



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO
MESTRADO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

RAFAEL MAIA RODRIGUES

FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE HERBÁCEAS E
ARBUSTO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO

MOSSORÓ – RN

2019

RAFAEL MAIA RODRIGUES

FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE HERBÁCEAS E
ARBUSTO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO

Dissertação de mestrado apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e
Conservação da Universidade Federal Rural do
Semi-Árido como requisito para obtenção do
título de Mestre em Ecologia e Conservação.

Linha de Pesquisa: Ecologia e Conservação de
Ecossistemas Terrestres

Orientador: Michael Hrnčíř, Prof. Dr.

Coorientadora: Camila Maia-Silva, Prof.^a Dra.

MOSSORÓ-RN

2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R696f Rodrigues, Rafael Maia.
FENOLOGIA DA FLORAÇÃO E BIOLOGIA DA
POLINIZAÇÃO DE HERBÁCEAS E ARBUSTO EM ÁREA DE
RESTAURAÇÃO AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO / Rafael Maia
Rodrigues. - 2019.
49 f. : il.

Orientador: Michael HRNCIR.
Coorientadora: Camila Maia-Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Ecologia e Conservação, 2019.

1. Caatinga. 2. Fenologia floral. 3.
Polinizadores. I. HRNCIR, Michael , orient. II.
Maia-Silva, Camila , co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RAFAEL MAIA RODRIGUES

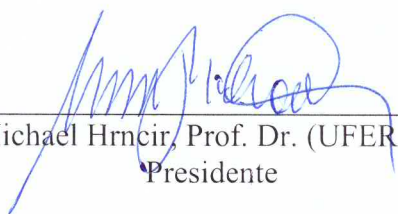
ATRATIVIDADE E VISITANTES FLORAIS DE ESPÉCIES DO ESTRATO
HERBÁCEO/ARBUSTIVO EM UMA ÁREA URBANA EM ESTÁGIO INICIAL DE
RESTAURAÇÃO AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO

Dissertação de mestrado apresentado ao
Programa de Pós-Graduação em Ecologia
e Conservação da Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Mestre em Ecologia
e Conservação.

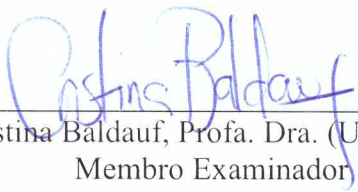
Linha de Pesquisa: Ecologia e
Conservação de Ecossistemas Terrestres

Defendida em: 22/03/2019.

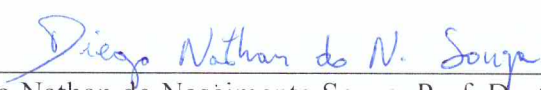
BANCA EXAMINADORA



Michael Hrnecir, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Cristina Baldauf, Profa. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador



Diego Nathan do Nascimento Souza, Prof. Dr. (UERN)
Membro Examinador

RESUMO

A polinização representa um dos processos mais importantes para os ecossistemas, por isso é considerada um serviço ecossistêmico indispensável para a sobrevivência dos seres vivos. Seu declínio pode levar a diminuição da oferta de alimentos para os animais e, conseqüentemente, a um efeito em cascata, influenciando a dinâmica das populações e podendo comprometê-las consideravelmente. As informações sobre a disponibilidade de flores e a ação dos polinizadores podem fornecer subsídios importantes aos programas de recuperação ambiental. Este estudo teve como objetivo investigar quais espécies são mais atrativas para os visitantes florais em uma área urbana em estágio inicial de recuperação no município de Mossoró - RN, Nordeste do Brasil. O estudo foi realizado no Campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado na Avenida Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva - Mossoró - RN. As observações da floração foram realizadas em uma área de aproximadamente 0,5 ha no campus oeste da UFERSA, com vegetação predominante herbácea. Foram selecionados aleatoriamente 10 indivíduos de cada espécie que ocorreu naturalmente dentro ou no entorno de 10 parcelas de 1m². O monitoramento das espécies ocorreu quinzenalmente, no período entre março de 2017 a fevereiro 2018, para a fenologia floral. Foi determinado o período de ocorrência e intensidade da floração das espécies e a janela térmica para cada espécie vegetal, que determinou o intervalo de temperatura que cada espécie vegetal recebeu os visitantes florais. Foi observado um total de 11 espécies vegetais, sendo 10 herbáceas e um arbusto, distribuídos em cinco famílias e em nove gêneros diferentes. Todas as espécies apresentaram floração de forma sazonal com todos os indivíduos apresentando flores e botões florais em um período do ano. A floração das espécies ocorreu entre os meses de em todos os meses do estudo. A floração esteve correlacionada principalmente com as precipitações do mês atual e com precipitação do mês anterior. As cinco espécies vegetais que receberam mais visitas (*Passiflora foetida* L., *Boerhavia diffusa* L., *Merremia aegyptia* (L.) Urb., *Neptunia plena* (L.) Benth. e *Turnera subulata* Sm.) foram responsáveis por mais de 92% do total de toda as visitas observadas no estudo. Essas visitas ocorreram em um intervalo de 21°C a 33°C entre todas as espécies com pico de visitas entre 23,5°C e 27,7°C com pequenas variações entre as espécies. Foram encontradas nove espécies de visitantes florais distribuídas em três ordens diferentes: Himenóptera, Lepidóptera e Díptera, com principal grupo de visitantes florais, em número de espécies e quantidade de visitas foi o das abelhas. Essas visitas estiveram correlacionadas com as temperaturas máximas e médias, com a umidade relativa do ar máxima e média, com a riqueza de visitantes, riquezas de plantas e com as precipitações do mês atual e do mês anterior. Para as temperaturas o Coeficiente de Correlação de Spearman foi negativo para a temperatura máxima em relação a quantidade de flores.

Palavras-chave: Caatinga. Fenologia floral. Polinizadores.

ABSTRACT

Pollination is one of the most important processes for ecosystems, for example, it is an essential right for the survival of living beings. Your decline should take a reduction of the food of the animals and, consequently, one effect in cascade, influencing dynamically the distant and containingting the las pretty. Information about the availability of flowers and the action of pollinators can provide important subsidies to environmental recovery programs. The objective of this study was to investigate which species are most attractive to floral visitors in an urban area at an early stage of recovery in the municipality of Mossoró - RN, Northeast Brazil. The study was carried out at the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA) Campus, located at Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva - Mossoró - RN. Flowering observations were carried out in an area of approximately 0.5 ha on the west campus of UFERSA, with predominant herbaceous vegetation. We randomly selected 10 individuals from each species that occurred naturally within or around 10 plots of 1m². The monitoring of the species occurred biweekly, in the period between March 2017 and February 2018, for floral phenology. It was determined the period of occurrence and intensity of flowering of the species and the thermal window for each plant species, which determined the temperature range that each plant species received floral visitors. 11 plant species were observed, being 10 herbaceous and one shrub, distributed in five families and in nine different genera. All species showed seasonal flowering with all individuals presenting flowers and floral buds at one time of the year. Flowering of the species occurred between the months of in all months of the study. The flowering was correlated mainly with the precipitations of the current month and with precipitation of the previous month. The five plant species that received the most visits (*Passiflora foetida* L., *Boerhavia diffusa* L., *Merremia aegyptia* (L.) Urb., *Neptunia plena* (L.) Benth. And *Turnera subulata* Sm.) Accounted for more than 92% of total number of visits observed in the study. These visits occurred in a range of 21 ° C to 33 ° C among all species with peak visits between 23.5 ° C and 27.7 ° C with small variations between species. Nine species of floral visitors were found distributed in three different orders: Himenóptera, Lepidóptera and Díptera, with main group of floral visitors, in number of species and number of visits was the bees. These visits were correlated with the maximum and average temperatures, the relative humidity of the maximum and average air, with the richness of visitors, riches of plants and with the precipitations of the current month and the previous month. For temperatures, Spearman's Correlation Coefficient was negative for the maximum temperature in relation to the number of flowers.

Keywords: Caatinga. Floral Phenology. Pollinators.

SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO GERAL.....	8
REFERÊNCIAS.....	11
Capítulo 1: Fenologia da floração de herbáceas e arbusto em uma área urbana no semiárido brasileiro.....	13
1.1 INTRODUÇÃO.....	14
1.2 METODOLOGIA.....	16
1.3 RESULTADOS.....	19
1.4 DISCUSSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	27
Capítulo 2: Visitantes florais de herbáceas e arbusto em uma área em estágio inicial de restauração no semiárido brasileiro.....	30
2.1 INTRODUÇÃO.....	31
2.2 METODOLOGIA.....	33
2.3 RESULTADO.....	35
2.4 DISCUSSÃO.....	43
REFERÊNCIAS.....	47
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49

INTRODUÇÃO GERAL

O Cretáceo (145-65 ma) marca o período de irradiação do principal grupo vegetal do planeta, as angiospermas (plantas com flores). Durante os primeiros milhões de anos desse período as angiospermas permaneceram relativamente raras. Em seguida, houve um aumento impressionante do domínio ecológico deste grupo, sendo até os dias atuais o grupo vegetal dominante (CRANE et al., 1995; FRIIS et al., 2006).

Uma das possíveis explicações para esse crescimento foi o surgimento de inovações que possibilitou grande quantidade de interações com outros organismos, como as primeiras parcerias entre angiospermas e insetos polinizadores (FRIIS et al., 2006). Essa interação teve início devido o surgimento de estruturas reprodutivas produtoras de pólen e néctar, tornando possíveis várias interações com os diferentes grupos de insetos que foram importantes na irradiação das angiospermas (FRIIS et al., 2006; HU et al., 2008), e no surgimento de novos organismos, como as abelhas, que tiveram origem no mesmo período geológico (MICHENER; GRIMALDI, 1988).

Tanto o pólen como o néctar são recursos importantes para os polinizadores, pois são fonte de carboidratos (néctar) e proteínas (pólen), componentes indispensáveis da dieta desses organismos (CORBET et al., 1991). Ao visitarem várias flores para a coleta desses recursos esses organismos acabam promovendo a polinização (CORBET et al., 1991), sendo indispensável para a reprodução desse grupo vegetal. A polinização pode ocorrer por meio de fatores abióticos como o vento e a água, mas na grande maioria das vezes ocorre pela ação de insetos, sendo as abelhas o principal grupo polinizador (WITTER et al., 2014). Estima-se que as abelhas sejam responsáveis pela polinização de 40 a 90% dos vegetais, sendo indispensável pela reprodução vegetal da maioria das plantas em praticamente todos os ambientes terrestres (OLLERTON et al., 2011)

Por serem os principais polinizadores de plantas do planeta, as abelhas desempenham um papel muito importante para o estabelecimento da vida na grande maioria dos ecossistemas terrestres, pois elas são essenciais para a reprodução da maioria das espécies de plantas com flores (KLEIN et al., 2007). A produção de sementes, nozes, bagas e frutos são altamente dependentes da polinização (KLEIN et al., 2007). Estes recursos, por sua vez, são muito importantes, como fonte de alimento para os animais (KLEIN et al., 2007; BRADBPEAR, 2009). Portanto, a manutenção *bottom-up* das funcionalidades ecológicas de muitos ecossistemas terrestres depende da preservação das

populações de polinizadores. Na ausência deles, a reprodução da maioria dos elementos da flora estaria bastante limitada (MICHENER, 2000).

Devido ao serviço de polinização, as abelhas são importantes não apenas para ecossistemas naturais, mas também para a agricultura. Grande parte dos cultivos comerciais aumentam a produtividade e a qualidade das safras na presença desses organismos (SLAA et al., 2006). Um estudo realizado por Kevan e Phillips (2001) estima que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas no planeta dependem da polinização realizada por alguma espécie de abelha. Estima-se que o valor econômico da polinização agrícola realizados por polinizadores no planeta é de US\$172 bilhões/ano (WITTER et al., 2014). No Brasil, a contribuição econômica dos polinizadores é aproximadamente US\$12 bilhões do valor anual da produção agrícola (GIANNINI et al., 2015).

Mesmo com essa importância econômica e ambiental, nas últimas décadas tem havido declínio de espécies importantes para a polinização, principalmente de abelhas (GOULSON et al., 2015). Essa perda de biodiversidade de polinizadores está associada a fatores como a diminuição dos recursos florais devido à degradação do hábitat, perda de locais para nidificação, parasitas emergentes, patógenos movidos acidentalmente entre os diferentes locais do planeta por ação antrópica e o uso excessivo de pesticidas (POTTS et al., 2010; GOULSON et al., 2015). As estratégias atuais para mitigar a queda de polinizadores se concentra principalmente no aumento dos recursos florais (GOULSON et al., 2015), uma das principais medidas para promover o aumento de espécies raras, aliviando a influência de fatores negativos sobre esses indivíduos (SYDENHAM et al., 2017).

O aumento da disponibilidade de recursos florais nativos também tem efeito positivo sobre a produtividade daqueles plantios agrícolas que dependem da presença de polinizadores (KLEIN et al., 2007; MORANDIN; KREMEN, 2013a, 2013b). O aumento de plantas nativas no entorno das plantações resulta em um aumento da diversidade e riqueza de abelhas e outros polinizadores atraídos por esses recursos florais (MORANDIN; KREMEN, 2013a). Os cultivos se beneficiam desses visitantes florais das plantas nativas, que acabam polinizando também as plantas do cultivo próximas aos recursos nativos, promovendo assim o aumento da produção agrícola (MORANDIN; KREMEN, 2013b; PIRES et al., 2014).

Em ecossistemas terrestres altamente impactadas por ações antrópicas, tais como a Caatinga na região nordeste do Brasil (LEAL et al., 2003), a escassez de vegetação nativa pode ter um impacto negativo tanto sobre a manutenção das funcionalidades ecológicas

como sobre a produção agrícola. Com isso, estudos que avaliam quais as plantas que atraem polinizadores para uma determinada área (BAUDE et al., 2016; HICKS et al., 2016) podem fornecer informações importantes para planos de melhoramento ambiental que visam aumentar os serviços de polinização. Portanto, o objetivo desta dissertação foi investigar quais as espécies mais atrativas para os visitantes florais em uma área urbana em estágio inicial de recuperação no município de Mossoró - RN, Nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

- BAUDE, M.; KUNIN, W.E.; BOATMAN, N.D.; CONYERS, S.; DAVIES, N.; GILLESPIE, M.A.K.; MORTON, R.D.; SMART, S.M.; MEMMOTT, J. Historical nectar assessment reveals the fall and rise of floral resources in Britain. **Nature**, v.530, p. 85-88, 2016, DOI: 10.1038/nature16532.
- BRADBPEAR, N. **Bees and Their Role in Forest Livelihoods: A Guide to the Services Provided by Bees and the Sustainable Harvesting, Processing and Marketing of Their Products**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. Print.
- CORBET, S.A.; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J.L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, v.72, n.2, p.47-59, 1991, DOI: org/10.1080/0005772X.1991.11099079.
- CRANE, P.R.; FRIIS, E.M.; PEDERSEN, K.R. The origin and early diversification of angiosperms. **Nature**, v.374, p.27-33, 1995, DOI: 10.1038/374027a0.
- FRIIS, E.M.; PEDERSEN, K.R.; CRANE, P.R. Cretaceous angiosperm flowers: innovation and evolution in plant reproduction. *Palaeogeogr. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.232, p.251-293, 2006, DOI: org/10.1016/j.palaeo.2005.07.006.
- GIANNINI, T.C.; CORDEIRO, G.D.; FREITAS, B.M.; SARAIVA, A.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v.108, p.849-857, 2015, DOI: 10.1093/jee/fov093.
- GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTÍAS, C., ROTHERAY, E.L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v.347. 2015, DOI: 10.1126/science.1255957.
- HICKS D.M.; PIERRE OUVREARD, P.; BALDOCK, K.C.R, BAUDE, M.; GODDARD, M.A. KUNIN, W.E.; MITSCHUNAS, N.; MEMMOTT, J.; MORSE, H.; NIKOLITSI, M.; OSGATHORPE, L.M.; POTTS, S.G.; ROBERTSON, K.M.; SCOTT, A.V.; SINCLAIR, F.; WESTBURY, D.B.; GRAHAM N. STONE, G.N. Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. **PLoS ONE**, v.11, n.6. 2016, DOI: org/10.1371/journal.pone.0158117.
- HU, S.; DILCHER, D.L.; JARZEN, D.M.; WINSHIP T.D. Early steps of angiosperm pollinator coevolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.105, p.240-245, 2008, DOI: org/10.1073/pnas.0707989105.
- KEVAN, P.G.; PHILLIPS, T.P. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. **Conservation Ecology**, v.5, n.1, 2001, DOI: 10.5751/ES-00272-050108.
- KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMER, C. & TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in

- changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, v.274, p.303-313, 2007, DOI: 10.1098/rspb.2006.3721.
- LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga: uma introdução ao desafio**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE. Brasil. 828 p. 2003.
- MICHENER, C.D.; GRIMALDI, D.A. The oldest fossil bee: Apoid history, evolutionary stasis, and antiquity of social behaviour. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 85, p.6424-6426, DOI: 10.1073/pnas.85.17.6424 1988.
- MICHENER, C.D. **The bees of the world**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2000.
- MORANDIN, L.A.; KREMEN, C. Bee preference for native versus exotic plants in restored agricultural hedgerows. **Restoration Ecology**, v.21, n.1, p.26–32. 2013a, DOI: 10.1111/j.1526-100x.2012.00876.x.
- MORANDIN, L.A.; KREMEN, C. Hedgerow restoration promotes pollinator populations and exports native bees to adjacent fields. **Ecological Applications**, v.23, p.829–839 2013b, DOI: 10.1890/12-1051.1.
- OLLERTON J.; WINFREE R.; TARRANT S. How many Flowering plants are pollinated by animals. **Oikos**, 120: 321-326. 2011, DOI: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x.
- PIRES, V.C.; SILVEIRA, F.A.; SUJII, E.R.; TOREZANI, K.R.S.; RODRIGUES, W.A.; ALBUQUERQUE, F.A.; RODRIGUES, S.M.M.; SALOMÃO, A.N.; PIRES, C.S.S. Importance of bee pollination for cotton production in conventional and organic farms in Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v.13. n.16, p.151-160. 2014.
- POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends Ecology Evolution**, v.25, 2010, DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007.
- SLAA, E.J.; SÁNCHEZ-CHAVES, L.A.; MALAGODI-BRAGA, K.S.; HOFSTEDE F.E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v.37, p.293-315, 2006, DOI: 10.1051/apido:2006022.
- SYDENHAM, M.A.K.; MOE, S.R.; KUHLMANN, M.; POTTS, S.G.; ROBERTS, S.P.M.; TOTLAND, Ø.; ELDEGARD, K. Disentangling the contributions of dispersal limitation, ecological drift, and ecological filtering to wild bee community assembly. **Ecosphere**, v.8, n.1, 2017, DOI: 10.1002/ecs2.1650.
- WITTER, S.; NUNES-SILVA, P.; BLOCHTEIN, P.; LISBOA, B.B.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **As abelhas e a agricultura**. EDIPUCRS. Porto Alegre: 143 p. 2014.

CAPÍTULO 1

FENOLOGIA DA FLORAÇÃO DE HERBÁCEAS E ARBUSTO EM UMA ÁREA URBANA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.

1.1 INTRODUÇÃO

A área que estuda a ocorrência e periodicidade dos eventos biológicos do ciclo de vida dos organismos é chamada de fenologia (WRIGHT; CALDERON, 1995). Nos vegetais esses eventos envolvem a dormência, brotação e queda de folhas, floração, frutificação, queda de frutos e germinação de sementes (FRANKIE et al., 1974; DAHLGREN et al., 2007). A ocorrência e a duração destes eventos são determinadas por fatores abióticos como precipitação, umidade relativa do ar, temperatura e fatores bióticos, expressão gênica e resposta aos competidores (FRANKIE et al., 1974; DAHLGREN et al., 2007).

Os estudos fenológicos são importantes, pois permitem conhecer a periodicidade e a duração dos vários eventos do ciclo de vida das plantas, auxiliando no entendimento do comportamento da fauna presente no ecossistema, que utiliza os vegetais como recurso (NEWSTROM et al., 1994). A ocorrência de várias interações é determinada pela periodicidade dos eventos cíclicos dos vegetais, e muitas vezes essas interações são responsáveis por serviços ecossistêmicos importantes como a polinização e a dispersão de sementes (RATHCKE; LACEY, 1985; FENNER, 1998). Portanto os estudos sobre a fenologia também são uma importante fonte de conhecimento sobre o comportamento e a ocorrência de várias interações e como esses organismos agem nas comunidades ecológicas (FOURNIER, 1974).

Os estudos fenológicos das espécies vêm sendo realizados há bastante tempo, embora à maioria deles esteja direcionada para plantas lenhosas e em ambientes com considerável status de preservação (MUNHOZ; FELFILI, 2005; AMORIM et al., 2009; LEITE; MACHADO, 2010). Muitas regiões ainda são pouco estudadas com respeito à fenologia vegetal, entre essas a região semiárida brasileira (MOURA, 2007). Este é um dos maiores ecossistemas brasileiros ocupando espaço geográfico de 912.529 Km² e perfazendo 54% do território nordestino e 11% do território nacional, possuindo um ecossistema único, a Caatinga (LEAL et al., 2003; SILVA et al., 2017). A Caatinga apresenta índices altos de radiação solar, temperatura média anual e evapotranspiração potencial, baixa nebulosidade, e precipitações baixas e irregulares, ocorrendo na maioria dos anos em um período curto do ano (entre três a quatro meses), isso faz com que ocorra déficit hídrico durante vários meses (CASTRO; CAVALCANTE, 2010; SILVA et al., 2017). Em resposta à disponibilidade reduzida de água, as espécies que vivem na região exibem uma variedade de adaptações para lidar com esta sazonalidade (SILVA et al., 2017).

Essa sazonalidade e distribuição irregular do regime chuvoso conferem a região semiárida brasileira um ecossistema extremamente heterogêneo, que inclui pelo menos uma centena de diferentes tipos de paisagens únicas, o que favorece a biodiversidade da região que também apresenta muitas espécies endêmicas (CASTRO; CAVALCANTE, 2010; FORZZA et al., 2010). Nesses ambientes, a deficiência hídrica age sobre as fenofases dos vegetais de forma que a grande maioria das espécies vegetais tem seu ritmo biológico adaptado aos ciclos de chuva da região (PAU et al., 2011). A disponibilidade de água é considerada como o principal fator que influencia a fenologia das espécies vegetais nesse tipo de ecossistema (MACHADO et al., 1997).

As herbáceas apresentam grande riqueza e diversidade nos ecossistemas semiáridos, tendo sua ocorrência fortemente influenciada pela precipitação (ARAÚJO et al., 2005). Esses vegetais são importantes para a Caatinga, pois são fontes de alimento para uma variedade de animais (LORENZON et al., 2003; SAMPAIO; SAMPAIO et al., 2009; COSTA, 2011) e exibem um papel fundamental na sucessão ecológica e recuperação de áreas degradadas, pois são as primeiras plantas a se desenvolver nessas áreas, iniciando a recuperação das interações entre os organismos (SIEMANN; ROGERS, 2003). Em regiões antropizadas como a Caatinga, o conhecimento sobre as potencialidades e alternativas das espécies vegetais pode ser muito importante para programas de recuperação da vegetação, como o conhecimento da ocorrência e duração das fenofases das plantas.

O conhecimento sobre os períodos de floração é fundamental, pois esta fase é determinante em vários aspectos da planta, como a expansão foliar, crescimento radicular, absorção de nutrientes, o que auxilia tanto em evitar competição com outras espécies vegetais como também com partilha de polinizadores (FLIPER; FLIPER, 2002), determinando diretamente a ocorrência das interações planta-polinizador, em especial a polinização, essencial para a regeneração de ambientes naturais (TALORA; MORELLATO, 2000). Desta forma, o conhecimento sobre a fenologia floral fornece informações que auxiliam na compreensão de como os ecossistemas são estruturados.

Em decorrência disso, o presente estudo teve como objetivos (1) conhecer o período de ocorrência e a duração da fenofase de floração no estrato herbáceo/arbustivo em uma área em estágio inicial de recuperação, contribuindo com informações sobre a flora local; e (2) determinar quais fatores meteorológicos estão correlacionados com a ocorrência da floração.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado entre março de 2017 a fevereiro 2018 no município de Mossoró - RN, no Campus da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado na Avenida Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva - Mossoró - RN. O município de Mossoró. O clima da região é BSw'h' (Clima Muito Quente e Semiárido, tipo "estepe") (BEZERRA et al., 2014). Com um período chuvoso entre os meses de fevereiro a abril, com pluviosidade média anual de 750 mm. A média da temperatura é de 27,4 °C, atingindo 38 °C e 20 °C, máxima e mínima, respectivamente. A vegetação presente neste município pode ser classificada em três tipos distintos: Caatinga hiperxerófila, carnaubal e a vegetação halófito (IDEMA, 2008).

O local de estudo é constituído de uma área de aproximadamente 0,5 hectares onde anteriormente era descartadas sobras de matérias de construções da universidade e hoje se encontra em estágio inicial de recuperação ambiental. No fim de 2016, esse entulho foi retirado para posterior recomposição do terreno com espécies vegetais melíferas do semiárido brasileiro. A recomposição florística da área foi realizada através do plantio de algumas plantas nativas e não nativas com importância para a fauna de polinizadores. No início do estudo, essas plantas estavam em estágio inicial de desenvolvimento e por isso não entraram nas análises desse estudo, que focou nas plantas de ocorrência natural com o porte herbáceo, trepadeiras e arbusto.

No período de analisado a precipitação ocorreu nos meses de março a julho de 2017 e de dezembro a maio de 2018. A temperatura máxima variou entre 35,2° C a 38,7° C, enquanto que temperatura mínima entre 19,8° C a 23,6° C e a temperatura média variou entre 27,2° C a 28, 9° C (Figura 1.1).

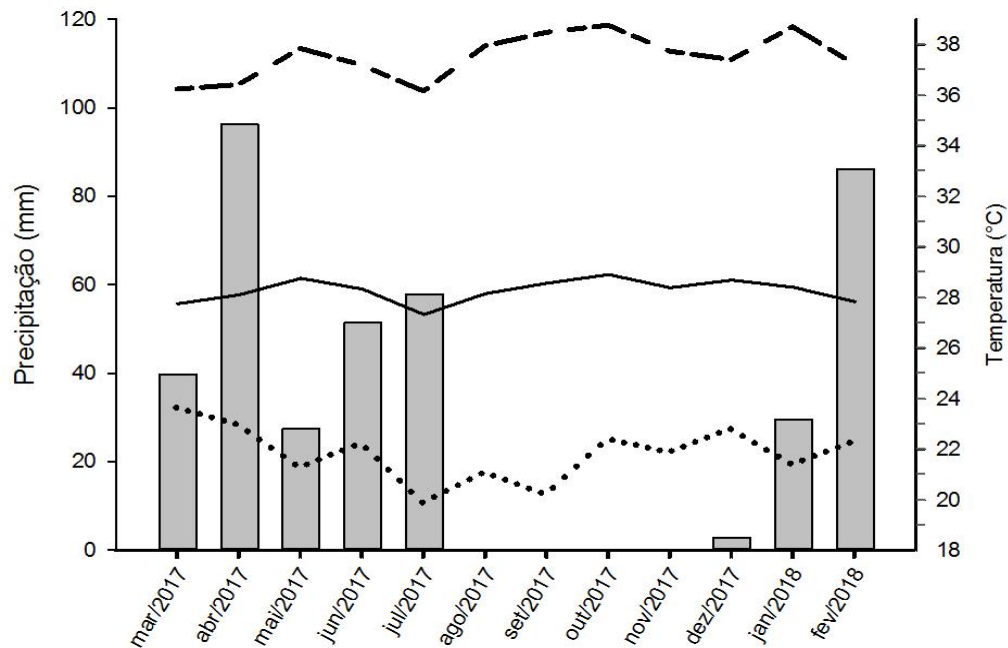


FIGURA 1.1 – Diferenças mensais das variáveis ambientais durante o período de estudo (março/2017 a maio/2018), no campus central da UFERSA, Mossoró-RN. As barras representam a quantidade de precipitação em cada mês de estudo. As linhas mostram as temperaturas máxima (linha tracejada), média (linha contínua) e mínima (linha pontilhada).

1.2.2 REGISTRO E ANÁLISE DOS DADOS FENOLÓGICOS

No interior da área de estudo foram selecionadas aleatoriamente 10 parcelas de 1 m² cada. Foi selecionado um total de 10 indivíduos de cada espécie vegetal encontrada dentro das parcelas. Quando não foi encontrada essa quantidade em uma determinada espécie dentro das parcelas, foram selecionadas plantas no seu entorno próximo (até um metro de distância) para chegar ao total de 10 indivíduos para cada espécie. No caso das convolvuláceas, não foi possível estabelecer onde começava e terminava cada indivíduo. Portanto, cada parcela que apresentava convolvuláceas foi considerada como um indivíduo.

Quinzenalmente, foi feito um monitoramento das plantas nas parcelas. Foram avaliadas (1) a atividade de cada espécie vegetal (presença/ausência de floração de 10 indivíduos por espécie) e (2) a quantidade de flores produzidas pelos indivíduos. Com os dados das duas observações mensais foi feita a média aritmética dos dois valores para se chegar ao valor mensal de cada mês do estudo. Além dos dados sobre a fenologia vegetal, foram avaliados os seguintes dados meteorológicos: temperatura média do mês de observação (TM), precipitação do mês da observação (PM) e precipitação do mês anterior ao mês de observação (PA). Esses dados foram obtidos através de uma estação meteorológica presente

no local e podem ser acessados no endereço eletrônico do Grupo ASA - Abelhas Semiárido (<https://abelhasmossoro.wordpress.com/>).

1.2.3 ANÁLISE DE DADOS

Para analisar o sincronismo da floração nas espécies, foi calculado a porcentagem de indivíduos que apresentou esta fenofase (índice de atividade - IA) de cada espécie vegetal. Esse índice avalia a presença ou ausência de uma fenofase vegetal e é utilizado para determinar a sincronia da fenofase (BENCKE; MORELLATO 2002).

A fenofase foi considerada assincrônica quando menos de 20% dos indivíduos estavam manifestando a fenofase; com baixa sincronia quando 20 a 60% dos indivíduos estavam manifestando a fenofase; e de sincronia alta quando mais de 60% dos indivíduos estavam manifestando a fenofase. Foi considerado como pico de atividade o momento em que o número máximo de indivíduos estava florescendo.

Além da análise da sincronia de floração, foi analisada a variação da produção de flores ao longo dos meses de estudo. A quantidade de flores de determinada espécie foi dada pela média de flores produzida em cada mês, para tal, foram contadas todas as flores produzidas por cada vegetal. A variação da quantidade de flores ao longo do ano foi avaliada através de estatística circular (MORELLATO et al., 2000). Foram calculados o ângulo médio (AM) e o vetor médio (VM) da fenofase. O vetor médio (VM) varia de 0 a 1 e indica o grau de concentração das frequências ao redor do ângulo médio, e pode ser considerado como um índice de sazonalidade (BENCKE; MORELLATO, 2002). Para testar a significância do ângulo médio foi aplicado o teste de uniformidade de Rayleigh (P), que verifica se a distribuição circular dos dados difere ou não de uma distribuição uniforme (ZAR, 2000). Para verificar se a fenologia floral estava correlacionada com os fatores meteorológicos, foi calculado o Coeficiente de Correlação de Spearman (rs), correlacionando a quantidade de flores produzidas por cada espécie com a temperatura média do mês de observação (TM), precipitação do mês de observação (PM) e a precipitação do mês anterior ao mês de observação (PA).

Todos os gráficos e cálculos foram realizados utilizando os softwares R versão 3.4.4, SigmaPlot versão 12.5 e no Oriana versão 4.02.

1. 3 RESULTADOS

Neste período foi observado um total de 11 espécies vegetais, distribuídas em cinco famílias e em nove gêneros diferentes. A família Convolvulaceae foi a que apresentou maior quantidade de espécies (4 espécies), seguido pela família Fabaceae e Passifloraceae com duas espécies, Nyctaginaceae, Capparaceae e Amaranthaceae com uma espécie cada (Tabela 1.1, Figura 1.2).

TABELA 1.1 – Famílias e espécies vegetais, período de floração e mês(es) com pico de floração (75-100% do total de flores) das espécies vegetais. Floração (FL), índice de atividade (IA), Pico de floração (PF), Ângulo médio (AM), Vetor médio (V), teste Rayleigh (P).

Família/Espécie	FL	IA	PF	AM	V	P
CONVOLVULACEAE						
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	abr-ago	80	mai-jun	156,1	0,892	<0,001
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr) Roem & Schult	mar-jul	70	mar e mai	111,4	0,825	<0,001
<i>Ipomoea nil</i> (L.) Roth	abr-jul	80	mai-jun	149,2	0,923	<0,001
<i>Ipomoea bahiensis</i> Willd. Ex Roem. Schult	abr-jul	80	mai-jun	149,4	0,943	<0,001
FABACEAE						
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.	jan-jun	90	mar	88,9	0,844	<0,001
<i>Senna uniflora</i> (Mill) H.S. Irwin & Barneby	mar-jul	70	mar-abr	102,1	0,848	<0,001
PASSIFLORACEAE						
<i>Passiflora foetida</i> L.	fev-ago	70	mar-abr	91,8	0,827	<0,001
<i>Turnera subulata</i> Sm.	nov-jun	80	mar	57,8	0,621	<0,001
NYCTAGINACEAE						
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	nov-jun	100	jan-mar	48,7	0,598	<0,001
CAPPARACEAE						
<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl	nov-fev	90	dez-fev	13,0	0,891	<0,001
AMARANTHACEAE						
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	mar-set	100	set	228,0	0,83	<0,001

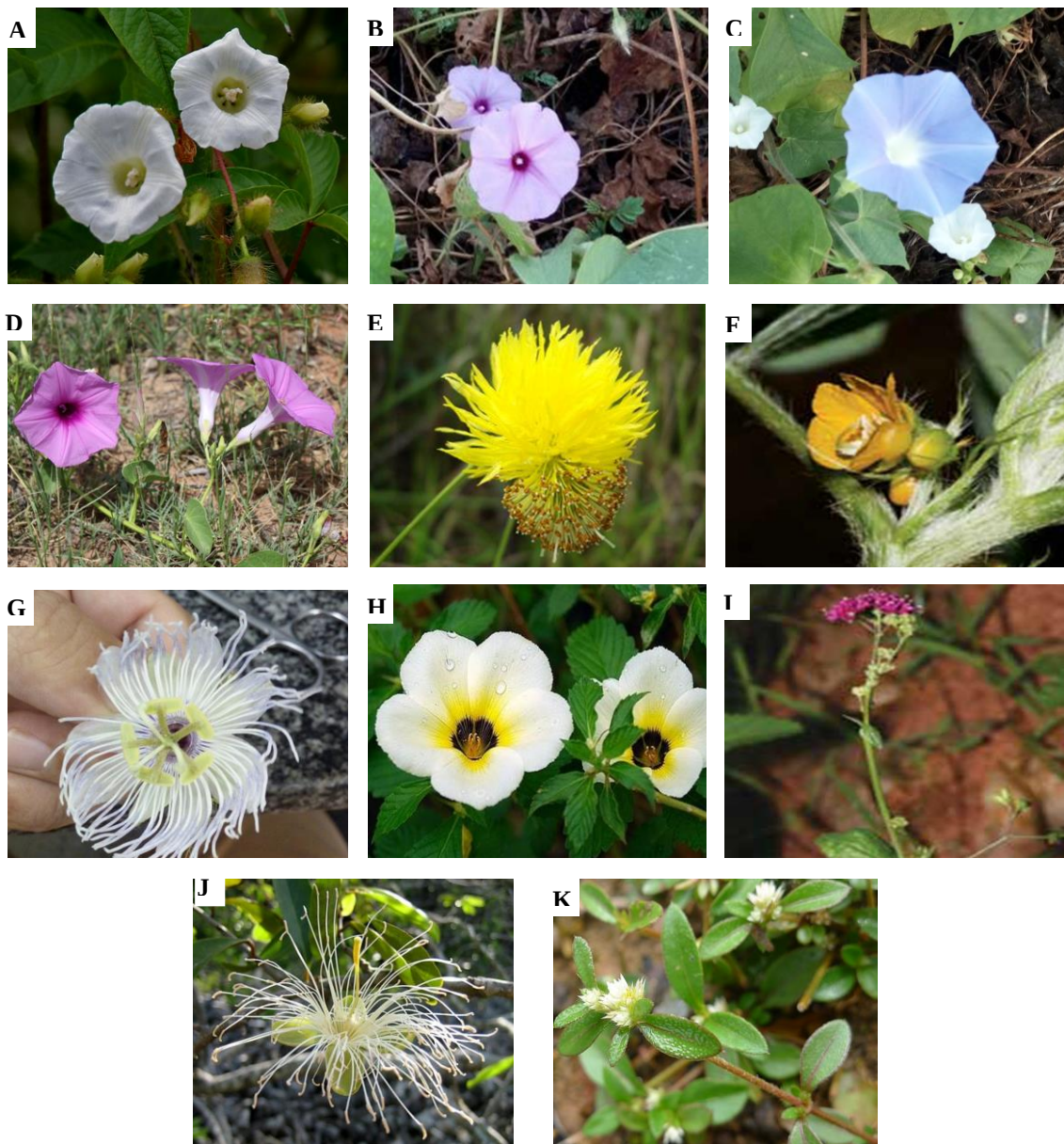


FIGURA 1.2 – Espécies vegetais avaliadas no estudo. **A.** *Merremia aegyptia*, **B.** *Ipomoea asarifolia*, **C.** *Ipomoea nil*, **D.** *Ipomoea bahiensis*, **E.** *Neptunia plena*, **F.** *Senna uniflora*, **G.** *Passiflora foetida*, **H.** *Turnera subulata*, **I.** *Boerhavia diffusa*, **J.** *Cynophalla flexuosa*, **K.** *Alternanthera tenella*.

Em todos os meses foi observada floração de pelo menos uma das espécies. Todas as espécies apresentaram floração de forma sazonal com todos os indivíduos apresentando flores e botões florais em um período do ano como mostrado pelo vetor médio ($\bar{r}$) (Tabela 1.1). Nos meses de agosto e setembro e no período de novembro a janeiro houve pequenas quantidades de flores nos indivíduos que apresentaram esta fenofase. O período que houve a maior quantidade de flores foi compreendido entre os meses de fevereiro a julho, meses em que houve a ocorrência da maior quantidade de precipitação e mais alta umidade relativa média do ar.

O período em que houve maior quantidade de floração na maioria das espécies ocorreu entre os meses de março a maio. Apenas os indivíduos de *Cynophalla flexuosa* (janeiro e fevereiro) e de *Alternanthera tenella* (setembro) não tiveram a máxima produção de flores nos meses acima citados (Figura 1.3). Houve elevada sincronia em cada uma das espécies no período de pico de floração.

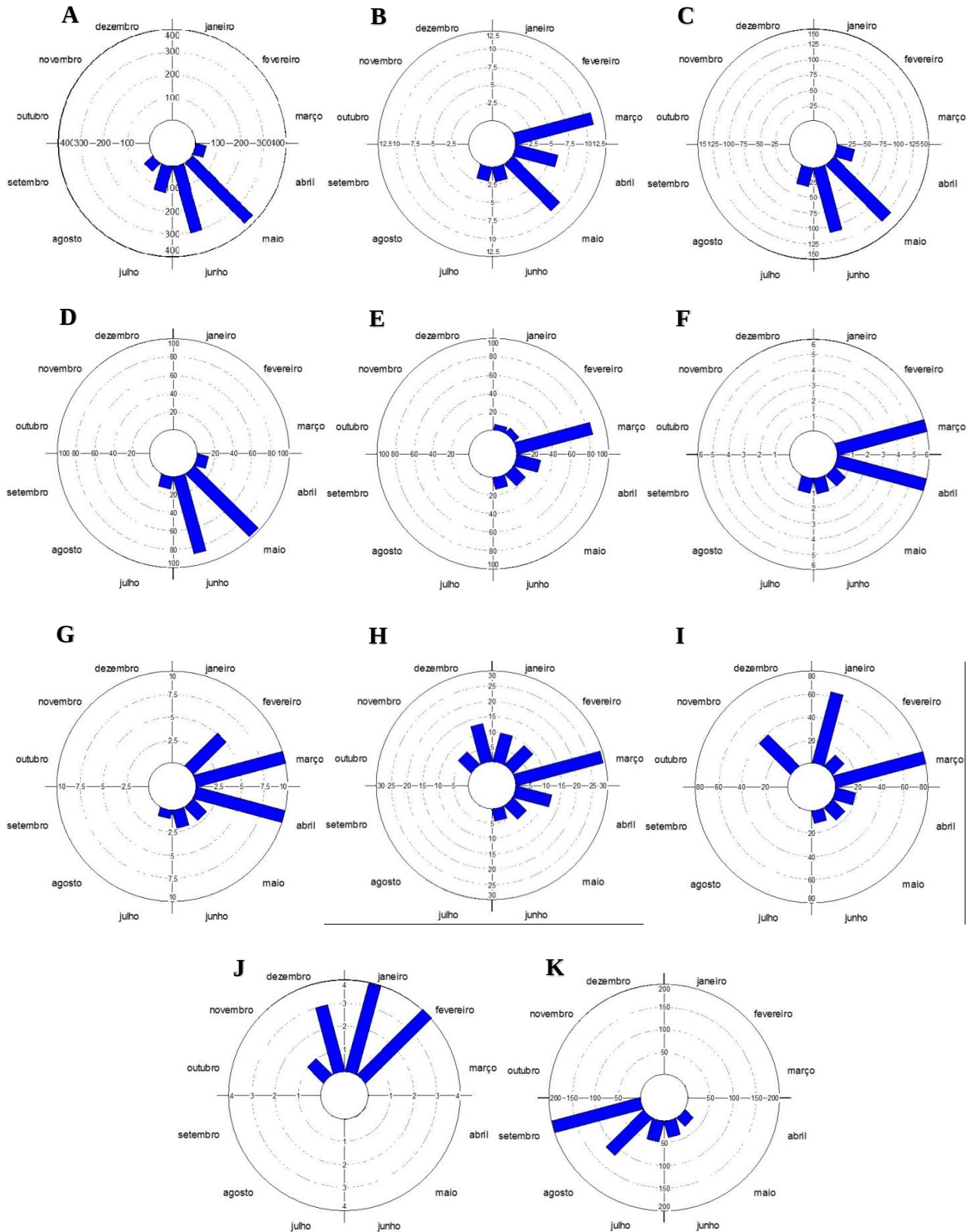


FIGURA 1.3 – Histograma circular mostrando a ocorrência e a intensidade da floração em uma área de restauração ambiental no semiárido. **A.** *Merremia aegyptia*, **B.** *Ipomoea asarifolia*, **C.** *Ipomoea nil*, **D.** *Ipomoea bahiensis*, **E.** *Neptunia plena*, **F.** *Senna uniflora*, **G.** *Passiflora* sp. **H.** *Turnera subulata*, **I.** *Boerhavia diffusa*, **J.** *Cynophalla flexuosa*, **K.** *Alternanthera tenella*.

Cinco espécies vegetais (*Neptunia plena*; *Senna uniflora*; *Passiflora foetida*; *Turnera subulata*; *Boerhavia diffusa*) apresentaram correlação positiva com a precipitação do mês de observação. Quatro espécies (*Merremia aegyptia*; *Ipomoea asarifolia*; *Senna uniflora*; *Passiflora foetida*) apresentaram correlação positiva com precipitação do mês anterior ao mês de observação. Apenas uma espécie (*Passiflora foetida*) apresentou correlação negativa com a temperatura (Tabela 1.2). Esta última espécie esteve correlacionada com todas as variáveis meteorológicas estudadas.

TABELA 1.2 – Coeficiente de correlação de Spearman entre a fenofase floral de cada espécie vegetal e as variáveis meteorológicas: temperatura média, umidade média, precipitação do mês atual (Precipitação⁰) e precipitação do mês anterior (Precipitação¹). Os valores em negrito indicam que houve correlação significativa ($p > 0,05$ correlação não significativa).

Espécies	Temperatura		Precipitação ⁰		Precipitação ¹	
	rs	P-valor	rs	P-valor	rs	P-valor
<i>Merremia aegyptia</i>	-0.145	0.635	0.307	0.317	0.614	0.030
<i>Ipomoea asarifolia</i>	-0.242	0.429	0.555	0.058	0.681	0.013
<i>Ipomoea nil</i>	-0.100	0.749	0.497	0.094	0.463	0.123
<i>Ipomoea bahiensis</i>	-0.100	0.749	0.497	0.094	0.463	0.123
<i>Neptunia plena</i>	-0.407	0.188	0.733	0.005	0.509	0.084
<i>Senna uniflora</i>	-0.464	0.123	0.649	0.020	0.642	0.022
<i>Passiflora foetida</i>	-0,722	0.007	0.702	0.008	0.776	0.001
<i>Turnera subulata</i>	-0,284	0,352	0,616	0,031	0,264	0,389
<i>Boerhavia diffusa</i>	-0,345	0,263	0,673	0,015	0,293	0,340
<i>Cynophalla flexuosa</i>	0.063	0.834	0.130	0.667	-0.344	0.263
<i>Alternanthera tenella</i>	0.016	0.956	0.317	0.306	0.206	0.513

1.4 DISCUSSÃO

A grande maioria das espécies estudadas foi herbácea. Este grupo de plantas apresenta grande diversidade de espécies nas regiões semiáridas como na Caatinga, sendo importantes ecologicamente para essas regiões (COSTA et al., 2007). Como característica principal nessas regiões, esses vegetais apresentam alto grau de sazonalidade em resposta principalmente aos fatores meteorológicos (MACHADO et al., 1997). Muitas herbáceas nessa região completam todo seu ciclo biológico no período em que ocorrem as precipitações, constituindo um importante recurso para a fauna local. Os polinizadores, por exemplo, encontram fontes importantes de néctar e resina nas herbáceas (LORENZON et al., 2003).

Devido a essas características essas plantas podem ser importantes em áreas em processo de recuperação, pois ajudam no restabelecimento de serviços ecossistêmicos importantes para os ecossistemas como a polinização (RATHCKE; LACEY, 1985). No entanto, é preciso entender a fenologia das espécies para conhecer o período e a intensidade das fenofases dos vegetais, como períodos de floração. Essas informações são de fundamental importância, pois fornecem subsídios importantes para programas de recuperação florestal (ANDREIS et al., 2005).

As famílias encontradas no estudo são bem representativas para a região da Caatinga (BARBOSA et al., 2007). As espécies da família Convolvulaceae durante alguns meses foram às únicas presentes na área de estudo. Isto aconteceu devido seu rápido crescimento que culminou com o cobrimento as demais impedindo que as mesmas se desenvolvessem (Figura 1.4).



FIGURA 1.4 – Visão geral de uma parcela de estudo coberto pela convolvulácea (A). No período de ocorrência dessas espécies houve diminuição de indivíduos das outras espécies na área de estudo, pois as convolvuláceas cobriram as demais e impediram seu desenvolvimento normal. Em (B) floração das convolvuláceas.

Todas as espécies vegetais apresentaram floração concentradas em um período do ano, a única diferença foi os meses de ocorrência entre as espécies. Algumas começaram o período de floração no mês de novembro, como no caso de *Turnera subulata*, *Boerhavia diffusa* e *Cynophalla flexuosa* começaram a se desenvolver e rapidamente iniciaram a fase de floração. Esta última espécie foi a única não herbácea analisada. No período de estudo essa espécie apresentava tamanho reduzido e por isso foi considerado como arbusto (SOARES NETO et al., 2014). A floração dessa espécie ocorre entre os meses de novembro a fevereiro e em de junho e julho (SOARES NETO et al., 2014).

O início da floração a partir do mês de novembro pode está associado a pequenas quantidades de chuvas registradas logo a partir do mês de novembro (0,2 mm) e foi

aumentando nos demais meses (Figura 1.1). O desenvolvimento das plantas cultivadas durante a recuperação do local também pode ter contribuído para o desenvolvimento dessas espécies devido à melhoria do microhabitat do local. Essas plantas proporcionaram o surgimento de sombras em alguns locais, diminuindo assim a temperatura e a radiação, e aumentando disponibilidade de água, e assim evitando que essas plantas morressem logo após a germinação. Esse tipo de comportamento pode ser visto em ambientes áridos e semiáridos (FLORES; JURADO, 2003).

O período que houve a maior quantidade de flores foi compreendido entre os meses de fevereiro a julho, porém a máxima produção de flores ocorreu em meses diferentes para as espécies (Tabela 1.1). Esse foi o período que houve o registro das maiores quantidades de precipitação. Todas as espécies foram consideradas de alta sincronia para a floração (Tabela 1.1).

As espécies que não apresentaram esse padrão foram a *Alternanthera tenella*, que começou a florir em maio, e teve pico de floração em setembro. Esta espécie durante grande parte do período das observações esteve coberta pelas demais espécies, o que pôde ter contribuído para a floração mais tardia; e *Cynophalla flexuosa* apresentou floração entre novembro e fevereiro, com pico de floração ocorrendo em janeiro e fevereiro. Esta espécie ocorre naturalmente na região nordeste, frequentemente encontrada em levantamentos florísticos no semiárido brasileiro (SOARES NETO et al., 2014). Nesses levantamentos florísticos foi coletada com flores de janeiro a março e em julho e com frutos de janeiro a julho e em dezembro (SOARES NETO et al., 2014).

As espécies *Ipomoea nil*, *Ipomoea bahiensis*, *Cynophalla flexuosa* e *Alternanthera tenella* não apresentaram correlação entre a quantidade de flores e as variáveis meteorológicas. Os indivíduos *I. nil*, *I. bahiensis* quando começaram a se desenvolver com o início das chuvas, mas só produziram flores cerca de dois meses após o início das precipitação, o que pode ter contribuído para essas espécies não apresentar correlação com as variáveis meteorológicas. *C. flexuosa* apresentou folhas o ano todo e não sofreu influência para o seu desenvolvimento durante o ano enquanto *A. tenella* teve seu desenvolvimento comprometido pelas Convolvuláceas durante o período chuvoso, pois elas foram cobertas a.

As demais espécies apresentaram forte correlação com algum dos fatores meteorológicos estudados, principalmente com a umidade relativa do ar e com a precipitação do mês atual como a do mês anterior (Tabela 1.2). Foi observado que as espécies apresentaram rápida produção de flores mediante o início das precipitações, algumas produzindo essa fase reprodutiva mesmo com pequenas quantidades de chuvas esporádicas,

porém a quantidade de flores foi reduzida nesses períodos. Essa característica pode ser bem observada em plantas herbáceas/arbustivas situadas em ambientes secos que produzem flores rapidamente, mesmo que os indivíduos não apresentem o seu desenvolvimento completo.(Teria algum outro trabalho para você embasar esse argumento?)

Os resultados demonstram que as espécies tiveram produção de flores nos meses em que houve precipitação. Nesse período os indivíduos apresentaram alto sincronismo, pois a maioria dos indivíduos se encontrava em floração.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 3, p.491-499, 2009, DOI: org/10.1590/S0100-67622009000300011.
- ANDREIS, C.; LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; MACHADO, A. A.; VACCARO, S.; CASSAL, C. Z. Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 55-63, 2005, DOI: org/10.1590/S0100-67622005000100007.
- ARAÚJO, E. L.; SILVA, K. A.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 285-294, 2005, DOI: org/10.1590/S0102-33062005000200011.
- BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMAS, W. W. Vegetação e flora no Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**. v. 11, p. 313-322. 2007. DOI: 10.4257/oeco.2007.1103.01
- BENCKE, C. S. C.; L. MORELLATO, L. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002. DOI.org/10.1590/S0100-84042002000300003.
- BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, B. B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 211 – 220, 2014.
- CASTRO, A.S.; CAVALCANTE, A. **Flores da caatinga**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2010. 116 p.
- COSTA, R.; ARAÚJO, F. S.; LIMA-VERDE, L. W. Flora and life-form spectrum in na area of deciduous thorn woodland (Caatinga) in northeastern, Brazil. **Journal of Arid Environments**, 68, 237-247, 2007, DOI: 10.1016/j.jaridenv.2006.06.003.
- DAHLGREN, J. P.; ZEIPPEL, H. V.; EHRLE´N, J. Variation in vegetative and flowering phenology in a forest herb caused by environmental heterogeneity. **American Journal of Botany**, 94(9): 1570–1576. 2007, DOI: 10.3732/ajb.94.9.1570.
- D'EÇA-NEVES, F. F.; MORELLATO, L. P. C. Métodos de amostragem e avaliação utilizados em estudos fenológicos de florestas tropicais. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 1, p.99-108, 2004, DOI: org/10.1590/S0102-33062004000100009.
- FENNER M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998, DOI: org/10.1078/1433-8319-00053.
- FITTER, A. H.; FITTER, R. S. R. Rapid changes in flowering time in British plants. **Science**, 296, 1689–1691, 2002, DOI: 10.1126/science.1071617.

- FLORES, J.; JURADO, E. Are nurse–protege interactions more common among plants from arid environments? **Journal of Vegetation Science**, 14, 911-916, 2003, DOI:org/10.1111/j.1365-2745.2005.01033.x.
- FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CANHOS, D. A. L.; CARVALHO JR., A. A.; COSTA, A. F.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M. P.; NADRUZ-COELHO, M. A.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. (EDS.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. 2 vols. Andrea Jakobsson Estúdio / Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1699p, 2010.
- FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G.; OPLER, P. A. Comparative Phenological Studies of Trees in Tropical Wet and Dry Forests in the Lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 62, n. 3, p. 881-919, 1974, DOI: 10.2307/2258961.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mossoró (RN). In: IBGE Cidades, Mossoró. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 29/07/2018.
- IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Perfil do seu Município. Mossoró, 2008.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Edi.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. 1ª ed. Recife - PE: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 pg. ils.
- LEITE, A. V. L.; MACHADO, I. C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, p. 1374-1380, 2010, DOI: org/10.1016/j.jaridenv.2010.05.029.
- LORENZON, M. C. A.; MATRANGOLO, C. A.; SCHOEREDER, J. H. Flora visitada pelas abelhas Eussociais (Hymenoptera, Apidae) na Serra da Capivara, em Caatinga do Sul do Piauí. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 27-36, 2003, DOI: org/10.1590/S1519-566X2003000100004.
- MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, northeastern Brazil. **Biotropica**, 29: 57-68, 1997, DOI: org/10.1111/j.1744-7429.1997.tb00006.x.
- MOURA, A. C. A. Primate group size and abundance in the Caatinga dry forest. **International Journal of Primatology**, v. 28, n. 6, p. 1279-1297, 2007. DOI: 10.1007/s10764-007-9223-8
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. S. C., ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32 (Special Issue): p. 811-823. 2000. DOI.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00620.x.

- MUNHOZ, C. B. R.; FELFILI J. M. Fenologia do estrato herbáceo-subarbustivo de uma comunidade de campo sujo na Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 4, p. 979-988, 2005, DOI: [org/10.1590/S0102-33062005000400031](https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400031).
- NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, v. 26, p. 141-159, 1994, DOI: [10.2307/2388804](https://doi.org/10.2307/2388804).
- PAU, S.; WOLKOVICH, E. M.; COOK, B. I.; DAVIES, T. J.; KRAFT, N. J. B.; BOLMGRE, K. J. E.; BETANCOURT, J. L.; CLELAND, E. E. Predicting phenology by integrating ecology, evolution and climate science. **Global Change Biology**, 17, 3633–3643, 2011. DOI: [10.1111/j.1365-2486.2011.02515.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02515.x).
- RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 179-214, 1985, DOI: [org/10.1146/annurev.es.16.110185.001143](https://doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.001143).
- SIEMANN, E.; ROGERS, W. E. Changes in light and nitrogen availability under pioneer trees may indirectly facilitate tree invasions of grasslands. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 6, p. 923- 931, 2003. DOI: [org/10.1046/j.1365-2745.2003.00822.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00822.x)
- SILVA, J. M.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Springer. 2017. DOI:[org/10.1007/978-3-319-68339-3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3).
- SOARES NETO, R. L.; MAGALHÃES, F. Á. L.; TABOSA, F. R. S.; MORO, M. F.; SILVA, M. B. C.; LOIOLA, M. I. B. Flora do Ceará, Brasil: Capparaceae. **Rodriguésia**, 65(3): 671-684, 2014, DOI: [10.1590/2175-7860201465307](https://doi.org/10.1590/2175-7860201465307).
- TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 23(1): 13-26, 2000, DOI: [org/10.1590/S0100-84042000000100002](https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000100002).
- WRIGHT, S. J.; CALDERON, O. Phylogenetic Patterns among Tropical Flowering Phenologies. **The Journal of Ecology**, 83(6), 937, 1995. DOI: [10.2307/2261176](https://doi.org/10.2307/2261176).

CAPÍTULO 2

**VISITANTES FLORAIS DE ESPÉCIES DO ESTRATO HERBÁCEO/ARBUSTIVO
EM UMA ÁREA EM ESTÁGIO INICIAL DE RECUPERAÇÃO NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

2.1 INTRODUÇÃO

As interações planta-polinizador são consideradas das mais importantes ecologicamente, devido à grande quantidade de organismos que dependem dessas interações. A polinização pode ocorrer por meio abiótico, como o vento, mas a grande maioria das espécies vegetais necessita de animais como agentes de polinização. A quantidade de plantas polinizadas por agentes bióticos pode variar entre 78% das espécies nas comunidades de zonas temperadas, até 94% nas comunidades tropicais (OLLERTON et al., 2011).

A polinização, portanto, é indispensável para a sobrevivência dos seres vivos (COSTANZA et al., 1997), pois é necessária para a reprodução da maioria dos vegetais, e sua ausência poderia levar a diminuição da oferta de alimentos para os animais e, conseqüentemente, a um efeito em cascata, afetando a dinâmica da população de plantas e levando ao declínio de várias populações de um ecossistema (THOMANN et al., 2013).

A população humana também é beneficiada pela polinização, pois a maioria dos cultivos agrícolas depende da polinização (KLEIN et al., 2007). Nas últimas décadas, devido ao aumento da população, a necessidade de polinização aumentou consideravelmente, em contrapartida, nesse mesmo período, ocorreu um grande declínio de espécies importantes para a polinização, principalmente de abelhas (GOULSON et al., 2015). Muitos cientistas têm estudado as causas desse declínio e sugerido maneiras de minimizar esse grave problema. Dentre as principais causas desse problema, destacam-se a perda de hábitat devido à sua degradação, perda de locais para nidificação, parasitas emergentes, patógenos movidos acidentalmente entre os diferentes locais do planeta, por ação antrópica, e o uso excessivo de pesticidas (POTTS et al., 2010). Essas causas podem, no futuro, atuar em conjunto e se agravar pelas mudanças climáticas, potencializando os danos (POTTS et al., 2010; GOULSON et al., 2015).

As atividades antrópicas são apontadas como principais responsáveis pelas mudanças na temperatura, o que vem levando ao aquecimento global observado nas últimas décadas. Esse aquecimento acima do esperado pode levar a mudanças na distribuição e fenologia de muitas plantas e animais (PARMESAN, 2006). Entre as abelhas, a temperatura pode determinar a atividade de forrageio e qual recurso a ser coletado (PISANTY et al., 2013). Em temperaturas mais elevadas as abelhas dão preferência à coleta de néctar e água, que são recursos importantes para a manutenção da temperatura dos ninhos (PISANTY et al., 2013).

A temperatura desempenha um importante papel na fisiologia e desenvolvimento de plantas e polinizadores, como na atividade de forrageio dos polinizadores. O aumento da temperatura pode levar a quebra de sintonia entre as interações planta-polinizador, diminuindo a eficiência da polinização (HEGLAND et al., 2009). As perspectivas futuras sugerem que várias culturas agrícolas poderão ter sua polinização interrompida devido a falta do polinizador por causa da falta de condições climáticas (POTTS et al., 2016), isso porque as espécies podem não ter tempo hábil para acompanhar a rápida mudança climática (SATELLE et al., 2016).

O aumento de temperatura pode ser um desafio a mais para polinizadores em ambientes de clima semiárido, onde as condições climáticas podem apresentar altos índices de radiação solar, altas temperaturas, precipitações baixas e irregulares, distribuídas em um curto período do ano, o que faz com que a grande maioria da vegetação esteja disponível durante nestes períodos (LEAL et al., 2003; MAIA-SILVA et al., 2015). Essas características climáticas, aliadas com a degradação desses ambientes, o uso inadequado do solo, pecuária, agricultura e a utilização de recursos naturais de forma desordenada contribuem para a perda de diversidade de polinizadores importantes como as abelhas (GIANNINI et al., 2017). Em decorrência disso, têm sido observadas temperaturas decorrentes do aumento da temperatura ser agravados até o final deste século, pois estimativas futuras para a região que prevêem cenários de mudança indicam que a região será afetada pelo déficit de precipitação, aumento da aridez e temperaturas na segunda metade do século XXI (MARENGO; BERNASCONI, 2015).

Mesmo com essas previsões ainda não se sabe ao certo quais os reais efeitos que o aumento da temperatura irá trazer para a polinização, o que constitui um desafio para futuras pesquisas que procuram compreender como o clima futuro pode afetar as interações planta-polinizador (HEGLAND et al., 2009). Sendo assim o presente estudo tem como objetivos: (1) identificar as espécies herbáceo-arbustivas mais atrativas para polinizadores em área de restauração na Caatinga; (2) avaliar que tipos de polinizadores estão presentes nessa área e que grupo é mais representativo em termos de visitas. (3) conhecer a janela térmica de espécies vegetais do semiárido nessa mesma área; e (4) determinar quais fatores meteorológicos está correlacionado com a quantidade de visitas.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado em uma área de aproximadamente 0,5 ha no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado na Avenida Av. Francisco Mota, 572 - Bairro Costa e Silva - Mossoró - RN. O clima da região é BSw'h' (Clima Muito Quente e Semiárido, tipo "estepe") (BEZERRA et al. 2014), com um período chuvoso entre os meses de fevereiro a abril e pluviosidade média anual de 750 mm. A média da temperatura é de 27,4 °C, atingindo 38 °C e 20 °C, máxima e mínima, respectivamente. A vegetação presente neste município pode ser classificada em três tipos distintos: caatinga hiperxerófila, carnaubal e a vegetação halófito (IDEMA, 2008).

2.2.2 COLETA DE DADOS

As observações ocorreram entre março de 2017 e maio de 2018. Foram selecionadas aleatoriamente 10 parcelas de 1 m² cada. Quinzenalmente foi anotada a quantidade de indivíduos de cada espécie vegetal presente em cada parcela, a quantidade de flores produzidas e a quantidade de visitantes florais que cada indivíduo de cada espécie recebeu durante o período de estudo. Foram anotados os visitantes florais de cada espécie vegetal durante 5 minutos a cada hora, no período de 05h00min às 17h00min, sendo consideradas somente as visitas legítimas nas flores, ou seja, quando os visitantes florais entraram em contato diretamente com o interior da flor ou com os verticilos reprodutivos (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016). Para os visitantes que entraram em contato com uma mesma flor várias vezes durante a mesma observação, contabilizou-se uma única visita. As visitas foram registradas através de observações diretas, fotografias e filmagens e foi anotado o horário da ocorrência. Para cada espécie vegetal, os dados das observações quinzenais foram somados para obter a quantidade mensal de flores e visitantes florais.

Para a identificação das espécies dos visitantes florais foram realizadas coletas de alguns indivíduos com auxílio de rede entomológica ou de tubos de plásticos. Os insetos coletados foram secos em estufa, fixados com alfinetes entomológicos, identificados e etiquetados conforme a norma padrão. A identificação dos insetos se deu através de consultas a literatura especializada e de especialistas. Os dados meteorológicos sobre temperatura,

umidade relativa do ar e precipitação foram coletados por meio de uma estação meteorológica presente no local de estudo. Os dados podem ser acessados no endereço eletrônico do Grupo ASA - Abelhas Semiárido (<https://abelhasmossoro.wordpress.com/>).

2.2.3 ANÁLISE DE DADOS

A intensidade de visitas pelos polinizadores fornece informações importantes sobre a atratividade de cada espécie de planta. Por isso, foi quantificado o total de visitas em cada uma das espécies vegetais ao longo do estudo, e foi calculada a taxa de visitação para cada espécie vegetal, dividindo a quantidade de visitas que cada planta recebeu pela quantidade de flores produzidas durante o período de estudo. Além dessa análise global para o período inteiro de estudo, foi avaliada a quantidade de visitas que cada planta recebeu a cada mês e em cada horário de observação ao longo do dia.

Para avaliar a faixa de temperatura em que as espécies vegetais recebem visitas, foi realizada uma análise de regressão não linear (modelo de pico gaussiano) com a temperatura ambiente como preditor (resolução 1 °C) e a porcentagem de visitas em determinada faixa de temperatura como variável dependente. A partir desses modelos de regressão, foi feita a "janela térmica" das espécies vegetais, sendo essa a faixa de temperatura dentro da qual 90% da atividade ocorre (MAIA-SILVA et al., 2015). A janela térmica foi avaliada apenas nas cinco espécies vegetais que apresentaram quantidades mínimas de 30 visitas durante todo o período de estudo. Diferenças entre as janelas térmicas das espécies vegetais foram avaliadas através de um teste One-Way ANOVA (comparação múltipla entre pares: Teste de Dunn).

Possíveis influências ambientais sobre a taxa mensal de visitas florais foram avaliadas através de testes de correlação de Spearman. Foi correlacionada a quantidade mensal de visitas recebidas por cada espécie vegetal com (1) a temperatura média, máxima e mínima do mês da observação, (2) a umidade relativa média, máxima e mínima do mês da observação, (3) a precipitação do mês de observação e do mês anterior à observação, (4) a diversidade de flores, (5) a riqueza de espécies vegetais, (6) a riqueza de visitantes florais e (7) a quantidade de flores disponíveis. Para algumas espécies vegetais, principalmente da família Convolvulaceae, não foi possível identificar a quantidade exata de indivíduos nas observações. Portanto, o índice de diversidade Shannon-Wiener foi calculado com base na

quantidade de flores das espécies vegetais. Todas as análises foram realizadas no programa SigmaPlot 12.5.

2.3 RESULTADO

No total foram observadas 497 visitas florais no período do estudo. Essas visitas ocorreram em 11 espécies vegetais (veja capítulo 1). As plantas que apresentaram as maiores quantidades de visitas foram *Passiflora foetida* (116 visitas), *Boerhavia diffusa* (111 visitas), *Merremia aegyptia* (106 visitas), *Neptunia plena* (69 visitas) e *Turnera subulata* (56 visitas). Juntas essas espécies foram responsáveis por mais de 92% do total de visitas. Com relação à taxa de visitação, as espécies tiveram as taxas mais altas (receberam mais visitas por flor) foram *Passiflora foetida* (3,14), *C. flexuosa* (3,0), *T. subulata* (0,59), *N. plena* (0,37) e *B. diffusa* (0,28) (Figura 2.1).

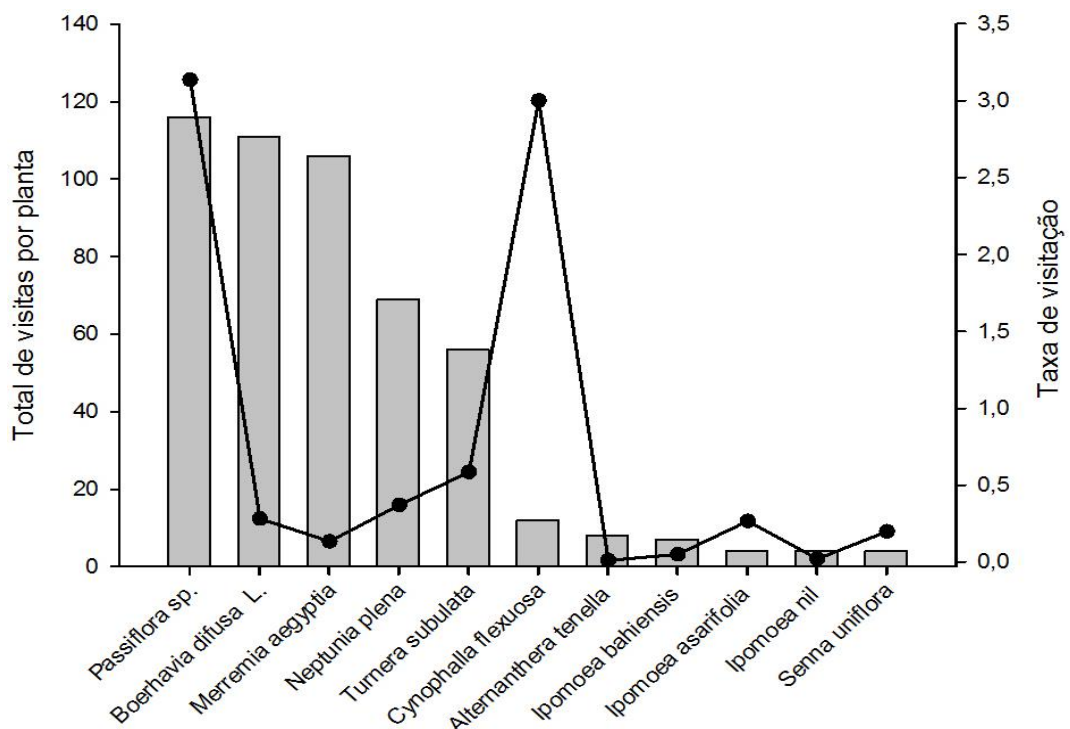


FIGURA 2.1 – Diferenças no total de visitas (barras) em cada espécie vegetal durante o período de estudo (março2017 a maio/2018). Total de visitas foi dividida pelo total de flores de cada espécie, a taxa de visitação, representadas pela linha.

Foram encontradas nove espécies de visitantes florais nas plantas, classificadas em três ordens diferentes: Himenoptera, Lepidoptera e Diptera (Tabela 2.1). O principal grupo de visitantes florais, em número de espécies e quantidade de visitas foi o das abelhas (Himenoptera; Apidae), responsável por 72,4% do total de visitas e presente em todas as plantas. Foram observadas quatro espécies de abelhas, *Xylocopa cearensis*, *Xylocopa* sp., *Trigona spinipes* e *Apis mellifera*. Esta última foi responsável por 44,5% do total de visitas, sendo o visitante floral mais frequente em oito das espécies vegetais. Borboletas (Lepidoptera), com três espécies, visitaram somente *Turnera subulata*, sendo também os visitantes florais mais encontrados nessa espécie, enquanto que as duas espécies de moscas (Diptera) visitaram duas espécies de plantas *B. diffusa* e *A. tenella*, e também foram os visitantes mais abundantes nesses vegetais (Figura 2.2).

TABELA 2.1 – Ordem, família e espécies de visitantes florais observadas no estudo. As abelhas (Hymenoptera/Apidae) foram o grupo com a maior quantidade de espécies com quatro espécies, seguida pelas borboletas (Lepidoptera/Nymphalidae) com três e mosca (Diptera/Syrphidae) com duas espécies.

Ordem/Família	Espécie
HYMENOPTERA/APIDAE	<i>Apis mellifera</i> L. <i>Trigona spinipes</i> Fabricius <i>Xylocopa cearensis</i> Ducke <i>Xylocopa</i> sp.
LEPIDOPTERA/NYMPHALIDAE	<i>Anartia jatrophae jatrophae</i> L. <i>Danaus gilippus gilippus</i> Cramer <i>Danaus eresimus plexaure</i> Godart
DIPTERA/SYRPHIDAE	<i>Toxomerus</i> sp. <i>Palpada vinetorum</i> Fabricius

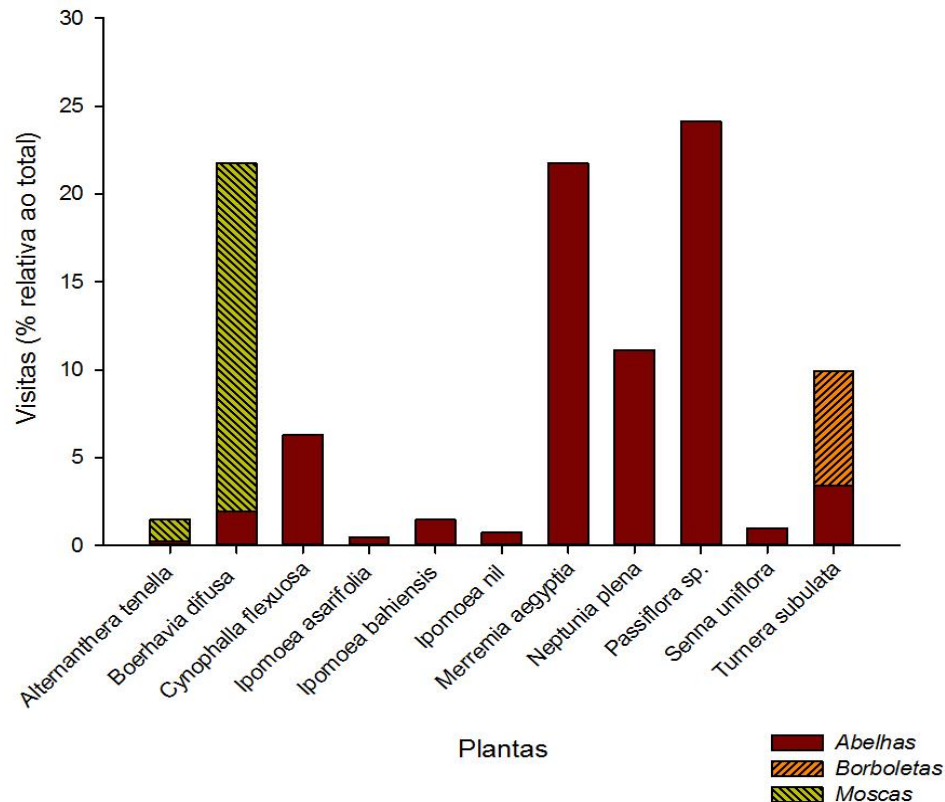


FIGURA 2.2 – Porcentagem de visitas em cada espécie vegetal. A diferença na coloração mostra a porcentagem de visitas de cada grupo de visitantes florais em cada planta. As abelhas (em vermelho) foi o principal grupo de visitantes florais, visitando todas as plantas. As moscas (verde riscado) visitaram duas espécies e as borboletas (laranja riscada) visitaram uma espécie vegetal.

Os períodos com maiores quantidades de visitas foram nos meses de fevereiro a agosto e em outubro, enquanto os que menos receberam visitas foram setembro, novembro, dezembro e janeiro (Figura 2.3A).

Também houve diferenças na quantidade de visitas durante os horários do dia. Os primeiros visitantes florais foram observados logo após o início do nascer do sol um pouco depois de 05h 00min da manhã e continuaram até às 10h 00min no período da manhã. Esse foi o período que foi observado a maior quantidade de visitas, sendo a hora de 07h 00min a que foi observado a maior quantidade de visitas. Nos horários entre 12h 00min e 14h 00min não foram observados nenhuma visita. As visitas voltaram a ser observadas nos horários de 16h 00min e 17h 00min, mas estas foram em menor quantidade que no período da manhã (Figura 2.3B).

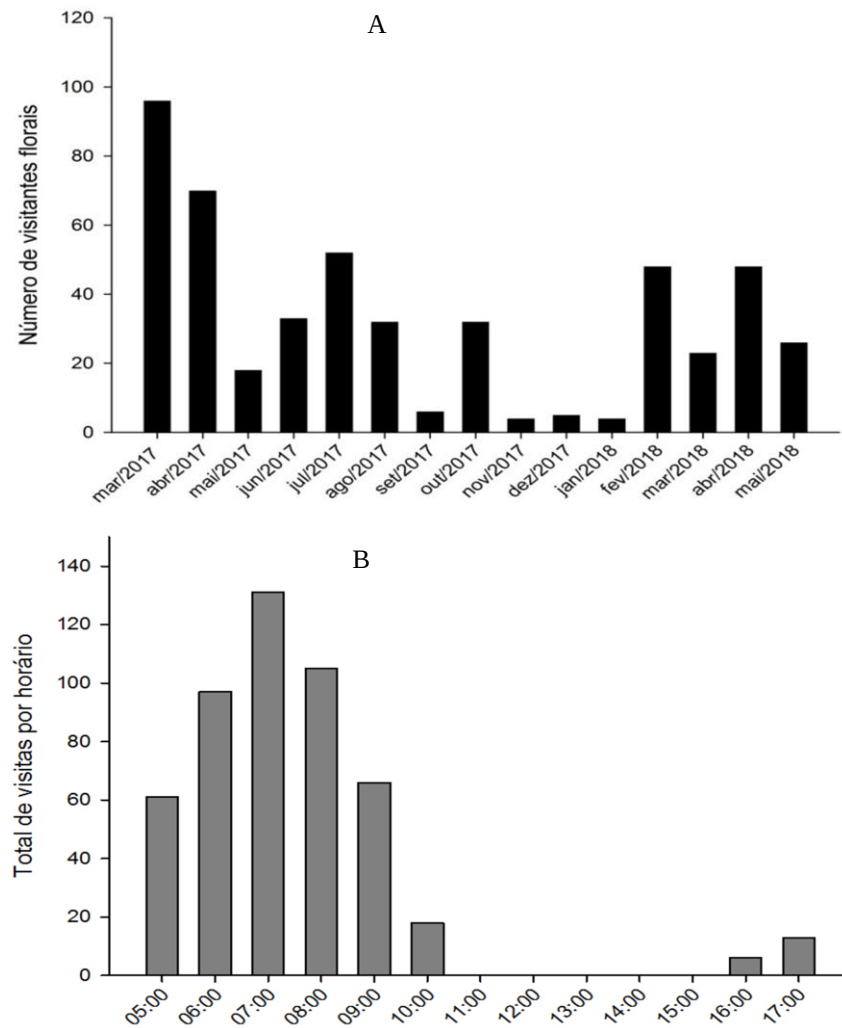


FIGURA 2.3 – Variação na quantidade de visitas florais durante o período de estudo. Em (A) a quantidade de visitas observadas durante os meses de estudo e em (B) mostra a quantidade total de visitas observadas no estudo distribuído nos horários em que foram observadas.

Apenas cinco espécies de plantas apresentaram mais de 30 visitas. Essas espécies foram responsáveis por mais de 90% do total de todas as visitas observadas no estudo. Todas as visitas nas espécies ocorreram em um intervalo de temperatura entre 21°C a 33°C, com pico de visitação ocorrendo entre 23,5°C e 27,7°C (Figura 2.5).

TABELA 2.2 – Espécies vegetais analisadas quanto a janela térmica de floração e período de floração e horário de floração de cada espécie. Em todas as espécies a abertura das flores se deu nas primeiras horas da manhã e com o aumento da temperatura elas se fecharam. As espécies com (*) foram as que mesmo depois de fechadas tiveram flores que se abriram no final da tarde e, portanto, voltaram a receber visitas.

Espécies	Floração	Horário que houve visitas
<i>Passiflora foetida</i> L..	Fev – Ago	05:00 – 09:00
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Nov – Jun	05:00 – 10:00*
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	Abr – Ago	06:00 – 10:00*
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth.	Jan – Jun	05:00 – 10:00
<i>Turnera subulata</i> Sm.	Nov – Jun	06:00 – 10:00

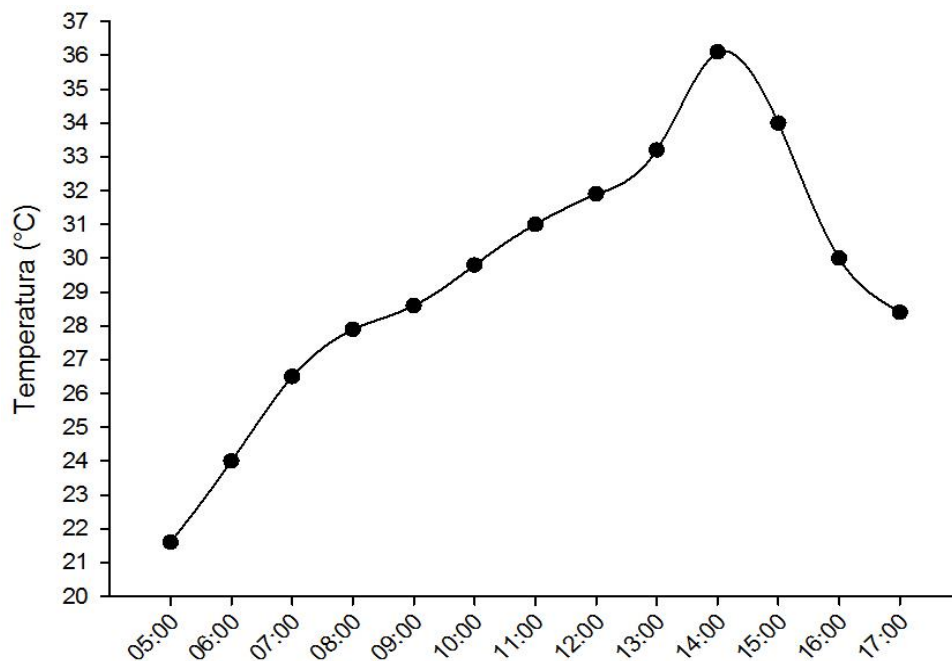


FIGURA. 2.4 – Média de temperatura ao longo dos horários estudados no período estudado.

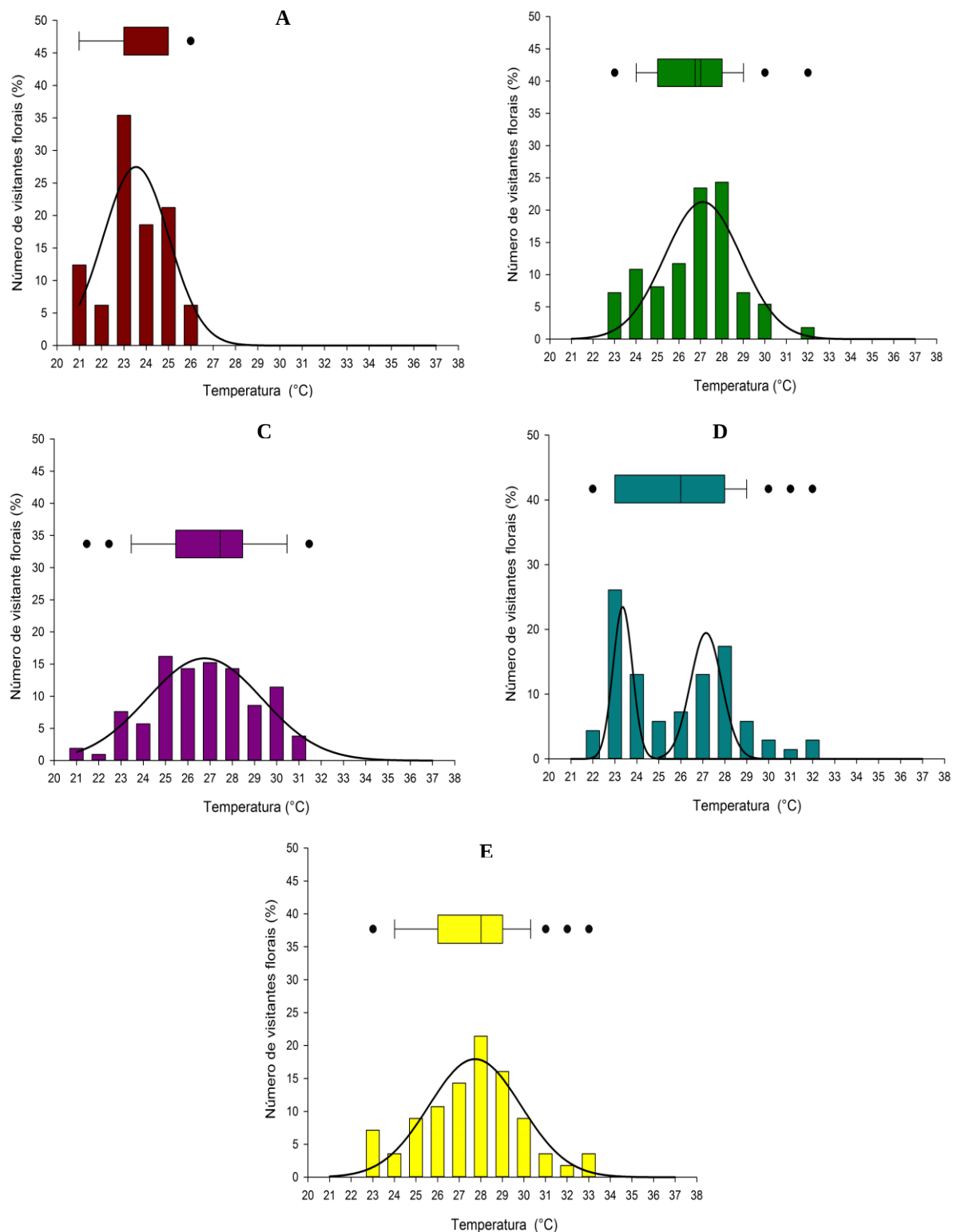


FIGURA. 2.5 – Janela térmica de visitas nas cinco espécies vegetais. As barras representam a quantidade de visitas em relação à temperatura. A linha sólida indica o respectivo Modelo Gaussiano de Pico. Boxplot horizontal indica a temperatura mediana (linha dentro da caixa) e a temperatura faixas nas quais 50% (caixa), 80% (bigodes) ou 90% das forrageiras (outliers). (A) *Passiflora* sp.; (B) *Boerhavia diffusa*; (C) *Merremia aegyptia*; (D) *Neptunia plena*; (E) *Turnera subulata*.

Os valores do teste One Way Anova mostraram que as diferenças encontradas nas janelas térmicas das plantas foram maiores do que seria esperado pelo acaso, portanto há diferença estatística significativa ($H = 151,86$, $P = <0,001$) entre as janelas térmicas das espécies (Tabela 2.3).

TABELA 2.3 – Análises pareadas entre as janelas térmicas entre as espécies estudadas. Em negrito, as janelas térmicas em que foi observado diferenças.

Comparação emparelhada	Diferença na janela térmica
<i>Turnera subulata</i> vs <i>Passifloa foetida</i>	SIM
<i>Turnera subulata</i> vs <i>Neptunia plena</i>	SIM
<i>Turnera subulata</i> vs <i>M. aegyptia</i>	NÃO
<i>T. subulata</i> vs <i>B. diffusa</i>	NÃO
<i>B. diffusa</i> vs <i>P. foetida</i>	SIM
<i>B. diffusa</i> vs <i>N. plena</i>	SIM
<i>B. diffusa</i> vs <i>M. aegyptia</i>	NÃO
<i>M. aegyptia</i> vs <i>P. foetida</i>	SIM
<i>M. aegyptia</i> vs <i>N. plena</i>	NÃO
<i>N. plena</i> vs <i>P. foetida</i>	SIM

A quantidade de visitas observadas em cada mês esteve correlacionada com as temperaturas máximas e médias, com a umidade relativa do ar máxima e média, com a riqueza de visitantes, riquezas de plantas e com as precipitações do mês de observação e com a do mês anterior a observação. Para as variáveis como temperatura mínima, umidade relativa do ar mínima e quantidade total de flores não houve correlação com a quantidade de visitas no mês.

TABELA 2.4 – Coeficiente de correlação de Spearman entre a quantidade de flores produzidas por cada espécie vegetal e as variáveis meteorológicas e com o índice de diversidade floral, riqueza de visitantes, riqueza de plantas e quantidade total de flores. Os valores em negrito indicam que houve correlação significativa ($p < 0,05$).

Variáveis	rs	P-valor
Temperatura		
Máxima	-0,513	0,006
Média	-0,539	0,004
Mínima	0,254	0,199
Índice de diversidade	0,850	0,001
Umidade relativa do ar		
Máxima	0,727	0,002
Média	0,440	0,001
Mínima	0,319	0,103
Riqueza de visitantes	0,581	0,001
Riqueza de plantas	0,540	0,004
Precipitação		
Mês de estudo	0,452	0,018
Anterior ao mês de estudo	0,610	0,001
Quantidade total flores	0,234	0,293

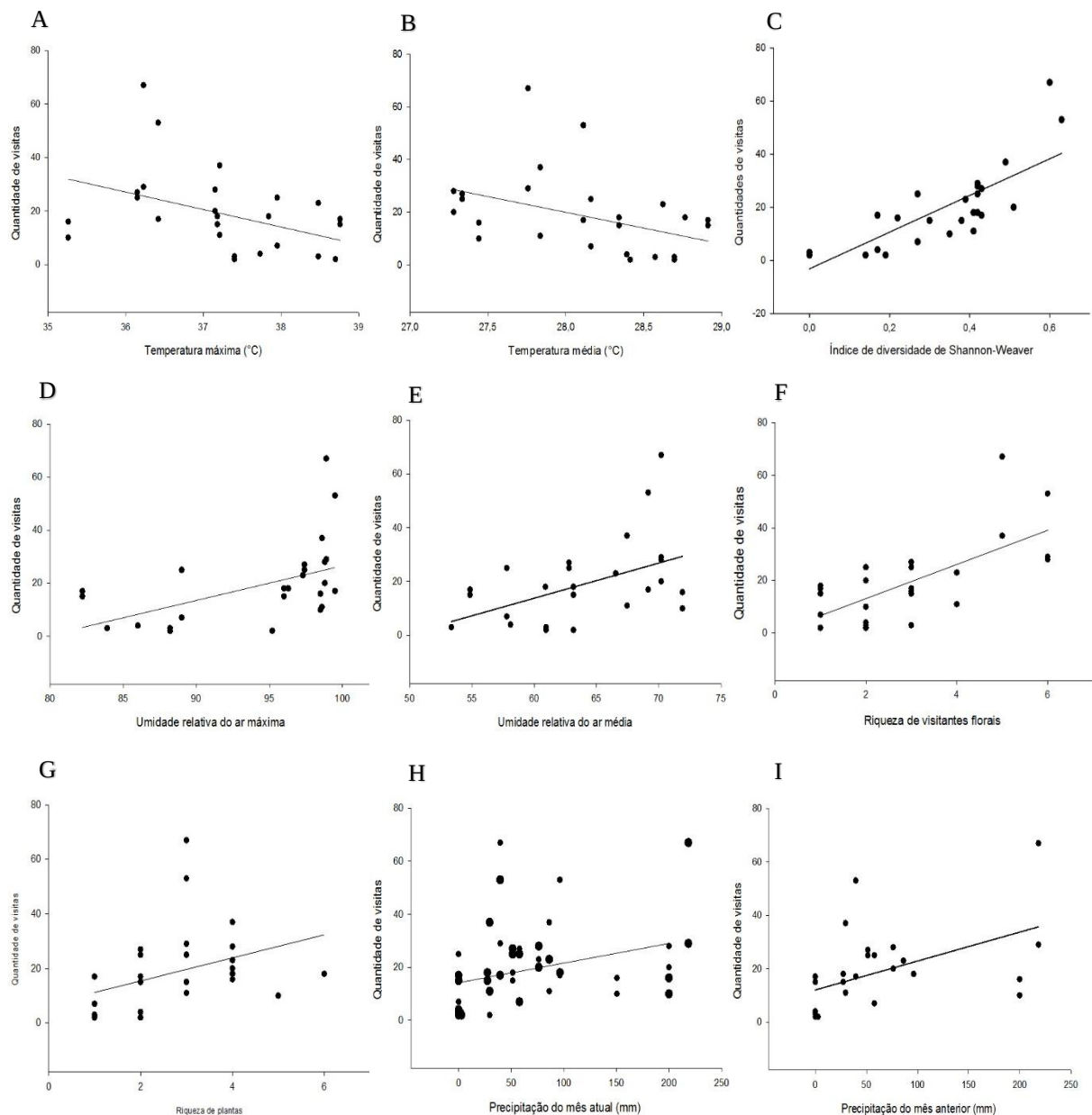


FIGURA 2.6. Associação entre quantidade de visitas nas flores e variáveis que apresentaram correlação. (A) Temperatura máxima do mês de estudo; (B) temperatura média do mês de estudo; (C) índice de diversidade de Shannon-Weaver; (D) umidade relativa do ar máxima; (E) umidade relativa do ar mínima; (F) riqueza de visitantes florais; (G) riqueza de plantas; (H) precipitação do mês atual; (I) precipitação do mês anterior. A linha reta nos gráficos indica a regressão linear.

3.4 DISCUSSÃO

Cinco das onze espécies vegetais foram as grandes responsáveis pela quantidade de visitas no período de estudo. Respectivamente as espécies *Passiflora foetida*, *Boerhavia diffusa*, *Merremia aegyptia*, *Neptunia plena* e *Turnera subulata* foram responsáveis por mais de 90% do total de visitas. Quando consideradas a taxa de visitação não houve a mesma

sequência de espécies que receberam mais visitas com relação à quantidade de flor. *Cynophalla flexuosa* embora recebendo pouca quantidade de visitas em relação ao total foi a segunda espécie com a maior quantidade de visitas por unidade floral, portanto bastante atrativa para os visitantes florais. Essa espécie apresentou floração entre novembro e fevereiro e foi visitada por abelhas nativas e por não nativas (*Apis mellifera*). As flores dessa espécie se abrem no final da tarde, permanecem até a manhã seguinte e são atrativas para insetos e morcegos (MAIA-SILVA et al. 2012).

Os indivíduos de *Passiflora foetida* foram os que receberam a maior quantidade de visitantes por unidade floral (Figura 2.1), sendo constituído exclusivamente por abelhas nativas (*Trigona spinipes* e *Xylocopa cearencis*). O gênero *Xylocopa* é citado como sendo um frequente polinizador de espécies de *Passiflora* (KOSCHNITZKE; SAZIMA 1997). O gênero *Trigona* também visita as flores dessa planta muitas vezes diminuindo a quantidade de visitas de *Xylocopa* devido ao seu comportamento agressivo e a destruição de partes importantes das flores (SAZIMA; SAZIMA 1989; KOSCHNITZKE; SAZIMA 1997), porém esses comportamentos não foram observados no estudo. Essas visitas de *Trigona*, portanto podem ser prejudiciais para a reprodução desta espécie, já que elas não são capazes de fazer polinização de *Passiflora*.

Passiflora foetida se desenvolveu principalmente entre os meses de maiores precipitações, com alguns eventos de floração em meses mais secos devido à umidade provenientes dos vegetais nas adjacências (veja capítulo 1). Esta espécie embora tenha caule volúvel e estilo trepador, não impediu o desenvolvimento das demais espécies vegetais. Essas características a torna uma espécie importante para a recuperação ambiental, pois promove o aumento de visitantes florais, principalmente de abelhas nativas.

Entre as espécies que apresentaram grandes quantidades de visitas, *M. aegyptia* teve a menor taxa de visitação. Isto porque essa espécie apresentou grande quantidade de flores e juntamente com as outras espécies da família Convolvulaceae (capítulo 1) foram dominantes na área de estudo. Durante esse período essas espécies impediram que as demais se desenvolvessem normalmente, fazendo com que a quantidade de flores das demais espécies diminuísse nesse período. Estas características demonstram que essas espécies não são indicadas para a recuperação de áreas, pois além de ser uma espécie que impede o desenvolvimento das demais espécies vegetais ela não é relativamente muito atrativa para as espécies de polinizadores.

As demais espécies também apresentaram taxa de visitação relativamente baixa, porém elas ocuparam uma pequena área e ao contrário das espécies de Convolvulaceae, elas

não prejudicaram o desenvolvimento de nenhuma outra espécie. A presença desses vegetais possibilita a ocorrência de flores variadas que são importantes para os visitantes florais.

O principal grupo de visitantes florais foi o das abelhas, que visitou todas as espécies vegetais e na maioria delas (8 espécies) foi o único grupo de visitantes observado visitando as flores. Entre as espécies de abelhas destacou-se *Apis mellifera*, responsável por quase metade de todas as visitas observadas no estudo.

A única espécie visitada exclusivamente por abelhas nativas foi a *Passiflora foetida* conhecida popularmente como maracujá-do-mato. Esta espécie teve abertura dos botões florais logo com os primeiros raios de sol por volta de 05h 00min e permaneceram abertas até às 08h 00min. As primeiras visitas ocorreram logo que as flores abriram e se mantiveram intensas até às 07h 00min e os visitantes foram *Trigona spinipes* e *Xylocopa cearenses*.

Outra espécie que foi bastante visitada pelas abelhas nativas foi a *Neptunia plena*, que além dessas espécies nativas de abelhas também foi visitada por *Apis mellifera*, seu principal visitante floral (Figura 2.2). As abelhas nativas visitaram essa espécie principalmente nas primeiras horas da manhã enquanto que *A. mellifera* foi mais frequente no meio da manhã.

Foi observado visitas em todos os meses do ano, porém a quantidade de visitas foi maior nos meses em que houve as maiores quantidades de precipitações. Esta esteve correlacionada com a ocorrência de floração em grande parte das espécies vegetais do estudo (capítulo 1) e isso determinou a ocorrência das visitas. No mês de agosto, embora não apresentando precipitações, teve várias espécies florescendo devido à quantidade de chuvas do mês anterior. Em outubro houve aumento na quantidade de visitas que se deram porque algumas plantas apresentaram flores por causa de irrigação externa. Em janeiro embora ocorrendo precipitações, a maioria das plantas ainda não havia começado a sua floração.aa

A temperatura foi um forte fator determinante para a quantidade e ocorrência de visitas. Essas visitas ocorreram na faixa de temperatura entre 20 a 33 °C, sendo vistas principalmente no período da manhã. À medida que houve aumento da temperatura, a frequência das visitas foi diminuindo até cessar por volta do meio dia. As visitas só voltaram a acontecer no final do dia (depois das 16 horas). Isso fez com que não houvesse visitas no período do dia em que as temperaturas foram mais altas.

De acordo com as janelas térmicas e o pico de visitação entre as espécies, *Passiflora foetida* que foi a que recebeu visitas na menor temperatura entre todas as espécies consideradas (Figura 2.5A). Essa espécie apresentou abertura das flores logo após as

05h00min da manhã, as quais permaneceram abertas até as 09h00. Seus visitantes foram *Trigona spinipes* e *Xylocopa cearenses*. Essa temperatura de pico para a visitação foi praticamente a mesma para as espécies cujos visitantes florais foram *A. mellifera* (Figura 2.5C), moscas (Figura 2.5B) e borboletas (Figura 2.5C). Nessas espécies, o pico de temperatura ocorreu no meio do período da manhã a uma temperatura foi entre 27 °C e 28 °C.

Houve diferença estatística entre as janelas térmicas das espécies vegetais estudadas (Tabela 2.3). Os pareamentos em que não houve diferença nas janelas térmicas foram espécies que apresentaram visitantes florais diferentes o que pode indicar que há pouca competição de espécies, pois estas diferem quanto à faixa de temperatura que recebem mais visitas ou diferem quanto ao grupo de visitantes florais.

Neptunia plena foi a única espécie que apresentou dois picos de visitação. Isso porque nessa espécie foi observado que *Trigona spinipes* e *Xylocopa cearenses* visitaram-na nas primeiras horas da manhã, influenciando o primeiro pico de visitação. *A. mellifera* visitou essa espécie principalmente no horário entre 08h00min e 11h00min e assim influenciando o segundo pico de visitação.

O índice de diversidade foi a variável com a maior correlação entre todas as variáveis estudadas (tabela 2.4 e figura 2.6C). Isso mostra a importância da diversidade vegetal para a ocorrência da polinização, pois o aumento da diversidade aumentará a quantidade de visitantes florais e polinizadores (BASTERI; BENVENUTI, 2010).

As variáveis meteorológicas também influenciaram a ocorrência das visitas. Dessas apenas a temperatura mínima e a umidade relativa do ar mínima não estiveram correlacionadas com a quantidade de visitas. Esses podem estar relacionados ao fato que essas medidas mínimas não terem ficado muito abaixo ao ponto de prejudicar a ocorrência das visitas. A temperatura mínima registrada no estudo foi de 21°C e nessa temperatura já foram observadas várias visitas.

A quantidade de visitas não esteve correlacionada como a quantidade total de flores produzidas pelas plantas. Isso ocorreu porque as plantas que apresentaram as maiores quantidades de flores foram as que menos receberam visitas. As convolvuláceas e *Alternanthera tenella*, produziram muitas flores, mas receberam pouquíssimas visitas durante o período de estudo.

Diante do exposto, verificou-se que algumas espécies herbáceas/arbustivas que se desenvolvem naturalmente no semiárido brasileiro são bastante atrativas para os polinizadores. Portanto algumas espécies podem ser utilizadas para auxiliar programas de recuperação ambiental.

REFERÊNCIAS

- ALVES-DOS-SANTOS, I.; SILVA, C. I.; PINHEIRO, M.; KLEINERT, A. M. P. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**. n. 67, v. 2: 295-307. 2016. DOI: 10.1590/2175-7860201667202.
- BASTERI, G.; BENVENUTI, S. Wildflowers Pollinators-Attractivity in the Urban Ecosystem. **Acta Horticulturae**. n.881, 2010. DOI:10.17660/ActaHortic.2010.881.98.
- BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, B. B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**. v. 27, n. 3, p. 211 – 220, 2014.
- BRADBPEAR, N. **Bees and Their Role in Forest Livelihoods: A Guide to the Services Provided by Bees and the Sustainable Harvesting, Processing and Marketing of Their Products**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. Print.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTONKK, P.; BELT, M. V. D. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**. 387:253–260. 1997. DOI: 10.1016/S0921-8009(98)00020-2
- GIANNINI, T. C.; MAIA-SILVA, C.; ACOSTA, A. L.; JAFFE, R.; CARVALHO, A. T.; MARTINS, C. F.; ZANELLA, F. C. V.; CARVALHO, C. A. L.; HRNIR, M.; SARAIVA, A. M.; SIQUEIRA, J. O.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Protecting a managed bee pollinator against climate change: Strategies for an area with extreme climatic conditions and socioeconomic vulnerability. **Apidologie**. 48, 784–794 1-11. 2017, DOI: 10.1007/s13592-017-0523-5.
- GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTÍAS, C., ROTHERAY, E.L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**. v.347. 2015. DOI: 10.1126/science.1255957
- HEGLAND S. J.; NIELSEN A.; LÁZARO A.; BJERKNES A.-L.; TOTLAND O. How does climate warming affect plant–pollinator interactions? **Ecology Letters**. 12, 184–195. 2009, DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x.
- IDEMA - Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. Perfil do seu Município. Mossoró, 2008.
- KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: the conservation of plant – pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**. 29: 83–112. 1998. DOI:org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83
- KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMER, C. & TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, v.274, p.303-313, 2007, DOI: 10.1098/rspb.2006.3721.

- KOSCHNITZKE, C.; SAZIMA, M. Biologia floral de cinco espécies de *Passiflora* L. (Passifloraceae) em mata semidecídua. **Revista Brasileira de Botânica**. 20(2): 119-126. 1997. DOI:org/10.1590/S0100-84041997000200002
- LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da caatinga**: uma introdução ao desafio. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE. Brasil. 828 p. 2003.
- MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza. 2012.
- MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**. 46, 631–643. 2015, DOI:org/10.1007/s13592-015-0354-1.
- MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climate Change**. 129:103-115. 2015. DOI: 10.1007/s10584-014-1310-1.
- PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, 37, 637–669, 2006. DOI:org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100
- PISANTY, G, KLEIN A. M, MANDELIK, Y. Do wild bees complement honeybee pollination of confection sunflowers in Israel? **Apidologie**. 45(2):235–247. 2013, DOI: org/10.1007/s13592-013-0242-5.
- POTTS, S. G. IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**. 540, 220–229, 2016. DOI:10.1038/nature20588.
- POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**. v.25, 2010. DOI:org/10.1016/j.tree.2010.01.007.
- SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia**. 33:108-118, 1989.
- SETTELE, J.; BISHOP, J.; POTTS, S.G. Climate change impacts on pollination. **Nature Plants**. 2, 16092. 2016, DOI: 10.1038/NPLANTS.2016.92.
- THOMANN, M.; IMBERT, E.; C. DEVAUX, C.; CHEPTOU, P. O. Flowering plant under global pollinator decline. **Trends in Plant Science**. v. 16, 353-359, 2013, DOI:org/10.1016/j.tplants.2013.04.002.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que levam em consideração a disponibilidade floral e os visitantes florais são importantes, pois podem contribuir com informações sobre a ocorrência de polinização, sendo esta uma interação vital para os ecossistemas. Em ambientes degradados como os urbanos, o conhecimento sobre a floração das plantas que ocorrem naturalmente pode auxiliar em programas de restauração ambiental nesses ambientes, pois podem contribuir na ocorrência de polinização.

O estudo mostra que algumas espécies de ervas e arbusto podem contribuir em programas de restauração ambiental. Essas espécies têm o crescimento rápido e florescem rapidamente, permitindo o aparecimento de polinizadores, pois muitas delas são atrativas. As espécies *Passiflora foetida*, *Cynophalla flexuosa*, *Turnera subulata*, *Neptunia plena* e *Boerhavia diffusa* foram bem atrativas para os visitantes florais e podem ajudar na restauração ambiental.

As herbáceas e arbusto contribuem no aumento da diversidade floral, sobretudo no semiárido que apresenta grande riqueza dessas plantas. A diversidade floral foi a variável que apresentou correlação mais forte com a quantidade de visitas, sugerindo que o aumento da diversidade deve ser um dos principais objetivos da restauração ambiental.

Deve-se levar em consideração também as variáveis meteorológicas, elas estão correlacionadas tanto com a ocorrência de floração na maioria das espécies estudadas como também na quantidade de visitas observadas no estudo. Entre essas variáveis, a temperatura determinou o período que ocorreu as visitas ao longo do dia. Além disso, as espécies vegetais apresentaram janelas térmicas e/ou visitantes florais diferentes que possibilitaram a não ocorrência de competição por polinizadores.