought as a challenge for the plant breeder. *Plant Growth Reg*, 20, 149-155.
- Chiarello, N.R. & Gulmon, S.L. (1991) Stress effects on plant reproduction. Em: Mooney, H.A., Winner, E.W. & Pell, E.J. *Responses of Plants to Multiple Stresses*. Academic Press, New York, 162–188.
- Cnaani, J., Thomson, J.D. & Papaj, D.R. (2006). Flower choice and learning in foraging bumblebees: effects of variation in nectar volume and concentration. *Ethology* 112, 278–285.
- Cushman, J.C. (2001). Osmoregulation in plants: implications for agriculture. *American Zoologist*, 41, 758-769.
- De la Berra, E. & Nobel, P.S. (2004) Nectar: properties, floral aspects and speculations on origin. *Trends in Plant Science*, 9, 65–69.
- Delignette-Muller, M.L. & Dutang, C. (2015). Fitdistrplus: An R package for fitting distributions. *Journal of Statistical Software*, 64, 1–34.
- Descamps, C., Quinet, M., Baijot, A. & Jacquemart, A.L. (2018). Temperature and water stress affect plant–pollinator interactions in *Borago officinalis* (Boraginaceae). *Ecology and Evolution*, 8(6), 3443-56.
- Descamps, C., Marée, S., Hugon, S., Quinet, M. & Jacquemart, A.L. (2020). Species-specific responses to combined water stress and increasing temperatures in two bee-pollinated congeners (*Echium*, Boraginaceae). *Ecology and Evolution*, 10(13), 6549-61.
- Dmitruk, M. & Weryszko-Chmielewska, E. (2013). The morphology and ultrastructure of the nectaries of marrow (*Cucurbita pepo* L. convar. giromontiina). *Acta Agrobotanica*, 66(3), 11–22.
- Dutang, C., Goulet, V. & Pigeon, M. (2008). actuar: An R Package for Actuarial Science. *Journal of Statistical Software*, 25(7), 1-37.

- Eisikowitch, D. & Woodell, S.R.J. (1975). Some aspects of pollination ecology of *Armeria Maritima* (Mill.) Willd. in Britain. *New Phytologist*, 74, 307–322.
- Filgueira, F.A.R. (2003). Novo manual de olericultura. 2ª edição, Viçosa-MG, Editora UFV.
- Fournier, D.A., Skaug, H.J., Ancheta, J., Ianelli, J., Magnusson, A., Maunder, M., Nielsen, A. & Sibert, J. (2012). AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optimization Methods and Software*, 27, 233-249.
- Fox, J. & Weisberg, S. (2019). An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage.
- Free, J.B. (1993). Insect pollination of crops. Second Edition. London: Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers, 684.
- Frigero, M.L.P., Balduino, H.K., Leite, K.M., Tunes, P., Boaro, C.S.F., Machado, S.R. & Guimarães, E. (2022). Nectary size and nectar production in pistillate and staminate flowers of *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae). *The International Journal of Plant Reproductive Biology*, 14(1), 23.
- Galen, C. (1999). Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *BioScience* 49, 631–640.
- Galen, C. (2005). It never rains but then it pours: the diverse effects of water on flower integrity and function. Em: *Reproductive allocation in plants*. Academic Press, 77-95.
- García, D. & Chacoff, N.P. (2007). Scale-dependent effects of habitat fragmentation on hawthorn pollination, frugivory, and seed predation. *Conservation Biology*, 21(2), 400-11.
- Garnier, S., Ross, N., Rudir, R., Camargo, A.P., Sciaini, M. & Scherer, C. (2021). Rvision - Colorblind-Friendly Color Maps for R. R package version 0.6.2.
- Gay, G., Kerhoas, C. & Dumas, C. (1987). Quality of a stress-sensitive *Cucurbita pepo* L. pollen. *Planta*, 171, 82-87.
- Glenny, W.R., Runyon, J.B. & Burkle, L.A. (2018). Drought and increased CO₂ alter floral visual and olfactory traits with context-dependent effects on pollinator visitation. *New Phytologist*, 220(3), 785-98.
- Horticeres Sementes. (2020/2021). Catálogo complete. Disponível em: <https://www.horticeres.com.br/catalogos/> . Acesso em: 03/11/2022

- IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Valor da produção, Quantidade produzida, Estabelecimentos, Maior produtor. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abobrinha/br...l>>. Acesso em: 17/06/2022.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Em: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 3–32.
- Kearns, C.A. & Inouye, D.W. (1993). Techniques for pollination biologists. University press of Colorado.
- Krimer-Malešević, V., Mađarev-Popović, S., Vaštag, Ž., Radulović, L., & Peričin, D. (2011). Phenolic acids in pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds. Em: Nuts and seeds in health and disease prevention. Academic Press, 925-932.
- Kuppler, J. & Kotowska, M.M. (2021). A meta-analysis of responses in floral traits and flower–visitor interactions to water deficit. *Global Change Biology*.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B. & Christensen, R.H.B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26.
- Lauder, J.D., Moran, E.V., & Hart, S.C. (2019). Fight or flight? Potential tradeoffs between drought defense and reproduction in conifers. *Tree physiology*, 39(7), 1071-1085.
- Lemoine, R., Camera, S. L., Atanassova, R., Dédaldéchamp, F., Allario, T., Pourtau, N., Bonnemain, J.L., Laloi, M., Coutos-Thévenot, P., Maurosset, L., Facuher, M., Girusse, C., Lemonnier, L., Parrilla, J. & Durand, M. (2013). Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. *Frontiers in plant science*, 4, 272.
- Lenth, R.V. (2022). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.7.2.
- Mantovani, E.C., Bernardo, S. & Palaretti, L.F. (2009). Irrigação, princípios e métodos. Editora UFV, 3, 355.
- Menezes, N.L. (1994). Fatores que afetam a expressão sexual em plantas de pepino. *Ciência rural*, 24(1), 209-215.

- Mesihovic, A., Iannacone, R., Firon, N., & Fragkostefanakis, S. (2016). Heat stress regimes for the investigation of pollen thermotolerance in crop plants. *Plant Reproduction*, 29, 93–105.
- Muñoz, A., Neghme, C.L., Cavieres, L. & Kalin, M. (2005). Bottom-up effects of nutrient availability on flower production, pollinator visitation, and seed output in a high-Andean shrub. *Oecologia*, 143, 126-35.
- Nam, N.H., Chauhan, Y.S. & Johansen, C. (2001). Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short duration pigeon pea lines. *The Journal of Agricultural Science*, 136, 179–189.
- Nepi, M., Pacini, E. (1993). Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, 72(6), 527-536
- Nepi M., Guarnieri, M. & Pacini, E. (2001). Nectar secretion, reabsorption and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. *International Journal of Plant Sciences*, 162, 353–358.
- Pacini, E. & Dolferus, R. (2019). Pollen Developmental Arrest: Maintaining Pollen Fertility in a World With a Changing Climate. *Frontiers in Plant Science*, 10, 679.
- Passarelli, L. (2002). Importancia de *Apis mellifera* L. en la producción de *Cucurbita maxima* Duch. (Zapallito de tronco). *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 17(1), 5-14.
- Passioura J.B. (1996). Drought and drought tolerance. *Plant Growth Reg*, 20, 79–83.
- Peñuelas, J., & Filella, I. (2001). Responses to a warming world. *Science*, 294(5543), 793-795.
- Phillips, B.B., Shaw, R.F., Holland, M.J., Fry, E.L., Bardgett, R.D., Bullock, J.M. & Osborne, J.L. (2018). Drought reduces floral resources for pollinators. *Global Change Biology*, 24, 3226–3235.
- Ramos, S.R.R, Lima, N.R.S, Anjos, J.L, Carvalho, H.W.L, Oliveira, I.R, Sobral, L.F & Curado, F.F. (2010). Aspectos técnicos do cultivo da abobora na região nordeste do Brasil. *Embrapa tabuleiros costeiros*, 29. Em: Embrapa tabuleiros, Documento 154.
- Rapoport, H.F., Pérez-López, D., Centeno, A., Vega Macías, V., Hidalgo Moya, J.J., & Hidalgo Moya, J.C. (2019). Floral developmental failures and ovary size variability in field-grown olive trees under water deficit. IX International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops, Italy.

- 1 R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R
2 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [https://www.R-](https://www.R-project.org/)
3 [project.org/](https://www.R-project.org/).
- 4 Sarkar, D. (2008). Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York.
- 5 Serra, B. D. & Campos, L. A. D. O. (2010). Polinização entomófila de abobrinha,
6 *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). Neotropical Entomology, 39, 153-159.
- 7 Sun, J., Gong, Y., Renner, S.S. & Huang, S. (2008). Multifunctional bracts in the Dove
8 Tree *Davidia involucrata* (Nyssaceae: Cornales): rain protection and pollinator
9 attraction. The American Naturalist 171, 119–124.
- 10 Stiles F. G. (1992) Effects of a severe drought on the population biology of a tropical
11 hummingbird. Ecology 73, 1375–1390.
- 12 Torezani, K., Pires, C.; Laumann, R. & Sujii, E. (2015). Diversidade de abelhas em
13 cultura de aboboreira *Cucurbita pepo* L. no Distrito Federal: influência do sistema
14 de produção e da paisagem. Resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia
15 – Belém/PA, 10.
- 16 Venables, W.N. & Ripley, B.D. (2002). Modern Applied Statistics with S. Fourth
17 Edition. Springer, New York.
- 18 Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Springer-Verlag New
19 York.
- 20 Wickham, H., François, R., Henry, L. & Müller, K. (2021). dplyr: A Grammar of Data
21 Manipulation. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- 22 Wickham, H. (2022). forcats: Tools for Working with Categorical Variables (Factors).
23 R package version 0.5.2. <https://CRAN.R-project.org/package=forcats>
- 24 Willmer, P. (2011). Pollination and floral ecology. Princeton University Press.
- 25 Wilson Rankin, E.E., Barney, S.K., & Lozano, G.E. (2020). Reduced water negatively
26 impacts social bee survival and productivity via shifts in floral nutrition. Journal of
27 Insect Science, 20(5), 15.

et al., 2019). Para a abobrinha italiana, este cenário afetaria sua produção de 158.518 toneladas e sua receita de mais de R\$ 133.284 milhões de reais (IBGE, 2017).

De maneira geral, flores estaminadas sofreram maiores alterações com as mudanças no regime hídrico. Já em flores pistiladas, vimos respostas apenas em situações extremas, como as simuladas pelo tratamento [SE]. Em condições de redução do regime hídrico, a junção das mudanças nos miligramas totais de açúcares, encontradas nesse capítulo, e a diminuição na quantidade de flores produzidas durante a floração (Capítulo 1) evidenciam uma potencial redução na disponibilidade calórica aos polinizadores de *C. pepo* por hectare cultivável. Neste cenário, as taxas de polinização podem ser comprometidas como consequência dessa mudança na atração dos polinizadores dessa espécie. A não manutenção do forrageamento desses animais neste cenário de escassez hídrica pode levar a diminuição da biodiversidade, afetando a produção de alimento e causar declínios ainda mais acentuados dos polinizadores na região. Seria importante aprofundarmos nossos estudos para averiguar se, de fato, estas mudanças causam alterações no comportamento dos polinizadores de *C. pepo*, investigando possíveis problemas futuros adicionais relacionados às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, H.G. & Baker, I. (1983). Floral nectar sugar constituents in relation to pollinator type. Em: Jones, C.E., Handbook of Experimental Pollination Biology. Van Nostrand-Reinhold, New York
- Baptista, C.F. (2016). Polinização de *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae) por *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em cultivo protegido. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. Journal of Statistical Software, 67(1), 1-48.
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J. & Kunin, W.E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science, 313(5785), 351-4.
- Blumwald, E. & Mittler, R. Estresse abiótico. 2017. Em: Taiz, L. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: Editora Artmed. 6, 731-759.

- Bolker, B., Skaug, H. & Laake, J. (2020). R2admb: 'ADMB' to R Interface Functions. R package version 0.7.16.2.
- Carroll, A.B., Pallardy, S.G. & Galen, C. (2001). Drought stress, plant water status, and floral trait expression in fireweed, *Epilobium angustifolium* (Onagraceae). *American Journal of Botany*, 88(3), 438-446.
- Chiarello, N.R. & Gulmon, S.L. (1991) Stress effects on plant reproduction. Em: Mooney, H.A., Winner, E.W. & Pell, E.J. Responses of Plants to Multiple Stresses. Academic Press, New York, 162–188.
- Delignette-Muller, M.L. & Dutang, C. (2015). Fitdistrplus: An R package for fitting distributions. *Journal of Statistical Software*, 64, 1–34.
- Dicks, L.V., Baude, M., Roberts, S.P., Phillips J., Green, M. & Carvell, C. (2015). How much flower-rich habitat is enough for wild pollinators? Answering a key policy question with incomplete knowledge. *Ecology Entomology*, 40, 22–35.
- Dmitruk, M. & Weryszko-Chmielewska, E. (2013). The morphology and ultrastructure of the nectaries of marrow (*Cucurbita pepo* L. convar. giromontiina). *Acta Agrobotanica*, 66(3), 11–22.
- Dutang, C., Goulet, V. & Pigeon, M. (2008). actuar: An R Package for Actuarial Science. *Journal of Statistical Software*, 25(7), 1-37.
- Fournier, D.A., Skaug, H.J., Ancheta, J., Ianelli, J., Magnusson, A., Maunder, M., Nielsen, A. & Sibert, J. (2012). AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. *Optimization Methods and Software*, 27, 233-249.
- Fox, J. & Weisberg, S. (2019). An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition. Thousand Oaks CA: Sage.
- Frigero, M.L.P., Balduino, H.K., Leite, K.M., Tunes, P., Boaro, C.S.F., Machado, S.R. & Guimarães, E. (2022). Nectary size and nectar production in pistillate and staminate flowers of *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae). *The International Journal of Plant Reproductive Biology*, 14(1), 23.
- Galen, C. (1999). Why do flowers vary? The functional ecology of variation in flower size and form within natural plant populations. *Bioscience*, 49, 631–640.
- Galen C. (2005). It never rains but then it pours: the diverse effects of water on flower integrity and function. Em: Reproductive allocation in plants. Academic Press, 77-95.

- Galetto L. & Bernardello, G. (2004). Floral nectaries, nectar production dynamics and chemical composition in six *Ipomoea* species (Convolvulaceae) in relation to pollinators. *Annals of Botany*, 94, 269-280.
- Galetto, L. & Bernardello, G. (2005). Nectar. Em: Dafni, A., Kevan, P. & Husband, B. C. *Practical Pollination Biology*, Enviroquest, Cambridge, Ontario, Canada, 261-313.
- Galetto, L. (2009). Nectary and Nectar Features: Occurrence, Significance, and Trends in Bignoniaceae. *The International Journal of Plant Reproductive Biology*, 1(2), 121-132.
- Gallagher, M.K. & Campbell, D.R. (2017). Shifts in water availability mediate plant–pollinator interactions. *New Phytologist*, 215(2), 792-802.
- García, D. & Chacoff, N.P. (2007). Scale-dependent effects of habitat fragmentation on hawthorn pollination, frugivory, and seed predation. *Conservation Biology*, 21(2), 400-11.
- Giannini, T.C., Cordeiro, G.D., Freitas, B.M., Saraiva, A.M. & Imperatriz-Fonseca, V.L. (2015). The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 849-57.
- Giannini, T.C., Costa, W.F., Cordeiro, G.D., Imperatriz-Fonseca, V.L., Saraiva, A.M., Biesmeijer, J. & Garibaldi, L.J. (2017). Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *PLOS ONE*, 12(8), e0182274.
- Glenny, W. R., Runyon, J. B. & Burkle, L. (2018). Drought and increased CO₂ alter floral visual and olfactory traits with context-dependent effects on pollinator visitation. *New Phytologist*, 220(3), 785-798
- Heil, M. (2011). Nectar: generation, regulation and ecological functions. *Trends Plant Science*, 16, 191-200.
- IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Valor da produção, Quantidade produzida, Estabelecimentos, Maior produtor. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abobrinha/br>>. Acesso em: 17/06/2022.
- IPBES. (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V.L. & Ngo, H.T. (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages.

- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. Em: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 3–32.
- Katzer, A.M., Wessinger, C.A. & Hileman, L.C. (2019). Nectary size is a pollination syndrome trait in *Penstemon*. *New Phytologist*, 223(1), 377-384.
- Kuppler, J. & Kotowska, M.M. (2021). A meta-analysis of responses in floral traits and flower–visitor interactions to water deficit. *Global Change Biology*.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B. & Christensen, R.H.B. (2017). lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82(13), 1-26.
- Lauder, J.D., Moran, E.V., & Hart, S.C. (2019). Fight or flight? Potential tradeoffs between drought defense and reproduction in conifers. *Tree physiology*, 39(7), 1071-1085.
- Lenth, R.V. (2022). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.7.2.
- Liao, I.T., Rifkin, J.L., Cao, G. & Rausher, M.D. (2021). Modularity and selection of nectar traits in the evolution of the selfing syndrome in *Ipomoea lacunosa* (Convolvulaceae).
- Muñoz, A., Neghme, C.L., Cavieres, L. & Kalin, M. (2005). Bottom-up effects of nutrient availability on flower production, pollinator visitation, and seed output in a high-Andean shrub. *Oecologia*, 143, 126-35.
- Nam, N.H., Chauhan, Y.S. & Johansen, C. (2001). Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short duration pigeon pea lines. *The Journal of Agricultural Science*, 136, 179–189.
- Nepi, M. & Pacini, E. (1993). Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, 72(6), 527-536
- Nepi, M., Pacini, E. & Willemse, M. T. T. (1996a). Nectar biology of *Cucurbita pepo*: ecophysiological aspects. *Acta Botanica Neerlandica*, 45, 41-54.
- Nepi, M., Ciampolini, F. & Pacini, E. (1996b). Development and ultrastructure of *Cucurbita pepo* nectaries of male flowers. *Annals of Botany*, 78, 95-104.

- Nepi, M., Guarnieri, M. & Pacini, E. (2001). Nectar secretion, reabsorption and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. International Journal of Plant Sciences, 162, 353–358.
- Nepi, M. & Stpiczynska, M. (2008). Do plants dynamically regulate nectar features through sugar sensing? Plant Signal Behavior, 3(10), 874-6.
- Nicolson, S.W., Nepi, M. & Pacini, E. (2007). Nectaries and Nectar. Netherlands, Springer, 408.
- Nicolson, S.W. & Thornburg, R.W. (2007). Nectar chemistry, 215 – 264. Em: Nicolson, S.W., Nepi, M. & Pacini, E. Nectaries and Nectar. Netherlands, Springer, 408.
- Nicolson, S.W. & Human, H. (2008). Bees get a head start on honey production. Biology Letters. 4, 299-301.
- Pacini, E., Nepi, M. & Vesprini, J.L. (2003). Nectar biodiversity: a short review. Plant Systematics and Evolution, 238, 7-21.
- Pacini, E. & Nicolson, S.W. (2007). Introduction, 1-18. Em Nicolson, S. W., Nepi, M. & Pacini, E. Nectaries and Nectar. Netherlands, Springer, 408.
- Passioura J.B. (1996). Drought and drought tolerance. Plant Growth Reg, 20, 79–83.
- Phillips, B.B., Shaw, R.F., Holland, M.J., Fry, E.L., Bardgett, R.D., Bullock, J.M. & Osborne, J.L. (2018). Drought reduces floral resources for pollinators. Global Change Biology, 24, 3226–3235.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sarkar, D. (2008). Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York.
- Serra, B.D. & Campos, L.A.D.O. (2010). Polinização entomófila de abobrinha, *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). Neotropical Entomology, 39, 153-159.
- Silveira, G.S.R. & Carvalho, S.P. (2022) Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais - EMATER-MG. Cultura da abobrinha-italiana. Disponível em: <<https://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/cultura%20da%20abobrinha-italiana.pdf>>. Acesso: 02/08/2022
- Solhaug, E.M., Roy, R., Chatt, E.C., Klinkenberg, P.M., Mohd-Fadzil, N.A., Hampton, M., Nikolau, B.J., Carter, C.J. (2019). An integrated transcriptomics and metabolomics analysis of the *Cucurbita pepo* nectary implicates key modules of

- primary metabolism involved in nectar synthesis and secretion. *Plant Direct*, 3 (2), 1–13.
- Stahl, J.M., Nepi, M., Galetto, L., Guimarães, E. & Machado, S.R. (2012). Functional aspects of floral nectar secretion of *Ananas ananassoides*, an ornithophilous bromeliad from the Brazilian savanna. *Annals of Botany*, 109(7), 1243-1252.
- Tylianakis, J.M., Didham, R.K., Bascompte, J. & Wardle, D.A. (2008). Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11, 1351-1363.
- Venables, W.N. & Ripley, B.D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York.
- Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- Wolowski, M., Agostini, K., Rech, A.R., Varassin, I.G., Maués, M., Freitas, L., Carneiro, L.T., Bueno, R. De O., Consolaro, H., Carvalheiro, L., Saraiva, A.M. & Silva, C.I. (2019). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. São Carlos: Editora Cubo.
- Wray, J.C., Neame, L.A. & Elle, E. (2014). Floral resources, body size, and surrounding landscape influence bee community assemblages in oaksavannah fragments. *Ecology Entomology*, 39, 83–93.
- Wyatt, R., Broyles, S.B. & Derda, G.S. (1992). Environmental influences on nectar production in milkweeds (*Asclepia syriaca* and *A. exaltata*). *American Journal of Botany*, 79, 636–642.

1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

2
3 Reduções drásticas no regime hídrico causaram alterações em diversos
4 caracteres vegetais de *C. pepo*, mas não naqueles diretamente ligados à reprodução de
5 espécie, como nas estruturas portadoras dos gametas. Portanto, não observamos efeitos
6 da seca na produção de grãos de pólen e óvulos de *C. pepo*. Em um cenário de seca
7 extrema, como o simulado pelo tratamento [SE], há menores quantidades de flores
8 pistiladas e estaminadas produzidas durante toda a floração da abobrinha, sendo as
9 pistiladas mais afetadas quando comparadas às estaminadas. Quase metade dos
10 indivíduos do tratamento de seca extrema [SE] não produziram flores pistiladas, o que
11 pode impactar a produção de frutos e a capacidade da planta de deixar descendentes.
12 Podemos pensar que, em área de cultivo, neste cenário de redução da pluviosidade, seria
13 necessário irrigação mais frequente para manter a produtividade, o que pode levar a
14 questões relacionadas à escassez de água e aumento de custo da produção.

15 Já as características do néctar de flores estaminadas sofreram maiores alterações
16 do que as de flores pistiladas, que apresentaram respostas apenas no tratamento de seca
17 extrema [SE]. O volume, concentração e miligramas totais de açúcar presentes no néctar
18 foram os mais afetados pela redução no regime hídrico, embora tenhamos observado
19 também alterações no tamanho de seus nectários. Menores quantidades de açúcares
20 totais presentes no néctar, analisados juntamente com os resultados do Capítulo 1 sobre
21 o total de flores abertas durante a floração de *C. pepo* indicam uma potencial redução na
22 disponibilidade calórica aos polinizadores dessa espécie vegetal, por hectare cultivável.
23 A diminuição do aporte calórico contido no néctar pode comprometer a atração dos
24 polinizadores da abobrinha, afetando não só a reprodução de espécie, e
25 consequentemente sua produção de frutos, mas também causando um declínio dos
26 polinizadores na região ocasionado por mudanças no recurso floral coletado por eles.

27 Consideramos de importância geral estudos como este para preenchimento de
28 lacunas no conhecimento científico, permitindo um maior entendimento de como as
29 mudanças climáticas, principalmente crescentes períodos de seca, irão impactar nossos
30 ecossistemas e seus processos. Maior entendimento desses efeitos pode auxiliar na
31 criação de diretrizes e políticas públicas capazes de mitigar os efeitos das mudanças
32 climáticas, sejam eles econômicos, sociais, culturais ou ambientais.