



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

JÉSSICA SOARES PEREIRA

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO CAJUEIRO-ANÃO

FORTALEZA

2021

JÉSSICA SOARES PEREIRA

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO CAJUEIRO-ANÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Fitotecnia. Linha de pesquisa: Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. D.Sc. Júlio César do Vale Silva.

Coorientador: D.Sc. Francisco das Chagas Vidal Neto.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P492b Pereira, Jéssica Soares

Biologia floral e reprodutiva do cajueiro-anão / Jéssica Soares Pereira Pereira. – 2021.
77 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Júlio César do Vale Silva..

Coorientação: Prof. Dr. Francisco das Chagas Vidal Neto..

1. Anacardium occidentale L. 2. Andromonoiccia. 3. Distribuição de paniculas. 4. Épocas de florada. I.
Título.

CDD 630

JÉSSICA SOARES PEREIRA

BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO CAJUEIRO-ANÃO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Fitotecnia. Linha de pesquisa: Genética e Melhoramento de Plantas.

Aprovada em: ___/___/___.

BANCA EXAMINADORA

Prof. D. Sc. Júlio César do Vale Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

D. Sc. Francisco das Chagas Vidal Neto (Coorientador)
Embrapa Agroindústria Tropical

D. Sc. Dheyne Silva Melo
Embrapa Agroindústria Tropical

D. Sc. Levi de Moura Barros
Embrapa Agroindústria Tropical

D. Sc. José Wagner S. Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus, ofereço

Aos meus pais, Neuma Soares e Claudionor Pereira, meus amados irmãos Claudio Smalley e Kyhara Soares e minha avó Maria Soares (*in memoriam*) por todo apoio incondicional, cuidado e amor. Ao meu amor, Daniel Gomes Coelho pelo apoio, paciência, amor e incentivo para a obtenção desse título.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ser a luz presente em minha vida, por cuidar de mim e dar força para superar todos os obstáculos. Obrigada Deus, por inspirar minhas ações, acompanhando-as em teu auxílio, me oferecendo suporte para que minhas atividades tivessem sempre em ti o seu início e o seu cumprimento. Por Cristo nosso senhor, Amém.

À Universidade Federal do Ceará, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À EMBRAPA pela oportunidade de desenvolver o experimento de tese, e por aprender e compartilhar experiências com tantos outros pesquisadores e técnicos da área.

À CAPES pela concessão da bolsa, por propiciar recursos financeiros para a realização deste trabalho, bem como aquisição de livros que enriqueceram minha caminhada no Doutorado, e no desenvolvimento da pesquisa de tese.

Aos meus pais Neuma Soares e Claudionor Pereira pela dedicação, palavras de força, pelo companheirismo, verdade e confiança depositados ao longo de minha caminhada. Em especial à minha mãe, que na profissão de professora me acompanhou e, desde pequena, me incentivou a crescer em meio a paixão pelos livros e pelo conhecimento. Obrigada mãe por ser uma fonte de inspiração. Aos meus queridos irmãos Cláudio Smalley e Kyhara Soares, que me inspiram e apoiam a correr atrás de meus objetivos, trazendo-me alegria sempre nos momentos que mais preciso. À minha tia Natércia, meus primos Adriana, Alessandra, David e Pablo e Alana pelo carinho, força e torcida.

À minha amada e querida avó Maria Soares (*in memorian*), que me deixou as raízes da simplicidade e amor pela profissão. À minha tia Lassalete e Maria Angélica (*in memorian*), que sempre me incentivaram e torceram no desbravamento de novas conquistas em minha profissão; e a todos os meus familiares que me ajudaram sempre torcendo por mim.

Ao meu amado companheiro de jornada Daniel Coelho, pela cumplicidade, paciência, amor, carinho e cuidado durante todo esse tempo, sempre me incentivando a ser uma mulher e profissional melhor. Obrigada amor, por todo apoio durante a concretização de mais uma etapa na minha carreira profissional, a realização do sonho do Doutorado. À família de meu companheiro, em especial, Agostinha Rodrigues e Natália Coelho, pelo amor, cuidado e palavras de incentivo e apoio durante minha trajetória.

Ao professor Júlio César do Vale Silva pela orientação, paciência, disponibilidade e ensinamentos no decorrer da minha trajetória de Doutorado.

Ao Dr. Vidal pela coorientação, pelos ensinamentos, conversas, paciência e valiosas experiências compartilhadas durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Wagner Melo pela grande disponibilidade, compreensão, paciência e humildade em seus ensinamentos e apoio nas análises estatísticas da pesquisa de tese.

Aos Drs. Levi Barros e Dheyne Melo pelas riquíssimas contribuições desde a ideia inicial do projeto de tese, bem como as propostas, opiniões e argumentos sempre construtivos que enriqueceram de fato a elaboração desse trabalho.

Aos meus queridos amigos e profissionais Dão, Carioca (Edilson) e Dico pela confiança, companheirismo, lealdade e disposição na realização das atividades de campo, e pelos diversos momentos de aprendizado e também de descontração, tornando minha passagem pela Embrapa sem dúvida especial.

Aos profissionais da unidade experimental da Embrapa – Pacajus: Justino, Josélia e Cileida pelo carinho, atenção e disponibilidade em ajudar nas etapas de planejamento da tese, bem como pelas conversas e momentos de alegria compartilhados.

Ao Dr. Fernando Aragão pela confiança e disponibilidade de utilizar o Laboratório de Melhoramento Genético da Embrapa para algumas etapas de avaliação dos materiais de campo.

Aos meus queridos amigos do grupo de trabalho em melhoramento vegetal: Leane Melo, Antônio Moreira Neto, Linda Brenna, Renata Fernandes e Marcelo Pinheiro por todo apoio e compromisso. Em especial à Ingrid Pinheiro, Fernanda Carla e Tamiris Pereira pela amizade, companheirismo e confiança durante a minha trajetória no Doutorado, muito mais que simples colegas de trabalho para mim. Aos meus amigos de jornada na sala do doutorado Hozano Lemos, Marcelo Pinheiro, Leane, Francelino, Vanessa Vasconcelos, Ronaldo e Tomil pelos cafés, conversas, trocas de experiências e diversos momentos que levarei para sempre.

Às minhas amigas Adriely Fernandes e Rebeca Torres por todo apoio, carinho e amizade que se fortaleceram ao longo da minha jornada, unindo os laços que construímos ao longo desse tempo em minha passagem por Fortaleza. À minha querida amiga Jaqueline Saraiva, pelo companheirismo, amizade e confiança em tantos momentos compartilhados.

Ao meus amigos carirenses e companheiros também de jornada no Doutorado: Wesley Silva, Joana Moura e Polyana Matias por tantas histórias e momentos divididos.

Em uma pesquisa como esta, por trás dos meus objetivos, está também o trabalho de muitas pessoas que deixaram sua marca diretamente ou indiretamente em cada trecho aqui escrito, e a todos deixo meu sincero reconhecimento e gratidão.

E agora, que a glória seja dada a Deus, o qual por meio do seu poder que age em nós, pode fazer muito mais do que pedimos ou até pensamos! - Efésios 3:20.

Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender e conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer (Albert Einstein).

RESUMO

Informações acerca da biologia floral e reprodutiva são fundamentais para dinâmica reprodutiva das espécies. O conhecimento dos caracteres florais é importante para os esquemas de seleção por apresentarem associação com a produção. Entretanto, poucas informações relacionadas a esta temática estão disponíveis na literatura para o cajueiro, principalmente para o tipo anão, que vem ganhando cada vez mais espaço entre os cajucultores. Assim, objetivou-se com esse estudo: (i) compreender o desenvolvimento floral e a expressão sexual em cajueiro-anão, e a influência da época de avaliação e da safra sobre os caracteres florais; (ii) elucidar a influência da distribuição das flores na copa da planta e suas implicações na produção de frutos. O material genético foi constituído por 10 genótipos (clones em fase preliminar de avaliação), com quatro plantas por parcela, avaliados em duas safras (2018 e 2019). Os dados de duas floradas para cada safra foram processados, analisados e os resultados separados em dois capítulos, conforme os objetivos definidos. No capítulo I, foram analisadas três épocas de floração – 30, 45 e 60 dias após o início da floração, nas duas safras. Para caracterização das estruturas florais, avaliaram-se: número de flores masculinas, hermafroditas e anormais; biomassa, comprimento, largura, e ramificações da panícula – ramos primários e secundários. A época de avaliação foi significativa para a maioria dos caracteres florais, com exceção da biomassa da panícula, enquanto a significância do efeito de safra foi observada apenas para o número de ramos secundários. Aos 30 dias, a produção de flores hermafroditas foi correlacionada pelos caracteres: comprimento e largura da panícula; aos 45 dias pela presença de flores masculinas; e aos 60 dias pelos caracteres estruturais da panícula: comprimento e ramos primários. A época de avaliação da florada acarretou mudanças na estrutura reprodutiva do cajueiro-anão, proporcionando diferenças na morfologia floral das panículas, afetando a produção de flores hermafroditas. No capítulo II, foram avaliados os aspectos da biologia floral e reprodutiva, nas duas safras e entre os quadrantes da copa. Após o início da floração, avaliaram-se os seguintes caracteres: número médio de flores emitidas e acumuladas; tempo médio para abertura das flores; número estimado de panículas, de flores masculinas, de flores hermafroditas e frutos/quadrante. Independentemente do tipo de flor, da florada e da safra, o cajueiro-anão apresentou as mesmas tendências com relação ao número médio e acumulado de flores. As plantas apresentaram elevada razão entre flores masculinas e hermafroditas, em torno de 10:1, reforçando o conhecimento sobre uma característica comum em espécies alógamas. As flores masculinas demandaram mais tempo para antese durante as safras. Ademais, ocorreu variação

no número de panículas e flores hermafroditas entre os quadrantes da copa, com tendência de maiores valores no quadrante norte. Por outro lado, essa mesma tendência não foi encontrada para o número de frutos, indicando que a associação entre o florescimento e a frutificação parecem não estar atreladas a distribuição de flores.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Andromonoicia. Distribuição de panículas. Épocas de florada.

ABSTRACT

Information about floral and reproductive biology is essential for breeding programs, as floral characters are important for selection schemes since they are associated with production. However, little information related to this topic is available in the cashew literature, especially for the small-type, which has been acquiring more space among cashew farmers. Thus, the objective of this thesis was: (i) understand the floral development and sexual expression in dwarf cashew, and the influence of the evaluation period and harvest on the floral characters; (ii) to elucidate the influence of flower distribution on the plant crown and its implications for fruit production. The genetic material consisted of 10 genotypes (clones in preliminary evaluation phase), with four plants per plot, evaluated in two harvests (2018 and 2019). Thus, the data of two blooms for each harvest were obtained, processed, analyzed and the results separated into two chapters, according to the aforementioned objectives. In chapter I, three flowering seasons were analyzed at – 30, 45 and 60 days after the beginning of flowering, in the two seasons. To characterize the floral structures, the following were evaluated: number of male, hermaphrodite, and abnormal flowers; biomass; length and width, and panicle branches - primary and secondary branches. The evaluation period was significant for most floral characters, while the significance of the harvesting effect was observed only for the number of secondary branches. At 30 days, the production of hermaphrodite flowers was correlated by the characters: length and width of the panicle; at 45 days due to the presence of male flowers; and at 60 days for the structural characters of the panicle: length and primary branches. In conclusion, the flowering evaluation period brought about changes in the reproductive structure of the cashew tree, providing differences in the floral morphology of the panicles, affecting the production of hermaphrodite flowers. In chapter II, aspects of floral and reproductive biology, were evaluated in the two harvests and between the quadrants of the canopy. After the beginning of flowering, the following characters were evaluated: average number of emitted and accumulated flowers; average time for flower opening; estimated number of panicles, male flowers, hermaphrodite flowers and fruits/quadrant. Regardless of the type of flower, flowering and harvest, the cashew plants showed the same trends in relation to the average and accumulated number of flowers. The plants showed a high ratio between male and hermaphrodite flowers, around 10:1, reinforcing a common characteristic in allogamous species. Male flowers demanded more time before anthesis during the harvests. In addition, there was variation in the number of panicles and hermaphrodite flowers between the quadrants of the canopy, with a trend towards higher values in the northern quadrant.

Otherwise, this same trend was not found for the number of fruits, indicating that the association between flowering and fruiting does not seem to be linked to flower distribution.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Andromonoicia. Panicles distribution. Flowering seasons.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Informações climáticas da área experimental para as duas safras em avaliação, anos de 2018 (A) e 2019 (B), no município de Pacajus, Ce.....	24
Figura 2	– Detalhes dos estames das flores masculinas em panículas de cajueiro, no município de Pacajus, CE	26
Figura 3	– Detalhes dos estames das flores hermafroditas em panículas de cajueiro, no município de Pacajus, CE	27
Figura 4	– Detalhes das flores anormais presentes em panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE	27
Figura 5	– Avaliação da biomassa das panículas de cajueiro-anão para as duas safras em avaliação, no município de Pacajus, CE	28
Figura 6	– Avaliação do comprimento de panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE	28
Figura 7	– Avaliação da largura de panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE	28
Figura 8	– Detalhes da avaliação e contagem de ramos primários (RP) e ramos secundários em panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE	29
Figura 9	– Boxplots dos caracteres da morfologia floral de panículas (A: Flores hermafroditas; B: Flores masculinas; C: Flores anormais; D: Biomassa da panícula; E: Comprimento da panícula; F: Largura da panícula; G: Ramos primários e H*: Ramos secundários) de cajueiro-anão analisadas em duas safras (2018 e 2019), no município de Pacajus, CE, para três épocas após início da floração (30, 45 e 60 dias)	32
Figura 10	– Análise de regressão <i>stepwise</i> correlacionando os caracteres morfológicos e a produção de flores hermafroditas em panículas de cajueiro-anão precoce nas safras 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE	34
Figura 11	– Informações climáticas da área experimental para as duas safras em avaliação, anos de 2018 (A) e 2019 (B), no município de Pacajus, CE	50

Figura 12 – Número médio e acumulado de flores masculinas (A e C) e hermafroditas (B e D) para a 1ª (A e B) e 2ª (C e D) floradas de cajueiro-anão, dias após a marcação das panículas na safra de 2018, no município de Pacajus, CE.....	55
Figura 13 – Número médio e acumulado de flores masculinas (A e C) e hermafroditas (B e D) para 1ª (A e B) e 2ª (C e D) floradas de cajueiro-anão, , dias após a marcação das panículas na safra de 2019, no município de Pacajus, CE	56
Figura 14 – Tempos médios para abertura das flores (masculinas e hermafroditas) em duas floradas (1ª e 2ª) de cajueiro-anão avaliadas nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021	59
Figura 15 – Número estimado de panículas por quadrante da copa de cajueiro-anão, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021	60
Figura 16 – Distribuição de flores masculina e hermafroditas, e a produção da cultura de cajueiro-anão nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação das progênes de cajueiro-anão	25
Tabela 2 – P-valores para os efeitos de época, safra e interação (épocas x safras) de caracteres da morfologia floral de cajueiro-anão, avaliados em dois anos de cultivo, no município de Pacajus, CE, em 2021.....	31
Tabela 3 – Contribuições dos caracteres morfológicos de panículas de cajueiro-anão na dinâmica da explicação de emissão de flores hermafroditas coletadas em duas safras, no município de Pacajus, CE, 2021	33
Tabela 4 – Identificação das progênes de cajueiro-anão	51
Tabela 5 – Parâmetros da análise de regressão não linear da emissão de flores (masculinas e hermafroditas) para 1ª e 2ª floradas de cajueiro-anão, avaliadas das safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021 ...	57
Tabela 6 – Parâmetros da análise de regressão linear do acúmulo de flores (masculinas e hermafroditas) para 1ª e 2ª floradas de cajueiro-não, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021....	57
Tabela 7 – Análise de variância para o tempo médio para abertura de flores (masculinas e hermafroditas) de cajueiro-anão considerando os efeitos individuais de sexo, safra e florada e a interação entre ambos, em clones de cajueiro-anão avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021	58
Tabela 8 – Análise de variância conjunta para o caráter número estimado de panículas por quadrante (NPQ), considerando os efeitos de safra (S) e quadrante da copa (Q) e a interação entre ambos, em clones de cajueiro-anão avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.....	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE AVALIAÇÃO E SAFRA EM CARACTERES MORFOLÓGICOS FLORAIS E CONTRIBUIÇÃO NA EMISSÃO DE FLORES HERMAFRODITAS DE CAJUEIRO-ANÃO	19
2.1	Introdução	22
2.2	Material e métodos	24
2.2.1	<i>Área experimental</i>	24
2.2.2	<i>Material genético</i>	25
2.2.3	<i>Design experimental</i>	25
2.2.4	<i>Caracteres avaliados</i>	26
2.2.5	<i>Variação dos caracteres florais em função do tempo e da safra</i>	29
2.2.6	<i>Relação dos caracteres florais para expressão de flores hermafroditas</i>	30
2.3	Resultados	30
2.3.1	<i>Variação dos caracteres florais em função do tempo e da safra</i>	30
2.3.2	<i>Relação dos caracteres florais para expressão de flores hermafroditas</i>	33
2.4	Discussão	35
2.5	Conclusão	40
3	CAPÍTULO II – PADÃO NO FLORESCIMENTO DO CAJUEIRO-ANÃO QUANTO À SAFRAS E POSIÇÃO DAS PANÍCULAS NA COPA	45
3.1	Introdução	48
3.2	Material e métodos	49
3.2.1	<i>Características experimentais e material genético</i>	49
3.2.2	<i>Avaliações e caracteres estudados</i>	51
3.2.3	<i>Análises estatísticas</i>	52
3.3	Resultados	53
3.4	Discussão	61
3.5	Conclusão	65
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
	REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO GERAL

Nas angiospermas, o resultado da produção vegetal depende da quantidade e peso dos frutos que, por sua vez, depende da quantidade e qualidade das flores (Rosati et al., 2012). Para que haja frutificação, as flores (femininas ou hermafroditas) devem se desenvolver de forma plena (não resultando em flores anormais), e, em seguida polinizadas e fecundadas (Rosati et al., 2012). Ainda assim, flores com ovários em desenvolvimento podem abortar, não resultando em frutos, fenômeno frequente em plantas da família Anacardiaceae (Free; Williams, 1976; Wunnachit et al., 1986).

A evolução das características morfológicas das flores permite evidenciar de maneira efetiva a dinâmica reprodutiva das espécies (Guerrero et al., 2014). Dessa forma, as investigações conduzidas nessa área podem gerar esquemas para otimizar o manejo agrônomico necessário para melhorar a produção e a qualidade dos frutos obtidos, em cada colheita (Bendini; Souza, 2008).

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma espécie nativa do Brasil, que hoje está presente em mais de 30 países de regiões tropical e subtropical do mundo (Singh; Mukherjee, 2018; FAOSTAT, 2020). Pertence à família Anacardiaceae, que possui 15 gêneros e cerca de 700 espécies, constituídas por árvores e arbustos que apresentam ramos providos de canais resiníferos (Carvalho; Gaiad, 2012; Oliveira et al., 2020). O Brasil se destaca com uma produção média de 149.408 toneladas, o que representa um crescimento de 7,2% em relação à safra de 2019 (139.383 toneladas) (ICB, 2020). Na região Nordeste do Brasil se concentra a quase totalidade da produção de caju (99,5%), principalmente nos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte, nas faixas litorâneas e de transição com outros ecossistemas (Brainer; Vidal, 2020).

O cajueiro-anão, também conhecido por cajueiro de seis meses, engloba um grupo de genótipos de cajueiros de pequeno porte, selecionados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Entre as principais características do cajueiro-anão estão o seu porte baixo (altura média inferior a 4 m), copa homogênea, diâmetro do caule e envergadura inferiores aos do tipo comum, florescimento iniciado entre 6 e 18 meses (precoce) e capacidade produtiva maior em relação ao cajueiro comum (Barros, 1988; Yokomizo et al., 2018). Por atender certas demandas de mercado, devido ao tamanho da castanha, rendimento de amêndoa, resistência à quebra durante o processamento, alto valor nutricional apresentando boa fonte de lipídios (48,35%), seguido das proteínas (21,76%), amido (17,30%), e uma

importante fonte de selênio (Silva, et al., 2021) e econômico (Matos Filho et al., 2019), esse tipo de cajueiro vem ganhando cada vez mais espaço entre os cajucultores do Brasil.

Nessa espécie, a exemplo de outras do gênero *Anarcadium*, o entendimento dos processos envolvidos com o florescimento é de suma importância, visto que os caracteres associados ao desenvolvimento dos órgãos florais, como o tipo de inflorescência, o número de flores, o padrão de florescimento e o índice de sexualidade estão estritamente correlacionados com a produtividade dos pomares (Oliveira; Lima, 2000; Araújo, 2013; Gajbhiye et al., 2016). Em estudo relacionado ao tema, Masawe et al. (1996) observaram, em plantas de cajueiro, relação direta da produção com o número de panículas, de fato que houve diferenças entre os clones na data da primeira abertura da flor e no tempo e duração do pico de floração. A proporção de flores masculinas e hermafroditas variou entre os clones e os diferentes lados do mesmo clone. Logo, os rendimentos do caju poderiam estar relacionados com o padrão de floração e o índice de sexualidade na cultura. Nessa perspectiva, informações pormenorizadas acerca da biologia floral e reprodutiva durante o ciclo de produção do cajueiro-anão são fundamentais para exploração econômica da cultura.

O cajueiro produz flores em abundância, mas apenas menos de 10% são hermafroditas. E cerca de 85% destas são fertilizadas, porém apenas 4-6% delas atingem a maturidade para fornecer frutos; o restante é eliminado em diferentes estágios da produção (Mog et al., 2018). Logo, o percentual de frutos formados em relação à quantidade de flores hermafroditas produzidas é muito baixo (Freitas et al., 2014), o que justifica a necessidade de mais informações sobre a biologia reprodutiva ao cultivo do cajueiro. Adicionalmente, são escassas as informações sobre a biologia reprodutiva e o padrão de florescimento da espécie do cajueiro anão.

O cajueiro anão apresenta uma relação com o padrão comportamental da emissão de flores e conseqüentemente com o índice de sexualidade na cultura. No entanto, são escassas as informações quanto a existência de um comportamento padrão nessa taxa de emissão de flores masculinas e hermafroditas na cultura. Outros questionamentos são apresentados na perspectiva de um maior entendimento quanto a instabilidade da flutuação dessas flores durante as floradas; se o tempo de floração é padrão e pode ser explicado matematicamente; e se a produção de flores se mantém no cajueiro. Outros questionamentos remetem ao fato da existência do efeito da intensidade da luz sobre a emissão de panículas, bem como se essa incidência da luz afeta a emissão de panículas ao longo das safras. Não obstante, as poucas informações disponíveis acerca dessa temática foram obtidas para germoplasmas explorados na Índia e na África (Rao; Hassan, 1957; Northwood, 1966;

Damodaran et al., 1979; Saroj; Nayak; Meena, 2014), diferentes do que é explorado no Brasil, sobretudo, em relação ao cajueiro-anão.

Além de fatores genéticos, o florescimento pode sofrer influência de agentes externos do ambiente como temperatura, sombreamento, radiação solar e a precipitação, que podem acarretar mudanças na expressão sexual da flor, principalmente na quantidade e no índice de sexualidade (a razão entre flores hermafroditas/masculinas) em plantas de cajueiro (Foltan; Ludders, 1995; Araújo, 2013), afetando assim a produtividade das culturas agrícolas em geral. A razão flores hermafroditas/masculinas também pode ser influenciada pela localização da panícula em relação aos quadrantes da copa, evidenciando a importância da orientação das linhas de plantio nos pomares (Oliveira; Lima, 2000). Portanto, é plausível que exista uma relação significativa entre a orientação da copa e a quantidade de radiação solar entre os lados na produção de flores e a produtividade da cultura, conforme observado por Sharma (2009). Por outro lado, existem comportamentos que ainda necessitam ser elucidados à respeito das variações no padrão de florescimento, quanto à emissão inicial de flores hermafroditas e masculinas, bem como o padrão de emissão ao longo do ciclo, de acordo com a posição da copa.

O presente estudo se propõe a explicar a prelação entre a produção de flores hermafroditas e outros caracteres da biologia floral do cajueiro-anão, em diferentes épocas, dentro do ciclo produtivo; o padrão de florescimento da cultura quanto à emissão inicial e ao longo do ciclo, de flores hermafroditas e masculinas, e a influência da posição da copa no padrão de florescimento e na produção de frutos. A melhor compreensão desses aspectos pode ser fundamental no direcionamento de novas pesquisas com a cultura, incluindo aumento da produtividade, maior precocidade e melhor aproveitamento das potencialidades da espécie *A. occidentale*.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, p. 532, 2013.
- BARROS, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento. In: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza, CE: BNB/ETENE, 1988. p.301-319.
- BENDINI, J. N.; SOUZA, D. C. Caracterização físico-química do mel de abelhas proveniente da florada do cajueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 325-334, 2008.
- BRAINER, M. S. C. P.; VIDAL, M. F. **Cajucultura. Caderno Setorial Escritório Técnico de estudos Econômicos do Nordeste-ETENE**, n.5, v.114, p.1-16, 2020.
- CARVALHO, P. E. R.; GAIAD, S. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Agência de informação EMBRAPA, 2012. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 16 fevereiro 2020.
- DAMODARAN, V. K.; VILASACHAN, Y.; VALSALAKUMARI, P. K. Research on cashew in India. **Technical Bulletin**, p. 10-35, 1979.
- FAOSTAT. Crops Production Cashew nuts, with shell. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/cashew>. Acesso em: 04 ago. 2020.
- FILHO, M.; C. H. A.; NUNES, J. A. R.; LOPES, Â. C. D. A.; GOMES, R. L. F. Selection of common cashew tree genotypes in commercial growing areas in municipalities of Piauí, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 245-252, 2019.
- FOLTAN, H.; LUDDERS, P. Flowering, fruit set, and genotype compatibility in cashew. **Angewandte Botanik**, Berlim, v. 69, n.5/6, p.215 -220, 1995.
- FREE, J. B.; WILLIAMS, I. H. Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig, and *Persea americana* Mill. **Tropical Agriculture**, v. 53, n. 2, p. 125-39, 1976.
- FREITAS, B. M.; SILVA, C. I.; LEMOS, C. Q.; ROCHA, E. E. M.; MENDONÇA, K. S.; PEREIRA, N. O. **Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica**. Funbio, Rio de Janeiro, 2014.
- GAJBHIYE, R.C.; SALVI, S. P.; PAWAR, S. N. Efeito de adubos orgânicos no crescimento e produção de Caju cv. VENGURLA-4 sob Konkan Região de Maharashtra. In **Asian Journal of Ciência do Solo**, v.11, p.159 – 165, 2016.
- GUERRERO, R.; HERNÁNDEZ, C.; CHACÍN, J.; CLAMENS, C.; PACHECO, D.; SÁNCHEZ-URDANETA, A.; BRACHO, B. Aspectos preliminares de la biología floral de *Anacardium occidentale* L. (Meroy) en la altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v.1, p. 404-413, 2014.

ICB – INSTITUTO CAJU BRASIL. **Cajucultura: Incertezas pós-pandemia**. Boletim ICB. O agronegócio caju em números. n. 8, 2020. 7p.

MASAWE, P. A. L., CUNDALL, E. P., CALIGARI, P. D. S. Distribution of cashew flower sex-types between clones and sides of tree canopies in Tanzania. **Annals of Botany**, v.78, p.553-558, 1996.

MOG, B.; ADIGA, D.; NAYAK, M. G. Role of Plant Growth Hormones in Cashew: Key Strategy for Modifying Crop Performance. **International Journal of Current Microbiology e Applied Sciences**, Tamilnadu, v.7, n. 7, p. 1470-1484, jul. 2018.

NORTHWOOD, P.J. Some observations on flowering and fruit, setting in the cashew, *Anacardium occidentale* L. **Tropical Agriculture**. Trinidad, V. 43, n.1, p. 35-42, 1966.

OLIVEIRA, N. N.; MOTHÉ, C. G.; MOTHÉ, M.G. Castanha de caju e maçã de caju: uma revisão mundial do monitoramento científico e tecnológico. *Journal of Food Science and Technolog*, v.57, p. 12–21, 2020.

OLIVEIRA, V. H.; LIMA, R. N. Influência da irrigação e da localização da inflorescência sobre a expressão do sexo em cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., Brasília, v. 35, n. 9, p. 1751-1758, set. 2000.

RAO, V.N.M.; HASSAN, M.V. Preliminary studies on the floral biology of cashew (*Anacardium occidentale*, L.) mangalore. **The Indian Journal of Agricultural Science**, V. 27, n. 3, p. 277- 288, 1957.

ROSATI, A.; CAPORALI. S.; PAOLETTI, A. Biologia Floral: Implicações para as características e produção dos frutos. In: Muzzalupo I. (org.). **Germoplasma de azeitona – O cultivo da azeitona, a azeitona de mesa e a indústria do azeite na Itália**. IntechOpen, Rijeka, 2012. p.71-80.

SAROJ, P. L.; NAYAK, M. G.; MEENA, R. K. Physiology of flowering, fruit and nut development in cashew. In: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V.K.; MISRA, A.K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: 202-209, 2014.

SHARMA, D. Distribution of staminate and hermaphrodite flowers and fruit-set in the canopy of cashew genotypes. **Journal Hortl. Sci.**, Índia, v. 4, n. 1, p. 45-49, 2009.

SINGH, S.; MUKHERJEE, S. K. Studies on flowering thrips of cashew and its correlation on nut shedding. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 4, p. 873-875, 2018.

YOKOMIZO, G. K.; VIDAL NETO, F.C.; HONGYU, K.; BARRO, L. M. GGE biplot for stability and adaptability in cashew tree clones. *Revista Agro@ambiente*, v. 12, n. 3, p. 162-176, 2018.

**CAPÍTULO I – INFLUÊNCIA DA ÉPOCA DE AVALIAÇÃO E SAFRA EM
CARACTERES MORFOLÓGICOS FLORAIS E CONTRIBUIÇÃO NA EMISSÃO
DE FLORES HERMAFRODITAS EM CAJUEIRO-ANÃO**

RESUMO

Os caracteres morfológicos da floração são fatores fundamentais no processo reprodutivo das plantas. Apesar da biologia floral ter importantes implicações práticas, são pouco explorados na espécie *A. occidentale*. Objetivou-se com esse estudo verificar a influência da época de avaliação e da safra sobre os caracteres florais, e identificar quais caracteres estão associados à emissão de flores hermafroditas de cajueiro-anão. Os caracteres florais: flores masculinas; flores hermafroditas; flores anormais; e biomassa, comprimento, largura máxima e ramificações da panícula, foram avaliados em três épocas (30, 45 e 60 dias) após (30 dias) da iniciação da formação da panícula, em duas safras (2018 e 2019). O efeito de safra (S) foi não significativo, enquanto a época de avaliação foi significativa para a maioria dos caracteres: flores hermafroditas, masculinas e flores anormais; largura da panícula e ramos secundários, nas diferentes épocas de florada. A expressão de flores hermafroditas, nas três épocas de avaliação, foi determinada pela associação dos caracteres estruturais: comprimento, largura, presença de ramos primários e produção de flores masculinas nas panículas. Aos 30 dias, maiores contribuições foram observadas para os caracteres comprimento e largura da panícula; aos 45 dias para flores masculinas; e aos 60 dias, para o comprimento da panícula e ramos primários. A produção de flores masculinas possui uma relação negativa com a emissão de flores hermafroditas, durante o processo de floração na cultura. As variações que ocorrem no período de floração comprometem a produção de flores hermafroditas nas panículas, e alteram a estrutura de floração.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Florescimento. Comprimento da panícula. Largura da panícula. Épocas de florada. Biologia floral.

ABSTRACT

The flowering morphological traits are fundamentals in plants reproductive processes, and although the floral biology has important practical implications, this is a little-exploited aspect of the *A. occidentale* species. The objective of this study was to verify both the influence of the evaluation period and the harvest on the floral characters, and identify which characters associated to the emission of hermaphrodite flowers of small-type cashew. Floral characters: male flowers; hermaphrodite flowers; abnormal flowers; and biomass, length, maximum width and ramifications of the panicle, were evaluated in three time-points (30, 45 and 60 days) after (30 days) of panicle initiation, in two seasons (2018 and 2019). The season effect (S) was not significant for most characters. On the other hand, the evaluation period was significant for most of the characters: hermaphrodite flowers, male and abnormal flowers; panicle width and secondary branches at different flowering times. The expression of hermaphrodite flowers, in the three evaluation periods, was determined by the associated of the structural characters: length, width, presence of primary branches and production of male flowers in the panicles. At 30 days, major contributions were observed for the panicle length and width; at 45 days for male flowers; and at 60 days, for panicle length and primary branches. The production of male flowers has a negative relationship with the emission of hermaphrodite flowers during the flowering process in the crop. The variations that occur during the flowering period compromise the production of hermaphrodite flowers in the panicles, and alter the flowering structure.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Flowering. Panicle length. Panicle width. Flowering seasons. Floral biology.

2.1 INTRODUÇÃO

A floração conduz a uma sucessão de eventos como: antese, frutificação, desenvolvimento e maturação dos frutos, que determinam a propagação da espécie e contribuem com o melhoramento das culturas, por meio da recombinação genética (Bhagwan; Reddy, 2014). A floração, em árvores frutíferas, é um importante fenômeno reprodutivo que marca o início da produção de frutos (Olubode et al., 2018) e é composta por quatro estágios: indução floral, iniciação floral, diferenciação floral e florescimento. A emergência dos botões florais no cajueiro é um processo gradativo, de forma que cada panícula desenvolve os botões florais e pode permanecer até três meses gerando frutos continuamente. A duração da fase de floração depende do genótipo e das condições ambientais (Saroj; Nayak; Meena, 2014).

A família Anacardiaceae compreende mais de 700 espécies (Barros, 1988; Nakasone; Paul, 1998). Dentre as Anacardiaceae destaca-se o cajueiro, *Anacardium occidentale*, L., espécie nativa do Nordeste do Brasil (Barros et al., 2002) e cultivada em mais de 30 países (FAOSTAT, 2020). Classificado como espécie andromonoica, o cajueiro possui flores masculinas e hermafroditas, simultaneamente (Barros; Crisóstomo, 1995). A inflorescência da espécie é do tipo panícula, com formato, tamanho, quantidade e proporções variáveis de flores masculinas e hermafroditas (Souza et al., 2007; Adiga et al., 2019).

No cajueiro, a floração está diretamente relacionada com os fluxos de crescimento vegetativo, sendo que ambos ocorrem concomitantemente em certos períodos e com diferentes intensidades. O período de máxima diferenciação floral e florescimento ocorre principalmente durante a estação seca (Wunnachit; Sedgley, 1992; Frota; Parente, 1995) e tem duração de até 7 meses (Sousa et al., 2007) em função da heterogeneidade dos pomares, podendo sofrer variações na duração do período de florescimento (Barros, 1988). Sob condições de cultivo com chuvas bem distribuídas, o cajueiro pode florescer mais de uma vez por ano (Nambiar, 1979; Ohler, 1979; Wait; Jamieson, 1986). A floração e a frutificação, durante a estação seca, conferem a vantagem da baixa incidência de pragas e doenças, reduzindo assim possíveis danos a estas fenofases (Wunnachit; Sedgley, 1992). Por outro lado, níveis baixos de umidade relativa do ar durante a floração e frutificação podem reduzir não só a receptividade do estigma, mas também, a viabilidade do pólen (Sturtz, 1981), além de propiciar abortamento de frutos em desenvolvimento (Wunnachit; Sedgley, 1992).

A expressão sexual das flores do cajueiro (Sousa et al., 2007) além da influência dos aspectos biológicos da floração, também apresenta a interferência de fatores ambientais externos como: temperatura, radiação e precipitação, dentre outros que podem ocorrer na área

de plantio durante as floradas. Tais fatores podem comprometer a estrutura de floração, com panículas que apresentam uma grande quantidade de flores masculinas e baixa emissão de flores hermafroditas; interferindo conseqüentemente na produção (Madail; Herter; Leite, 2012).

A floração do cajueiro normalmente começa no final da estação chuvosa, após o surgimento de um novo fluxo de crescimento, mas seu início e duração são fortemente influenciados pela temperatura (Saroj; Nayak; Meena, 2014). A frutificação e o desenvolvimento da espécie dependem da irradiância, que pode resultar em mudanças nos tipos de flores produzidas, indicando efeitos da temperatura no índice de sexualidade (Foltan; Lüdder, 1994).

O cajueiro produz flores em abundância, mas apenas menos de 10% destas são hermafroditas. E, destas, cerca de 85% são fertilizadas, com 4-6% delas atingindo a maturidade para fornecer frutos. O restante é eliminado em diferentes estágios da produção (Mog et al., 2018). Apesar da biologia floral ter importantes implicações práticas, uma vez que as características da flor e da floração afetam, não só as características dos frutos, mas também sua produção, este é um aspecto pouco explorado na espécie *A. occidentale*. O presente estudo, pela primeira vez, tenta explicar as relações entre a expressão de flores hermafroditas, a partir dos demais caracteres morfológicos das panículas, de plantas de cajueiro-anão. Adicionalmente, foi também verificada a influência da época de avaliação e da safra sobre os caracteres florais, visto que a época de avaliação da florada é importante para explicar a produção de flores hermafroditas e masculinas, que se desenvolvem nas panículas sobre um ponto de vista evolutivo durante os diferentes períodos de floração da espécie.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área experimental

Os dados foram coletados em plantas de cajueiro-anão propagadas vegetativamente e cultivadas em regime de sequeiro no campo experimental pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, no município de Pacajus, Ceará, Brasil. O clima predominante da região é Tropical Quente Úmido (Aw, na classificação climática de Köppen-Geiger), com temperatura média anual de 26 °C e pluviosidade média anual de 1020 mm (Kottek et al., 2006). Na Figura 1 estão condensadas as principais informações climáticas observadas para os anos em que os experimentos foram conduzidos.

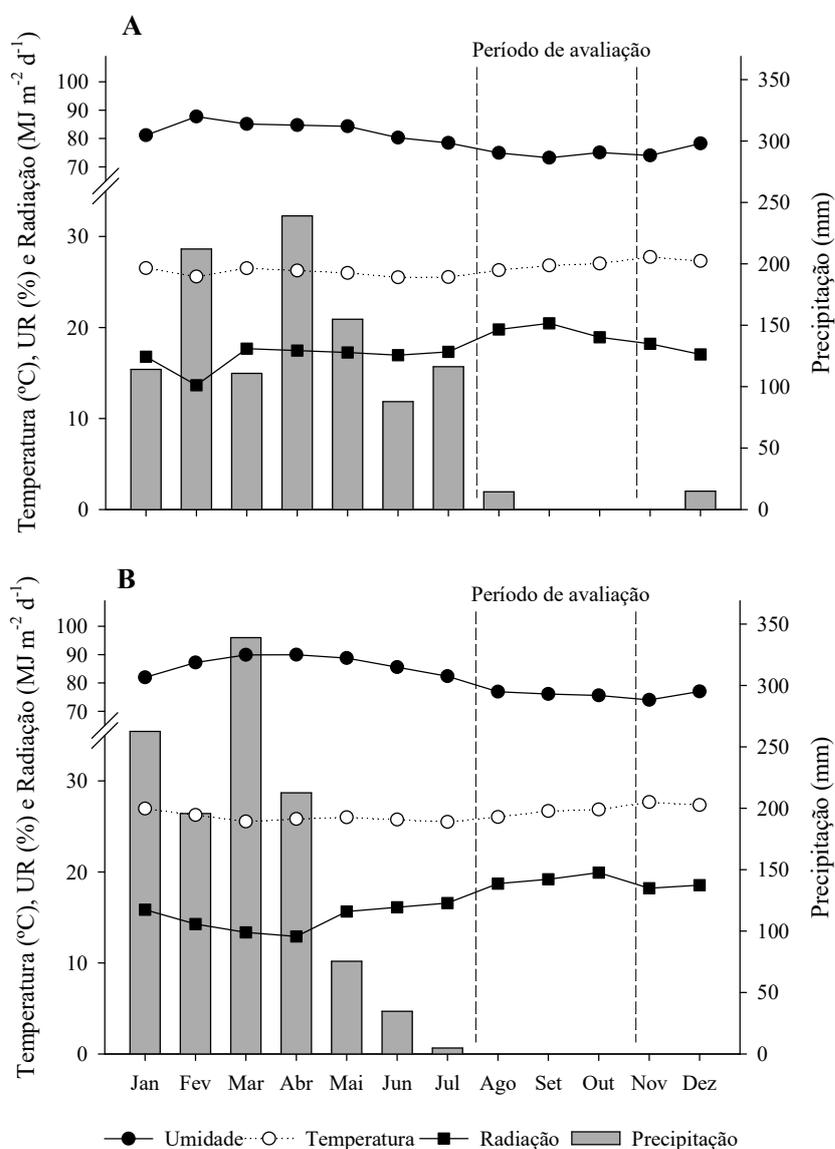


Figura 1. Informações climáticas da área experimental para as duas safras em avaliação, anos de 2018 (A) e 2019 (B), no município de Pacajus, CE.

2.2.2 Material genético

Foram utilizados 10 clones de cajueiro-anão selecionados em experimentos de progênies por avaliações fenotípicas, para as condições edafoclimáticas do estado do Ceará (Tabela 1). Os clones escolhidos para o trabalho são divergentes em relação a vários caracteres entre os quais: produtividade de castanha e pedúnculo; peso médio de castanha e pedúnculo; cor e formato do pedúnculo; porte da planta; precocidade de floração, frutificação e duração desses períodos produtivos e rendimento de amêndoa.

Tabela 1. Identificação dos clones de cajueiro-anão.

Clones	Procedência
END II 6-9	Híbrido anão x anão
PRO 555/2	Progênie de polinização livre
PRO 553/2	Progênie de polinização livre
A + A 134/1	Híbrido anão x anão
HB 116/4	Híbrido anão x anão
HB 33	Híbrido anão x anão
PRO 740/4	Progênie de polinização livre
PRO 106/2	Progênie de polinização livre
CCP 76	Clone comercial
BRS 226	Clone comercial

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

2.2.3 Design experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com 10 tratamentos (genótipos), 3 repetições e 4 plantas/parcela, sendo marcada uma para a realização do trabalho. A estrutura de blocos e o fator genótipos não foram considerados na análise, para permitir a extrapolação dos resultados para o cajueiro-anão. Dessa forma, cada planta representou uma repetição (30 repetições). As plantas, com cinco anos de idade, apresentavam-se espaçadas em 8m x 6 m. Todos os tratos culturais de manejo (poda, adubação, controle de plantas daninhas, gradagem e roçagem), controle do oídio e broca-das-pontas, com o intuito de minimizar a perda de flores e inflorescências, foram realizados de acordo com a recomendação para cultivo comercial do cajueiro em regime de sequeiro (Serrano; Oliveira, 2013).

2.2.4 Caracteres avaliados

Para a caracterização morfológica das panículas considerou-se o período de máxima diferenciação floral e florescimento pleno que ocorreram nas safras de 2018 e 2019. Considerou-se como ponto de referência o período reprodutivo de cada genótipo para início das avaliações – 30 dias após a marcação das panículas no campo.

Em cada planta foram selecionadas três panículas e marcadas por quadrante (norte, sul, leste e oeste) da copa, uma para cada época de floração (30, 45 e 60 dias após o início da floração), totalizando 12 panículas por planta.

Em cada época de floração, quatro panículas (uma por quadrante da copa da planta) foram destacadas das plantas, acondicionadas em sacos plásticos etiquetados para evitar desidratação e depositadas em caixas de isopor. Em seguida, as panículas foram transportadas para a sala de avaliação no Laboratório de Genética e Melhoramento da Embrapa Agroindústria Tropical, para caracterização morfológica das estruturas florais.

A caracterização das estruturas florais foi feita por meio da avaliação e classificação das panículas, de acordo com os seguintes caracteres:

- Número de flores masculinas (FM): contagem do número de flores masculinas com cerca de 10 estames (órgão masculino da flor), sendo um destes mais desenvolvido do que os demais.

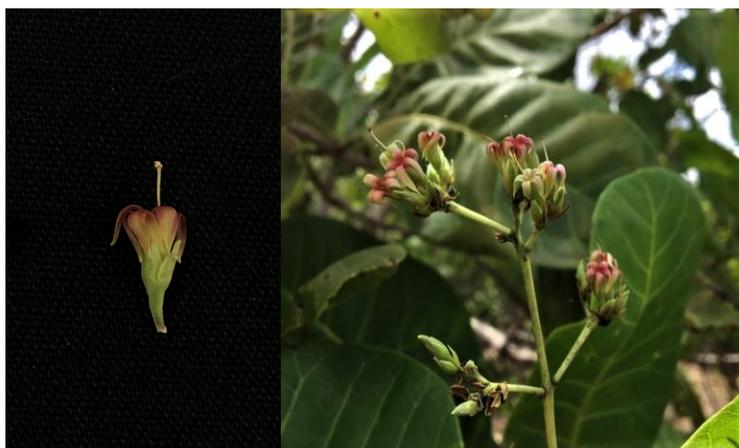


Figura 2. Detalhes dos estames das flores masculinas em panículas de cajueiro, no município de Pacajus, CE. Fonte: Pereira, 2021.

- Número de flores hermafroditas (FH): contagem do número de flores hermafroditas com estames pequenos e pistilo, o qual geralmente é mais comprido do que o estame mais desenvolvido, e está ligado ao ovário.



Figura 3. Detalhes dos estames das flores hermafroditas em panículas de cajueiro, no município de Pacajus, CE. Fonte: Pereira, 202.

- Número de flores anormais (FA): contagem do número de flores anormais; flores com arranjo similar ao das flores masculinas ou hermafroditas, mas com ausência de pistilo ou do estame maior.



Figura 4. Detalhes das flores anormais presentes em panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE. Fonte: Pereira, 2021.

- Biomassa da panícula (BP): determinada pela pesagem das panículas com pesagem em balança digital.



Figura 5. Avaliação da biomassa das panículas de cajueiro-anão para as duas safras em avaliação, no município de Pacajus, CE. Fonte: Pereira, 2021.

- Comprimento da panícula (CP): distância desde o primeiro nó, até o ápice, medida com uma régua graduada em centímetros.



Figura 6. Avaliação do comprimento de panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE. Fonte: Pereira, 2021.

- Largura máxima da panícula (LP): distância máxima entre os extremos dos ramos da panícula, medida com uma régua graduada em centímetros.



Figura 7. Avaliação da largura de panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE.
Fonte: Pereira, 2021.

- Número de ramificações da panícula: contagem do número de ramificações originadas do eixo principal da panícula (Ramos primários – RP) e dos ramos que se desenvolvem a partir dos ramos primários (Ramos secundários - RS).



Figura 8. Detalhes da avaliação e contagem de ramos primários (RP) e ramos secundários em panículas de cajueiro-anão, no município de Pacajus, CE.

2.2.5 *Variação dos caracteres florais em função do tempo e da safra*

As variações dos caracteres florais foram determinadas a partir de análises de variâncias, seguidas de testes de Tukey HSD, para efeito do tempo (época de avaliação da floração) e exato de Fisher (Teste F) para efeito da safra. As análises de variância foram conduzidas utilizando o seguinte modelo genético-estatístico:

$$Y_{ijk} = m + d_i + s_j + ds_{ij} + e_{ijk},$$

em que, Y_{ijk} é a observação referente a i -ésima época de floração, na j -ésima safra, na k -ésima repetição (bloco); m é a média geral; d_i é o efeito da i -ésima época ($i = 30, 45$ e 60 dias após o florescimento), considerado como fixo; $s_j =$ efeito da j -ésima safra ($j = 2018$ e 2019), considerado como aleatório, sendo $s_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$; ds_{ij} é o efeito da interação entre a i -ésima época de floração na j -ésima safra, considerado como aleatório, sendo $ds_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$ e e_{ijk} é o erro experimental aleatório associado à observação Y_{ijk} .

O efeito de época foi considerado como fixo diante das peculiaridades de cada período de floração na cultura, especificamente para conclusões mais restritas de comportamento das panículas nesses três períodos de avaliação. Já o efeito de safra foi considerado como aleatório, com o intuito de se concluir mais amplamente sobre as respostas da florada do cajueiro, independentemente do ano agrícola considerado. A estrutura de blocos e o fator genótipos não foram considerados na análise, para permitir a extrapolação dos resultados para o cajueiro-anão. Assim, as inferências sobre as épocas de floração para as duas safras avaliadas podem ser extrapoladas para o todo, pois a interação épocas x safras é de efeito aleatório (Resende, 2005).

2.2.6 Relação dos caracteres florais para a expressão de flores hermafroditas

Os dados dos caracteres morfológicos das panículas foram submetidos a análise de correlação utilizando a regressão linear, do programa computacional SAS® (SAS Institute, 2002). Uma vez que foram mínimas as variações dos caracteres morfológicos, em função da safra (7 dos 8 caracteres florais não apresentaram diferenças), estes foram agrupados visando a construção de modelos estatísticos mais robustos. Os dados foram submetidos à análise de regressão múltipla pelo procedimento *proc reg, selection=stepwise*, tendo como variável dependente (y) as flores hermafroditas, e como variáveis independentes: os números de flores masculinas e flores anormais; a biomassa da inflorescência; o comprimento e a largura da inflorescência; e os números de ramos primários e secundários.

Inicialmente, foram incluídos todos os oito caracteres morfológicos florais, ajustados por regressões do tipo *stepwise*, para explicação da variável dependente (número de flores hermafroditas). Com o modelo estatisticamente significativo, os caracteres foram selecionados de acordo com a época de floração e maiores valores de coeficientes na análise de regressão. Em seguida, os dados dos caracteres selecionados pela regressão *stepwise* foram plotados em função do número de flores hermafroditas.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Variação dos caracteres florais em função da época de avaliação e da safra

Efeitos significativos da época de avaliação (E) ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) foram observados para a maioria dos caracteres florais, com exceção da biomassa da panícula, enquanto que o efeito de safra (S) foi não significativo para quase todos os caracteres, exceto para ramos secundários. A interação época de avaliação e safra (E x S) foi significativa para a

maioria dos caracteres estudados (Tabela 2). Os efeitos significativos das interações podem ser explicados pela variação em todos os caracteres florais no ano de 2018 e pela ausência de variação em quase todos os caracteres no ano de 2019 (Figura 2).

Tabela 2. P-valores para os efeitos de época, safra e interação (épocas x safras) de caracteres da morfologia floral de cajueiro-anão, avaliados em dois anos de cultivo, no município de Pacajus, CE, 2021

Efeitos	GL	p-valores							
		FH	FM	FA	BP	CP	LP	RP	RS
Época (E)	2	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0846	0,0003	<0,0001	0,0084	<0,0001
Safra (S)	1	0,5739	0,8867	0,0534	0,6036	0,1374	0,2878	0,0965	0,0225
E x S	2	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0913	<0,0001	0,0042	0,0076	0,4999

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

Valores em negrito são significativos ($p < 0,05$) ou ($p < 0,01$) pelo teste F.

FH – flores hermafroditas; FM – flores masculinas; FA – flores anormais; BP – biomassa da panícula; CP – comprimento da panícula; LP – largura da panícula; RP – ramos primários; RS – ramos secundários.

Durante a safra de 2018, os caracteres flores hermafroditas, flores masculinas, biomassa fresca da panícula, comprimento e largura da panícula apresentaram tendências semelhantes, sendo observados valores médios superiores, aos 30 dias após o início da floração e inferiores, aos 45 e 60 dias após o início da floração (Figuras 2A, B, D, E e F). Para o número de flores anormais foram observados valores médios superiores aos 30 e 45 dias após o início da floração e inferiores aos 60 dias após o início da floração (Figura 2C).

O número de ramos primários apresentou valores médios inferiores, aos 30 dias após o início da floração e superiores, aos 45 e 60 dias após o início da floração (Figura 2G). Para o número de ramos secundários foram observados valores médios superiores aos 45 dias após o início da floração, e inferiores aos 60 dias após o início da floração; aos 30 dias após o início da floração foram observados valores médios intermediários (Figura 2H). Variações significativas foram observadas, para a safra de 2019 apenas para o número de flores masculinas, de modo que houve valores médios inferiores aos 30 dias após o início da floração, e valores médios superiores aos 45 e 60 dias após o início da floração.

O efeito de safra foi observado apenas para o número de ramos secundários (Figura 2H). O número médio de ramos secundários na safra de 2019 foi superior àquele observado na safra de 2018.

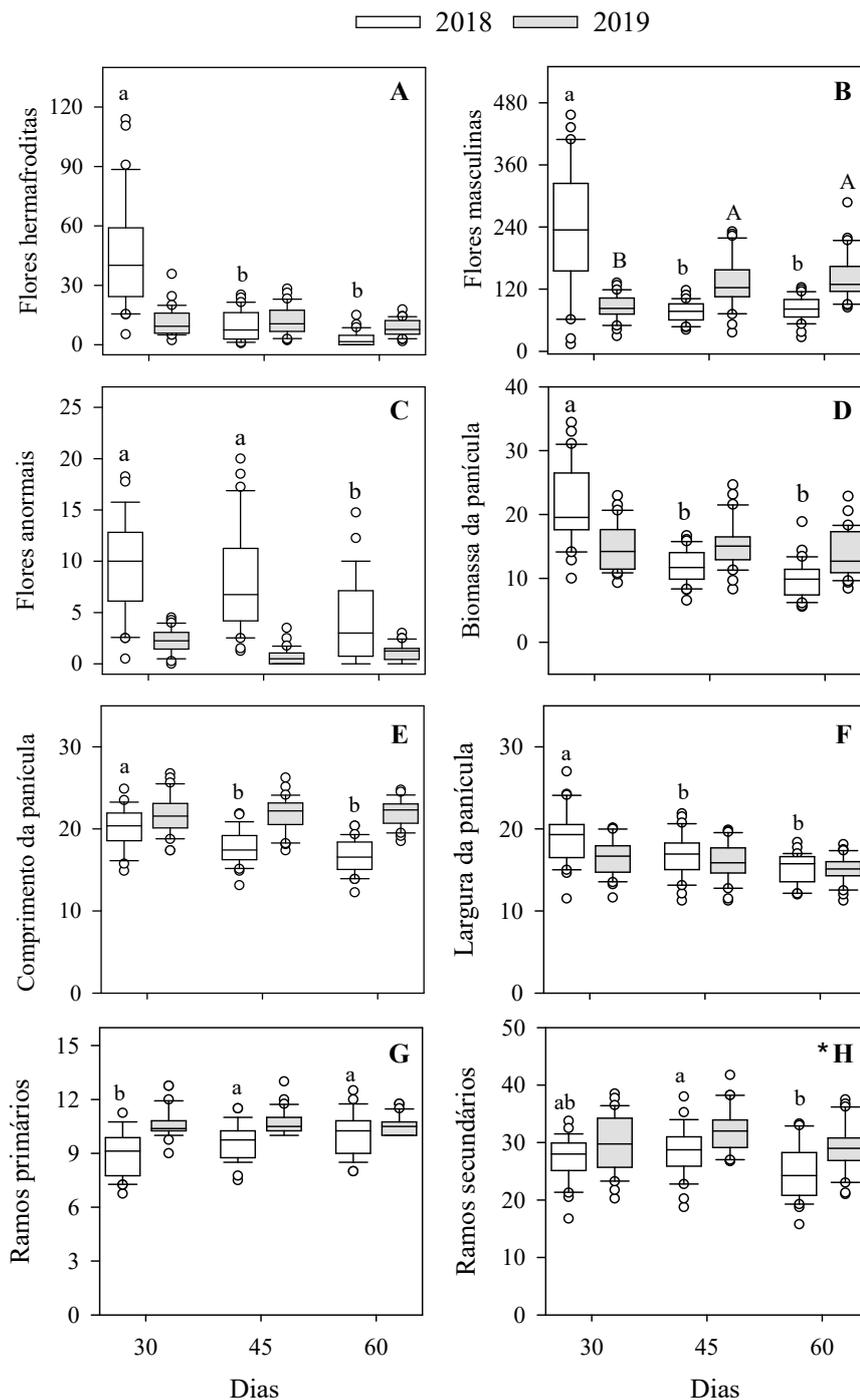


Figura 9. Boxplots dos caracteres da morfologia floral de panículas (A: Flores hermafroditas; B: Flores masculinas; C: Flores anormais; D: Biomassa da panícula; E: Comprimento da panícula; F: Largura da panícula; G: Ramos primários e H*: Ramos secundários) de cajueiro-anão, analisadas em duas safras (2018 e 2019), no município de Pacajus – CE, para as três épocas após o início da floração (30, 45 e 60 dias). Apenas diferenças significativas são apresentadas. Letras diferentes indicam diferenças significativas entre as épocas para uma mesma safra pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). (*) indica que houve efeito significativo de safras (efeito isolado).

2.3.2 Relação dos caracteres florais para a expressão de flores hermafroditas

Diferentes modelos foram obtidos para explicar a expressão de flores hermafroditas nas três épocas de avaliação (30, 45 e 60 dias após o início da floração) (Tabela 3). Aos 30 dias após o início da floração, os caracteres que mais contribuíram para explicar a expressão de flores hermafroditas foram o comprimento e a largura da panícula. Juntos esses dois caracteres conseguiram explicar 47% ($R^2 = 0,47$) das variações numéricas das flores hermafroditas. Já aos 60 dias após o início da floração, maiores contribuições foram observadas para o comprimento da panícula e para os ramos primários, que juntos explicaram 37% ($R^2 = 0,37$) das variações numéricas das flores hermafroditas. Não foi possível a obtenção de um modelo significativo para a época de avaliação de 45 dias após o início da floração. Curiosamente, ainda que não significativo ou marginalmente significativo ($P=0,102$), nesta época de avaliação, o caráter floral que mais se aproximou de uma explicação foi o número de flores masculinas.

Tabela 3. Contribuições dos caracteres morfológicos de panículas de cajueiro-anão na dinâmica da explicação de emissão de flores hermafroditas coletadas em duas safras, no município de Pacajus, CE.

Época de Floração	Caracteres	R ² (parcial)	Estimativa	R ² (modelo)	Teste F	P
30	Comprimento da panícula (1)	0,2621	-6,3992	-	-	-
	Largura da panícula (2)	0,2089	6,6411	-	-	-
	(1)*(2)	-	-	0,4710	25,37	<0,001
45	Flores masculinas (1)	0,0454	-0,0354	0,0454	2,76	0,102
60	Comprimento da panícula (1)	0,3449	1,0027	-	-	-
	Ramos Primários (2)	0,0333	-1,0174	-	-	-
	(1)*(2)*	-	-	0,3782	17,34	<0,001

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

As dimensões de comprimento e largura da panícula, durante a primeira época de florescimento (30 dias após o início da floração), contribuíram para o acúmulo de flores hermafroditas nas panículas de cajueiro-anão de forma divergente (Figuras 3A e 3B). Quanto maior o comprimento da panícula, menor o número de flores hermafroditas, e quanto maior a largura, maior a quantidade de flores hermafroditas presente nas panículas.

Houve uma correlação negativa entre flores masculinas e hermafroditas, aos 45 dias de floração (Figura 3C). Essa tendência negativa na produção de flores masculinas, compromete o aumento de flores hermafroditas, que exibiram uma produção inversamente proporcional ao aumento da concentração de flores masculinas nas panículas.

Aos 60 dias de floração verificou-se que, quanto maior o comprimento da panícula, maior é o número de flores hermafroditas/panícula (Figura 3D). Nesse mesmo período, o número de ramos primários, apresentou uma relação inversa com o número de flores hermafroditas presentes nas inflorescências (Figura 3E).

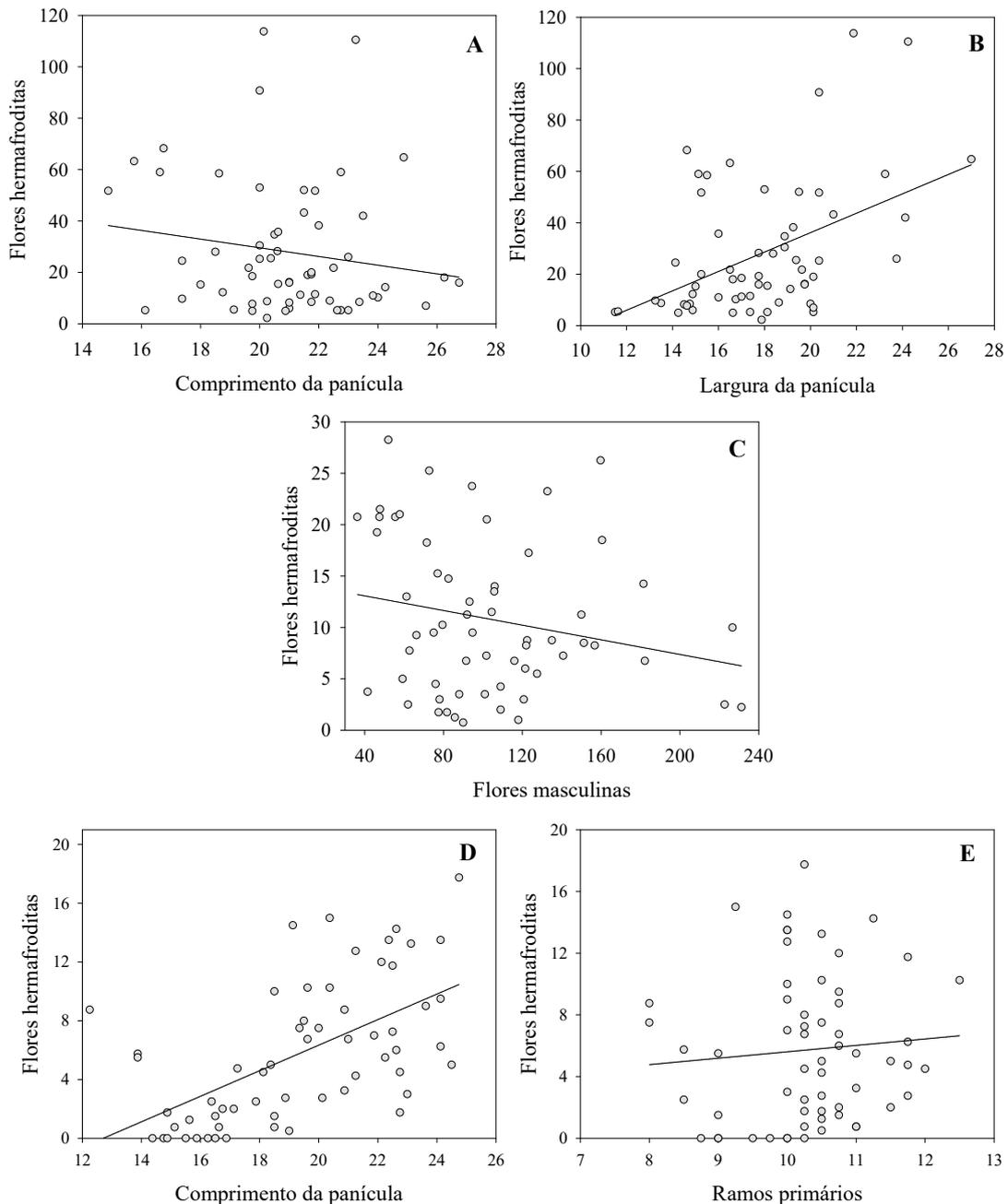


Figura 10. Análise de regressão *stepwise* correlacionando caracteres morfológicos e a produção de flores hermafroditas em panículas de cajueiro-anão nas safras 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE. Avaliações realizadas aos 30 (A: $y = -1,6892x + 63,3501$, $R^2 = 0,0267$; B: $y = 3,7713x - 39,2612$, $R^2 = 0,2095$; $P < 0,001$), 45 (C: $y = -0,0356x + 14,4965$, $R^2 = 0,0460$; $P = 0,102$) e 60 (D: $y = 0,8702x - 11,0664$, $R^2 = 0,3445$; E: $y = 0,4163x + 1,4416$, $R^2 = 0,0068$; $P < 0,001$) dias após o início da floração.

2.4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que todos os caracteres morfológicos das panículas de cajueiro apresentaram efeitos significativos para época de avaliação (E), com exceção da biomassa da panícula. A ausência de efeito de safra (S) para a maioria dos caracteres é evidente, e pode ser justificada pelas variações abióticas, de um ano para outro, não terem sido suficientes para ocasionar alterações quantitativas entre os caracteres das panículas. A emissão do número de flores hermafroditas no cajueiro, respondeu de forma positiva aos caracteres que fazem parte da estrutura vegetativa das panículas, cuja contribuição, na expressão dessas flores, exhibe variações nas três épocas de avaliação da florada.

O padrão de crescimento do cajueiro alterna entre as fases vegetativa e reprodutiva, cujos início e duração variam entre genótipos, pois essas fases são reguladas por fatores genéticos e ambientais (Saroj, et al., 2014). Entre os fatores ambientais, destacam-se como principais, a disponibilidade de água e radiação. A variação de ano para ano, na época de abertura dos botões florais, indica que este fator sofre grande influência de fatores ambientais, além do genético. O período de seca com forte brilho do sol pode ter efeito estimulador no desencadeamento da atividade hormonal, levando à abertura do botão floral, após um mês (Saroj et al., 2014).

A produção de flores foi maior no início da estação de floração na safra de 2018, com tendências semelhantes na primeira época de avaliação, aos 30 dias, para o número de flores masculinas, hermafroditas, a biomassa da panícula e comprimento e largura das panículas. Aos 45 dias da florada, houve um maior número médio de flores anormais, ao contrário do número de ramos primários e secundários, que foram bem maiores, aos 60 dias. Esses resultados corroboram com Sharma (2009), que afirmou ter observado uma maior produção de flores masculinas e hermafroditas no início da floração. A maioria das flores hermafroditas foram produzidas durante os primeiros 21 dias do período de floração (Wunnachit; Sedgley, 1992), e com a maior quantidade das flores hermafroditas sendo produzidas durante as primeiras três semanas do período de floração.

Segundo Parente et al. (1991), o cajueiro-anão apresentou pico de floração no mês de agosto, com maiores intensidades de florada no início do período reprodutivo, principalmente nas regiões semiáridas dos trópicos, comportamento esse das panículas que pode ser justificado por esse período da safra apresentar temperaturas mais elevadas. A ausência de diferença entre épocas na safra de 2019 pode ser justificada pela transição das

fases do ciclo de vida das plantas ser regulada por programas genéticos de desenvolvimento, modulados por estímulos ambientais e endógenos (Ravindra, 2014). Sendo assim, os estímulos ambientais decorrentes nessa safra não foram suficientes para que a espécie apresentasse diferenças entre os caracteres.

De acordo com os dados climáticos da área experimental, nas safras de 2018 e 2019, o período de agosto a novembro corresponde aos meses de menor umidade relativa do ar, temperatura média alta (próximo de 30 °C), e alta radiação solar que devem ter contribuído para uma maior variação na biologia floral das plantas, afetando a emissão de flores hermafroditas exatamente no período característico de floração da cultura (Figura 1). Em 2018 foram registradas precipitações pequenas durante os meses de agosto e dezembro, que embora tenham sido baixas em ambos os meses, juntamente com a baixa umidade relativa do ar e a temperatura média alta, provavelmente acarretaram mudanças no microclima da área e influenciou no padrão de florescimento da cultura. A ocorrência de temperaturas elevadas, e a diferença entre a umidade e a radiação solar, nesse período, permitiu que o cajueiro direcionasse mais fotoassimilados para formação de novos ramos, fornecendo uma estrutura física de ramos saudáveis para o suporte e distribuição das inflorescências.

No início do ciclo de floração, as panículas concentram grande parte da energia dos fotoassimilados para o crescimento da haste principal e produção de ramos primários, que servem de base estrutural para o desenvolvimento dos ramos secundários. Já a emissão de ramos secundários se torna mais expressiva aos 45 e 60 dias de floração, quando há maior incidência de radiação solar e temperaturas mais elevadas, juntamente com o maior crescimento da panícula. Várias espécies exibem mudanças graduais do fenótipo no período de floração, correspondentes às variações decorrentes das variáveis meteorológicas (Wadgymar; Cumming; Weis, 2015). Mudanças de temperatura, juntamente com a redução do Fotoperíodo, na estação seca, foram considerados fatores que induzem o florescimento (Silvério; Lenza, 2010). A produção de flores no período de menor precipitação é uma estratégia de sobrevivência pois, além de evitar danos às flores (Janzen, 1967; Sousa; Cunha, 2018), permite que elas possam ser descobertas e polinizadas mais facilmente.

A emissão de flores hermafroditas esteve associada à disposição dos outros caracteres estruturais da morfologia da panícula, os quais que influenciaram na sua proporção durante os diferentes períodos de avaliação da florada. Vários estudos têm sido realizados para avaliar a influência da estrutura da panícula na produção e qualidade dos frutos, os quais dependem diretamente da concentração de flores férteis e aptas para a polinização. Assim, as diferenças relacionadas às estruturas das panículas, ao longo da florada, têm sido apontadas

como a causa da variabilidade na qualidade das flores (Madail; Herter; Leite, 2012), de modo que a oscilação das variáveis climáticas, principalmente temperatura, radiação solar e umidade, entre as épocas de avaliação, podem contribuir para mudanças no padrão de emissão de flores hermafroditas nas panículas, refletindo alterações na quantidade de nutrientes e fotossintatos disponíveis na planta (Olsen; Martin, 1980).

Os caracteres relacionados à produção de flores hermafroditas, nas panículas, comportaram-se de modo distinto, em relação à época de avaliação. Os caracteres morfológicos mais importantes para explicar a produção de flores hermafroditas foram principalmente os estruturais e a produção de flores masculinas nas panículas. Conforme Vidal Neto et al. (2013), a estrutura da panícula é um fator importante que interfere direta ou indiretamente na produção de flores hermafroditas.

Diferentes componentes florais explicaram a emissão de flores hermafroditas ao longo do período de avaliação. Aos 30 dias, o comprimento e a largura da panícula afetaram o número de flores hermafroditas, o que era esperado, visto que o aumento das dimensões da panícula disponibiliza suporte mecânico para uma melhor distribuição de ramos na estrutura interior da inflorescência. O processo de floração é afetado pelas características estruturais da parte aérea (Ravishankar, 2014), cuja composição, em sua maior parte, de botões florais, é alterada pela disponibilidade em extensão dos ramos. Quanto maior a panícula, maior será o número de flores hermafroditas. Não obstante essa relação direta de crescimento seja clara na espécie, a panícula não cresce em largura e comprimento simultaneamente, como uma estratégia da própria planta para distribuir igualmente os fotoassimilados por panícula.

O aumento em largura das inflorescências promove um maior dimensionamento de recursos fotossintéticos no particionamento da estrutura da panícula, promovendo maior expansão dos ramos primários e secundários, cuja estrutura é fundamental para distribuição de novas flores. Essa estrutura ampla da inflorescência, vai permitir que as flores hermafroditas, que se desenvolvem ao longo da florada, possam ser polinizadas e fecundadas mais facilmente. Do contrário, com a presença de panículas mais estreitas, os agentes polinizadores teriam mais dificuldade de visitação aos botões florais, levando a déficits de polinização, que podem comprometer a produtividade desejada (Freitas et al., 2014). Outra tendência oposta à produção de flores hermafroditas é a de flores masculinas. Quando as mesmas estão presentes em maiores quantidades nessas inflorescências, elas podem interferir na proporção de flores hermafroditas expostas aos polinizadores.

Com o passar do tempo após o início da floração, aos 45 dias registrou-se uma relação direta da emissão de flores hermafroditas, com a tendência na produção de flores

masculinas. Nesse período, ocorreu um maior pico de emissão de flores masculinas, contribuindo para uma maior competição por fotoassimilados. As flores, normalmente, são supridas por novas gemas em formação e pelos tecidos, que servem como depósito de carboidratos em órgãos subterrâneos e aéreos da planta (Baptist et al., 2009). Logo, se as flores são geradas a partir de fotoassimilados, uma quantidade maior é consumida para produção de flores masculinas e, conseqüentemente, reduz-se a quantidade de fotoassimilados para a produção de flores hermafroditas. Outro fato importante a se destacar é que as flores do cajueiro abortam durante as floradas. Dessa forma, aos 45 dias os caracteres florais que continuam inicialmente para explicação das flores podem não contribuir agora, pois o número de flores foi reduzido em função do abortamento das flores hermafroditas.

O quantitativo de flores está atrelado à produção de compostos orgânicos que os genótipos apresentaram em termos de intensidade e distribuição temporal (Oliveira; Lima, 2000). Naturalmente, a panícula do cajueiro, contém flores masculinas em maiores proporções (Adiga et al., 2019). A relação de emissão de flores hermafroditas é inversamente proporcional a concentração de flores masculinas nas panículas de cajueiro. Existe um dispêndio de energia natural da espécie em uma maior produção de flores masculinas, e esse gasto energético maior da planta para a produção de pólen, resulta em uma baixa eficiência produtiva (Pinheiro et al., 1993; Araújo et al., 2013).

Nesse sentido, anacardiaceas abortam muitas flores, com isso, é possível que, com o passar do tempo, os caracteres comprimento e largura das panículas não expliquem mais o número de flores hermafroditas presentes. Por fim, aos 60 dias, é provável que a inflorescência tenha continuado a crescer, agora com queda de flores não só hermafroditas, mas também masculinas e anormais. E, provavelmente, há ainda a emissão de flores hermafroditas. Nesse período, o aumento do comprimento e da largura das panículas é o resultado do direcionamento de fotoassimilados da planta, durante toda a fase da florada, o que permite que os genótipos apresentem um crescimento considerável da estrutura vegetal da espécie. Esses resultados corroboram com Saroj; Nayak; Meena (2014), que observaram a proporção e a emissão de flores hermafroditas nas panículas variar, significativamente a partir do desenvolvimento de novos ramos, pelo crescimento vegetativo da espécie.

Correlações lineares positivas e negativas foram observadas entre os atributos morfológicos e a emissão de flores hermafroditas nas panículas, reforçando o fato que as flores de cajueiro, em cada época de avaliação, exibem uma relação com a estrutura morfológica das panículas. Essas correlações lineares dos componentes da estrutura da panícula, respectivamente no início do período reprodutivo, demonstram que, nesse período,

as plantas demandam uma quantidade de fotoassimilados para fortalecer a o desenvolvimento da estrutura da panícula, contribuindo para o aumento em largura. Ademais, a correlação linear negativa entre o comprimento da panícula e a produção de flores hermafroditas, indicam que quanto maior a extensão em comprimento da panícula, menor a produção de flores hermafroditas.

Na avaliação da floração aos 45 dias, foram observadas correlações lineares negativas entre o número de flores masculinas e hermafroditas, indicando que a maior concentração de flores masculinas remete a uma produção menor de flores hermafroditas na florada, e vice-versa, devido a competição por fotoassimilados na planta. Na avaliação, aos 60 dias, foi possível observar correlações lineares positivas entre o comprimento e o número de ramos primários, com a produção de flores hermafroditas, nas panículas. Esse fato demonstra que a estrutura da planta permite identificar que, com o passar da florada, há uma maior conversão energética para aumentar o crescimento do eixo principal das panículas, influenciando positivamente a produção de flores hermafroditas nos ramos. Isso acontece, provavelmente, pela maior área da panícula favorecer o aumento de fotossíntese, direcionando mais fotossintatos para a produção de flores.

Com o avançar da floração, as estruturas florais apresentam desenvolvimento significativo, com expressivo ganho de biomassa fresca vegetal e aumento, em expansão dos ramos. Os ramos primários na estrutura vegetativa das panículas influenciaram na proporção de flores hermafroditas, pelo fato de representarem parte da estrutura de formação das panículas. O número de ramos primários exibiu correlação positiva com o número de flores hermafroditas, de modo que quanto maior o número de ramos primários, maior a base de sustentação para o desenvolvimento de novos ramos secundários, o que permitiu o desenvolvimento de novas terminações florais.

A distribuição da floração no cajueiro foi, visivelmente, dependente do desenvolvimento dos caracteres morfológicos das panículas, que sofreram alterações no decorrer das avaliações. Essas alterações acarretaram mudanças na estrutura vegetativa da espécie, causada pelo alongamento dos internódios, que posteriormente formaram os ramos produtivos, com a emissão da inflorescência na parte final do broto recém-formado. Desse modo, a emissão de flores hermafroditas foi alterada diante das variações características da morfologia floral e reprodutiva da cultura, afetando, por consequência, a produção potencial.

2.5 CONCLUSÕES

A época de avaliação da floração e a variação entre safras resultam em mudanças na estrutura vegetativa que acarretam em diferenças nos caracteres da morfologia floral das panículas.

Maior número de flores hermafroditas nas panículas é fundamental na seleção de clones de cajueiro anão-precoce.

As flores hermafroditas foram influenciadas principalmente pelo comprimento, largura, presença de ramos primários e produção de flores masculinas nas panículas.

REFERÊNCIAS

- ADIGA, J. D.; MURALIDHARA, B. M.; PREETHI, P.; SAVADI, S. Phenological growth stages of the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v. 175, p. 246-252, 2019.
- AHMED, N.; KUMAR, D.; MIR, J. I.; PAL, A. A. Physiology of Flowering in Perennial Temperate Fruit Crops. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V.K.; MISRA, A.K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 48-58.
- ALMEIDA, F. A. G.; MARTINS JUNIOR, W.; ALMEIDA, F. C. G. Fenologia comparativa de dois clones enxertados de cajueiro-anão em condições de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 221-228, 2002.
- BAPTIST, F.; TCHERKEZ, G.; AUBERT, S.; PONTAILLER, J. Y.; CHOLER, P.; NOGUÉS, S. ¹³C and ¹⁵N allocations of two alpine from early and late snowmelt reflect their different growth strategies. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 9, p. 2725-2735, 2009.
- BARROS, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento. *In*: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza, CE: BNB/ETENE, 1988. p.301-319.
- BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R. Melhoramento genético do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995. p. 73-93.
- BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ARAÚJO, J. P. P. Cajueiro. *In*: BRUCKNER, C.H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p.159-176.
- BHAGWAN, A.; REDDY, Y. N. Induction of flowering in fruit crops – Physiological and plant architectural implications. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (Org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**., Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 24-47.
- FAOSTAT. Crops Production Cashew nuts, with shell. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/cashew>. Acesso em: 04 ago. 2020.
- FOLTAN, H.; LÜDDER, P. Flowering and sex expression in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *In*: Hamburg (org.). **Symposium on Tropische Nutzpflanzen**, Germany, Angewandte Botanik Berichte, 1994. p.203–207.
- FREITAS, B. M. Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica. Rio de Janeiro: Funbio, 2014.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G. Clima e fenologia do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. SILVA, V. V. (org.). **Cajucultura**: modernas técnicas de produção. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1995. p. 43-54.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central América. **Evolution**, v. 21, n. 3, p. 620-637, 1967.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

MADAIL, R. H.; HERTER, F. G.; LEITE, G. B.U. Influence of floral structure and flower bud quality on productivity and fruit shape in different apple cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 686-694, set. 2012.

MOG, B.; ADIGA, D.; NAYAK, M. G. Role of Plant Growth Hormones in Cashew: Key Strategy for Modifying Crop Performance. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, Tamilnadu, v.7, n. 7, p. 1470-1484, jul. 2018.

NAKASONE, H. Y.; PAUL, R. E. **Tropical Fruits**. 2. ed. Cambridge: Oxon, 1998.

NAMBIAR, M. C. Cashew. *In*: Alvim, P. T. and Kozlowski, T. T. (org.). **Ecophysiology of tropical crops**. Academic Press, New York, 1979. p. 461-85.

NAMBIAR, M. C. Cashew. *In*: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, T. T. (org.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic, 1977. p. 461-477.

OHLER, J. G. **Cashew**. Amsterdã: Koninklijk Instituut voor de Tropen. Holanda. 1979. p. 230-250.

OLIVEIRA, V. H.; LIMA, R. N. Influência da irrigação e da localização da inflorescência sobre a expressão do sexo em cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1751-1758, set. 2000.

OLSEN, K. L.; MARTIN, G. C. Influence of apple bloom date on maturity and storage quality of 'Starking Delicious' apples. **ASHS**, Wenatchee, v. 102, n. 2, p. 183-186, set. 1980.

OLUBODE, O. O.; JOSEPH-ADEKUNLE, T. T.; HAMMED, L. A.; OLAIYA, A. O. Evaluation of production practices and yield enhancing techniques on productivity of cashew. **Fruits**, v.73, n. 2, p. 75-100, mar. 2018.

PARENTE, J. I. G.; FROTA, P.; MELO, F.; COSTA, J. Comportamento de crescimento e desenvolvimento de cajueiros precoce e comum no litoral do Ceará. **Revista Brasileira Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 107-111, out. 1991.

PINHEIRO, F. F. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; PARENTE, J. I. G.; MELO, F. I. O.; ALMEIDA, J. I. L. **Desenvolvimento de caracteres da panícula e frutificação de duas populações de cajueiros comum e anão precoce (*Anacardium occidentale*)**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPCa, 1993. 24 p. (CNPCa. Boletim de Pesquisa, 8).

RAVINDRA, V. Physiological signals, environmental cues and their interactions for induction of flowering in perennials – lessons for mango. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 59-73.

RAVISHANKAR, H. Assimilate partitioning and transformations in some perennial fruit crops with due focus on mango (*Mangifera Indica* L.): Dynamics of shoot-root communication in reproductive phenology-an appraisal. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 202-209.

RESENDE, M.D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. 1. ed. Colombo. Embrapa Florestas, 2005.

SAROJ, P. L.; NAYAK, M. G.; MEENA, R. K. Physiology of flowering, fruit and nut development in cashew. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V.K.; MISRA, A.K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: 202-209, 2014.

SAS. **Institute SAS/STAT User's guide**. Version 8.02. North Carolina, EUA: SAS Institute Inc., 2002.

SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, p. 77-165, 2013.

SHARMA, D. Distribution of staminate and hermaphrodite flowers and fruit-set in the canopy of cashew genotypes. **Journal of Horticultural Science**, Índia, v. 4, n. 1, p. 45-49, 2009.

SILVÉRIO, D. V.; LENZA, E. Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**. v.10, n. 3, p. 205-216, set. 2010.

SOUSA, D. G.; CUNHA, H. F. Population structure, spatial distribution and phenology of *Anacardium humile* A. St.-Hil. (*Anacardiaceae*) in cerrado *stricto sensu*. **Hoehnea**, São Paulo, v. 45, n. 3, jul-set, 2018.

SOUSA, L. B. D.; FEITOZA, L. D. L.; GOMES, R. L. F.; LOPES, Â. C. D. A.; SOARES, E. B.; SILVA, E. M. P. D. Aspectos de biologia floral de cajueiros anão precoce e comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p.882-885, mai-jun, 2007.

STURTZ, J. D. Cashew. *In*: **Australian tropical tree fruits workshop**. Queensland Department of Primary Industries Conference and Workshop Series, Queensland, Australia, 1981. p. 53-9.

VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. (Org.). **Agronegócio Caju: Práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 481-505.

WADGYMAR, S. M.; CUMMING, M. N.; WEIS, A. E. The success of assisted colonization and assisted gene flow depends on phenology. **Glob Change Biology**, v. 21, n. 10, p. 3786-99, out. 2015.

WAIT, A. J.; JAMIESON, G. I. The cashew: its botany and cultivation. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 112, p. 253-7, 1986.

WUNNACHIT, W.; PAECHANA, P.; SIRISONGKRAM, P. Studies on floral biology and fruit setting of cashew in eastern coast of southern Thailand. **Sonklanakarinn Journal of Science and Technology**, v. 8, p. 259-65, may.1986.

WUNNACHIT, W.; SEDGLEY, M. Floral structure and phenology of cashew in relation to yield. **J. Hortic. Sci.**, v. 67, n. 6, p. 769–777, nov. 1992.

**CAPÍTULO II - PADRÃO DE FLORESCIMENTO DO CAJUEIRO-ANÃO QUANTO
AS SAFRAS E POSIÇÃO DA COPA**

RESUMO

O conhecimento do padrão de emissão de flores, no cajueiro-anão (*Anacardium occidentale* L.) é imprescindível para compreender se possíveis diferenças no número, distribuição no tempo e/ou proporção entre os tipos de flores afetam a dinâmica reprodutiva da espécie ao longo do ciclo de floração. O objetivo desse estudo foi explicar o padrão de florescimento do cajueiro-anão, no que diz respeito à emissão e desenvolvimento de flores masculinas e hermafroditas, bem como a influência da distribuição das flores na copa e suas implicações na produção de frutos. Para tanto, foram considerados os quadrantes da copa (norte, sul, leste e oeste), em duas floradas, por duas safras (2018 e 2019). Em cada florada, 120 panículas (uma por quadrante de cada planta) foram selecionadas aleatoriamente e acompanhadas. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com 10 genótipos e três blocos, em que cada planta representou uma repetição (30 repetições). Após a antese (30 dias da iniciação da formação da panícula), foi possível determinar os seguintes caracteres: número médio de flores emitidas e acumuladas; tempo médio para abertura das flores; número estimado de panículas/quadrante da planta; e número de flores masculinas, hermafroditas e frutos/quadrante. Houve diferenças significativas para os efeitos de safra e quadrante da copa de cajueiro-anão. O cajueiro-anão apresentou flutuação semelhante, quanto ao número médio e cumulativo de flores ao longo do tempo, independentemente do tipo de flor, porém padrão diferente, na taxa de emissão de flores masculinas e hermafroditas. As flores masculinas demandaram mais tempo para antese durante as safras. O quadrante norte da copa apresentou um maior quantitativo de flores, especialmente hermafroditas, possivelmente devido a uma maior incidência de radiação, em decorrência do trajeto predominante do sol, na região. No entanto, a produção de frutos nos quadrantes apresentou tendências maiores para os quadrantes leste e oeste, indicando que os padrões de florescimento e frutificação observados ao longo da copa parecem não estar atrelados a distribuição de flores.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L.; Andromonoiccia; Índice de sexualidade; Distribuição de panículas; Flores por quadrantes da copa.

ABSTRACT

The knowledge of the flower emission pattern in the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.), along the surface of the canopy, is essential to understand if possible differences in the number, distribution in time, and/or proportion between the types of flowers affect the reproductive dynamics of the species throughout the flowering cycle. The objective of this study was to understand the flowering pattern of the dwarf cashew tree with regard to the emission and development of male and hermaphrodite flowers, as well as the influence of flower distribution in the canopy and its implications for fruit production. For this purpose, the canopy quadrants (north, south, east and west) were considered, in two blooms, in the 2018 and 2019 seasons. In each flowering, 120 panicles were randomly selected and monitored, with 4 panicles per plant (1 panicle/ quadrant) in a total of 30 plants (3 plants per genotype). The experiment was installed in a randomized block design, with 10 genotypes and three blocks, in which each plant represented one repetition (30 repetitions). After anthesis, it was possible to determine the following characters: average number of flowers emitted and accumulated; average time for opening the flowers; estimated number of panicles per quadrant, number of male flowers, hermaphrodites and fruits per quadrant. There were significant differences in the effects of harvest and cashew quadrant. The species showed similar fluctuation in terms of the average and the cumulative number of flowers produced over time, regardless of the type of flower, but with a different pattern in the emission rate of flowers. The male flowers demanded more time for anthesis during the harvests. The northern quadrant of the canopy showed a greater number of flowers, especially hermaphrodites, possibly due to a higher incidence of radiation due to the predominant path of the sun in the region. However, the fruit production in the quadrants showed greater trends for the east and west quadrants, indicating that flowering and fruiting patterns observed along the canopy do not seem to be linked to flower distribution.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Andromonoicia. Sexuality index. Panicles distribution. Flowers by canopy quadrants.

3.1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma árvore tropical de polinização cruzada nativa da América do Sul (Palei et al., 2019). É uma espécie amplamente cultivada (Rosa et al., 2019), que produz o caju, pedúnculo rico em carboidratos e fonte de vitaminas, e a amêndoa de castanha de caju (ACC), que continua sendo o principal produto da cajucultura, pois contém ácidos graxos benéficos, aminoácidos biologicamente ativos, alto teor de amido, e um perfil de polissacarídeo que é industrialmente e nutricionalmente importante (Mattison et al., 2018). É classificado como uma espécie andromonóica, pois emite flores hermafroditas e estaminadas (masculinas) na mesma panícula, produzidas na porção terminal dos brotos (Barros et al., 2002; Melo et al., 2013).

Durante o período de floração do cajueiro é comum a ocorrência de mais de uma florada, com panículas que podem produzir entre 200 e 1600 flores (Barros, 1988; Adiga et al., 2019). Independentemente do material genético estudado, a relação entre flores masculinas e hermafroditas é variável ao longo do período de florescimento, chegando a oscilar de 0,5 a 25 flores masculinas para cada flor hermafrodita (Freitas et al., 2014). As flores hermafroditas desempenham um papel crucial na cultura, uma vez que possuem o ovário apresentam tanto o gameta masculino (grão de pólen, localizado nas anteras) como o gameta feminino (óvulo, localizado no interior do ovário), são essas flores que, quando fecundadas, originarão os frutos (Melo et al., 2013).

O cajueiro do tipo anão, também conhecido como cajueiro de seis meses, é cultivado por possuir características que têm possibilitado grande impulso à cajucultura, como: maior produtividade, precocidade e uniformidade, tanto da castanha quanto do pedúnculo (BARROS et al., 2002). Além disso, apresenta menor porte em relação ao tipo comum, o que facilita a colheita manual e a obtenção de frutos (Hawerth et al., 2019). Este tipo de cajueiro também tem como característica o florescimento já no 1º ou 2º ano, bem mais precoce que o do tipo comum, que normalmente floresce entre o 3º e 5º ano (Teixeira; Stefanuto, 2012). Embora já se tenham vários estudos publicados sobre os fatores que influenciam a produção do cajueiro-anão, pouco se sabe sobre até que ponto o padrão de florescimento (número, distribuição no tempo e/ou proporção entre os tipos de flores) afeta a produção do cajueiro, visto que a quantidade de flores e o índice de sexualidade podem variar em função de fatores climáticos (Ona et al., 2017).

A fase reprodutiva do cajueiro ocorre na estação seca e logo após o fluxo vegetativo, com seu tempo e duração fortemente influenciados pela temperatura, precipitação

e radiação solar (Saroj; Nayak; Meena, 2014). Este último fator é um dos mais influentes, porém sua incidência é variável na superfície da copa das plantas, o que deve afetar a diferenciação e o desenvolvimento floral (Masawe; Cundall; Caligari, 1996). Nesse contexto, é importante conhecer o padrão de emissão de flores, ao longo da copa, para compreender se possíveis diferenças são consequência da produção variável de flores (e mantida até o final do ciclo) ou se é estabelecida somente na produção de frutos (maior taxa de vingamento, por exemplo).

Assim, o objetivo desse estudo foi entender o padrão de florescimento do cajueiro-anão no que diz respeito à emissão e desenvolvimento de flores masculinas e hermafroditas, bem como a influência da distribuição das flores na copa e suas implicações na produção de frutos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 *Características experimentais e material genético*

O experimento foi conduzido no campo experimental de cajueiro-anão pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, situado no município de Pacajus-CE, durante as safras de 2018 e 2019. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições, 10 genótipos e 4 plantas/parcela, sendo marcada uma planta por parcela, para acompanhamento e a realização do trabalho. O efeito de genótipo foi suprimido das análises, com o intuito de obter conclusões mais amplas à respeito do padrão de florescimento do cajueiro-anão. O espaçamento adotado foi o recomendado para um pomar comercial de cajueiro-anão, 8m x 6 m.

O clima da região é classificado como predominantemente Tropical Quente Úmido (Aw) (Kottek et al., 2006), com temperatura média anual de 26 °C e pluviosidade média anual de 1020 mm (IPECE, 2016). As principais informações climáticas observadas para as safras (2018 e 2019), em que as floradas (1ª e 2ª) foram avaliadas, estão condensadas na Figura 1. Segundo Ribeiro et al. (2007), o solo em que o experimento foi conduzido é um *Argissolo Acinzentado distrófico arênico*, que corresponde a um Arenic Kandistults arenoso (Soil Survey Staff, 2014). A área está localizada em relevo plano e pertence a uma transição costeira da Caatinga.

Com base em informações fenotípicas prévias foram selecionados dez clones de cajueiro anão divergentes para vários caracteres quantitativos e qualitativos (Tabela 1), em

relação a vários caracteres: produtividade; precocidade de floração e produção; comprimento do período produtivo; altura da planta; características do pedúnculo e castanha, entre outros. Os genótipos com cinco anos de idade e altura média de três metros, foram inseridos em uma área de competição de clones de 14.592 m². Foram realizados todos os tratos culturais (poda, roçagem, adubação, controle de plantas daninhas e de pragas, etc.) para cultivo comercial de caju em regime de sequeiro de acordo com a recomendação feita por (Serrano; Oliveira, 2013).

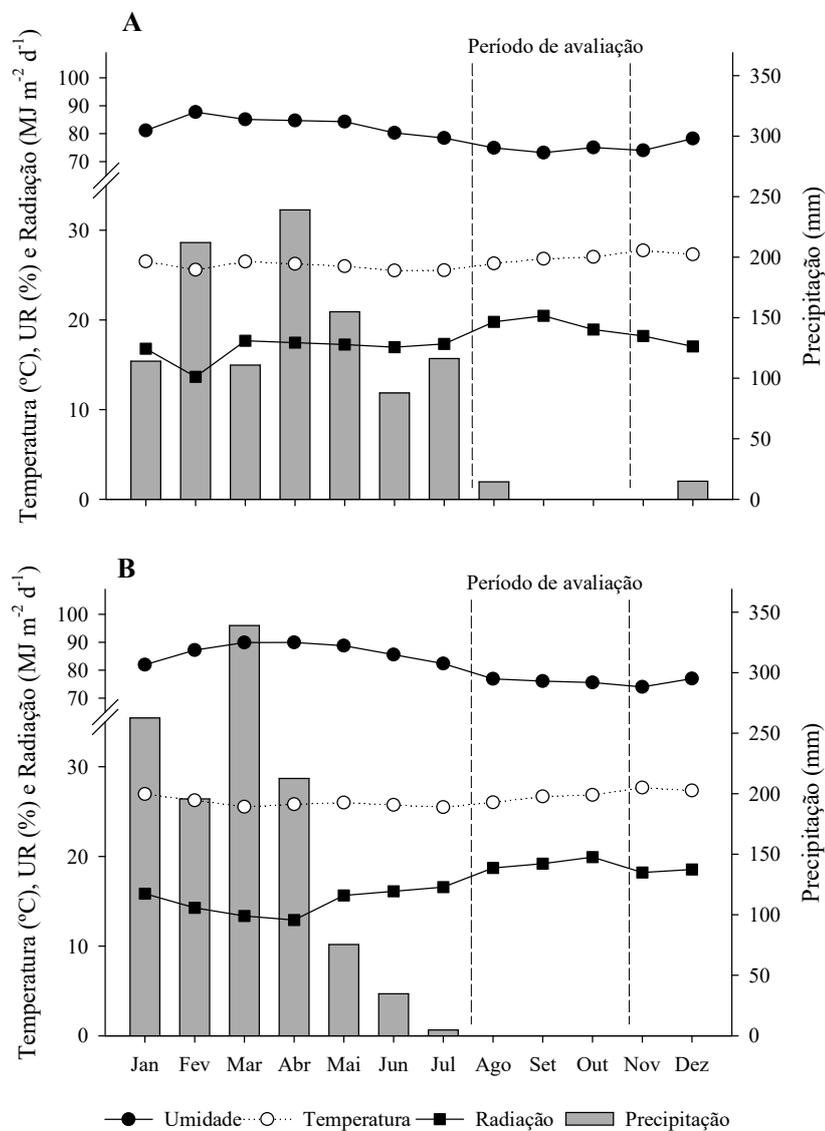


Figura 11. Informações climáticas da área experimental para as duas safras em avaliação, anos de 2018 (A) e 2019 (B), no município de Pacajus, CE.

Tabela 4. Identificação dos clones de cajueiro-anão.

Clones	Procedência
END II 6-9	Híbrido anão x anão
PRO 555/2	Progênie de polinização livre
PRO 553/2	Progênie de polinização livre
A + A 134/1	Híbrido anão x anão
HB 116/4	Híbrido anão x anão
HB 33	Híbrido anão x anão
PRO 740/4	Progênie de polinização livre
PRO 106/2	Progênie de polinização livre
CCP 76	Clone comercial
BRS 226	Clone comercial

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

3.2.2 Avaliações e caracteres estudados

A biologia floral do cajueiro-anão foi avaliada durante o período de máxima diferenciação floral e florescimento pleno das panículas, tomando-se como ponto de referência o período reprodutivo para início das avaliações, aos 30 dias após a identificação e marcação das panículas. Durante cada safra (2018 e 2019) foram avaliadas duas floradas (1ª e 2ª), e em cada florada, 120 panículas foram selecionadas de forma aleatória e acompanhadas, correspondendo a 4 panículas por planta (1 em cada quadrante da copa), em um total de 30 plantas (3 plantas por genótipo). O período de floração estendeu-se desde o estabelecimento e seleção de panículas no primeiro semestre do ano, no mês de junho, até o final do ciclo de floração (dezembro/janeiro) de cada safra.

A marcação e identificação das panículas em cada florada/ano foram realizadas com um fitilho vermelho preso aos botões florais ainda fechados (5 cm). A copa das plantas foi subdividida em 4 quadrantes (norte, sul, leste e oeste), com o auxílio de uma bússola digital, e para cada quadrante foi selecionada uma panícula aleatoriamente, que foi acompanhada durante todo o período de floração. Dois meses após a primeira marcação das panículas foi realizada uma nova marcação, caracterizando a segunda florada das plantas. Uma terceira florada na cultura não foi evidenciada.

Após a antese, efetuou-se a contagem de flores masculinas e hermafroditas, em cada uma das panículas, entre 9h e 12h e, posteriormente, dos frutos que foram formados a partir de cada inflorescência em avaliação. Dessa forma, foi possível determinar os seguintes caracteres:

- Número médio de flores emitidas: contagem das flores masculinas e hermafroditas presentes ao longo das floradas nas panículas após a antese.
- Número médio de flores acumuladas: total de flores masculinas e hermafroditas encontradas nas panículas dos genótipos ao longo das floradas.
- Tempo de abertura das flores: determinado pelo número de dias compreendidos entre a abertura da primeira até a última flor na inflorescência, caracterizando a florada.
- Número estimado de panículas por quadrante (NPQ):

$$NPQ = AC \times QP;$$
em que, AC é a área de cada quadrante da copa, determinada pela fórmula $AC = [2 \times \pi \times (\text{diâmetro do caule (DC)/2}) \times \text{Altura}]/4$; QP é a quantidade de panículas amostradas por m². A amostragem foi realizada em cada quadrante (norte, sul, leste e oeste) com uma estrutura de ferro de 1 m² posicionada aleatoriamente. Com isso, foi contabilizado o número de botões florais presentes dentro dessa estrutura.
- Número de flores masculinas, hermafroditas e frutos, por quadrante: contagem de flores masculinas, hermafroditas e das castanhas formadas nas panículas selecionadas em cada quadrante da copa das plantas.

3.2.3 Análises estatísticas

Os dados avaliados conduzidos em duas safras, 2018 e 2019, foram submetidos à análise de variância conjunta utilizando o seguinte modelo genético-estatístico:

$$Y_{ijk} = m + s_i + a_j + sa_{ij} + e_{ijk}$$

em que, Y_{ijk} = observação referente ao i -ésimo genótipo, na j -ésima safra, na k -ésima repetição (bloco); m = média geral; s_i = efeito do i -ésimo quadrante da planta (norte, sul, leste e oeste), considerado como fixo; a_j = efeito da j -ésima safra ($j = 2018$ e 2019), considerado como aleatório, sendo $a_j \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$; sa_{ij} = efeito da interação entre o i -ésimo genótipo e a j -ésima safra, considerada como aleatória e; e_{ijk} = efeito do erro aleatório associado à observação Y_{ijk} .

Os padrões de emissão de flores encontrados, em cada avaliação, foram comparados a partir do teste F, utilizando o software SAS (SAS Institute, 2002). O efeito de genótipo foi suprimido das análises, com o intuito de obter conclusões mais amplas sobre o padrão de florescimento da cultura do cajueiro-anão, de forma que diante das informações obtidas para as safras fosse possível ter mais rigor e acurácia na validação dos resultados.

Para cada florada e safra, foram avaliados o número médio e acumulado de flores hermafroditas e masculinas, que foram submetidos à análise de regressão no Tablecurve 2D (Systat, San Jose, CA, EUA), utilizando-se o tempo (em dias) como variável independente e o número acumulado de flores como variável dependente. Os modelos de regressão significativos ($P < 0,05$) foram comparados e selecionados com base nos critérios de parcimônia, com altos valores de F e R^2 . As distribuições residuais foram verificadas em cada análise, a fim de validar as premissas paramétricas para cada florada e safra, ao longo do tempo.

O tempo de abertura de flores (masculinas e hermafroditas) foi analisado por modelos lineares generalizados (3 fatores: tipo de flor, florada e ano), com distribuição normal de erros. Quando necessário, *post hoc* comparações foram realizadas usando o teste de Bonferroni.

Os dados para o número de panículas por quadrante (NPQ) foram transformados por $y = \sqrt{x}$ e submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk = 0,6543; Kolmogorov-Smirnov = 0,1500) e homogeneidade de variância (Bartlett's Test, $\chi^2 = 3,2168$, gl= 3, P= 0,3594), para validação das premissas paramétricas. Posteriormente, foi empregado a análise de variância fatorial, seguido do teste exato de Fisher, para comparação entre safras e o teste de Tukey HSD, para comparação do número de panículas em cada safra.

A distribuição de flores, representada pelo número de flores hermafroditas e masculinas, bem como o número de frutos amostrados nos diferentes quadrantes da copa, foram submetidos ao teste de qui-quadrado, com frações esperadas de 25% para cada quadrante, com o intuito de avaliar a distribuição (%) esperada de flores e castanhas nos respectivos quadrantes da copa das plantas.

3.3 RESULTADOS

O cajueiro-anão apresentou uma flutuação semelhante, para número médio de flores, da florada e safra (Figuras 1 e 2), independentemente do tipo de flor. O número de flores emitidas e acumuladas ao longo das floradas dentro das safras e entre as safras apresentou as mesmas tendências de crescimento, e assim foram ajustadas estatisticamente, emitidas ao modelo x e acumuladas pelo modelo y ($\bar{y} = \frac{a+bx+cx^2}{1-bx+cx^2}$) (Tabelas 1 e 2). Esses modelos estatísticos possibilitaram explicar entre 60 e 91% da variação para o número médio emitido de flores e 99% da variação para o acúmulo de flores ao longo do tempo.

A abertura das flores masculinas e hermafroditas aconteceu de forma simultânea, porém em velocidades diferentes (Figura 1). A emissão de flores masculinas e hermafroditas teve início entre 15 e 20 dias após a marcação das panículas, para a primeira e segunda floradas, em ambas as safras, com emissões um pouco mais tardias na safra de 2019. Conseqüentemente, os picos e os térmios das emissões florais para a primeira e segunda floradas das duas safras foram atingidos em momentos distintos, se estendendo mais na safra de 2019. As duas floradas apresentaram um tempo de emissão de flores de aproximadamente 80 dias. Contudo, as flores hermafroditas continuaram sendo emitidas até os 100 dias (Figuras 2B e 2D).

Os picos produtivos de flores masculinas foram registrados aos 45 e 80 dias (1ª florada das safras 2018 e 2019), coincidindo com o período em que, aproximadamente 50% das flores masculinas já haviam sido emitidas, e aos 30 e 45 dias (2ª florada das safras 2018 e 2019) após a marcação das panículas. No que se refere aos picos de emissão de flores hermafroditas, nas primeiras floradas das safras 2018 e 2019 aconteceram aos 25 e 80 dias (Figuras 1B e 2B) após a marcação das panículas, período em que aproximadamente 50% das flores hermafroditas também já haviam sido emitidas. Já nas segundas floradas, os picos ocorreram aos 15 e 35 dias (Figuras 1D e 2D) após a marcação das panículas.

O incremento na produção das flores na cultura tendeu a divergir, entre as duas floradas. O número médio e acumulado de flores masculinas e hermafroditas emitidas na primeira florada foi maior do que na segunda, independentemente da safra. Além disso, constatou-se que a emissão de flores masculinas é, em média, dez vezes maior que a de flores hermafroditas (Figuras 1 e 2).

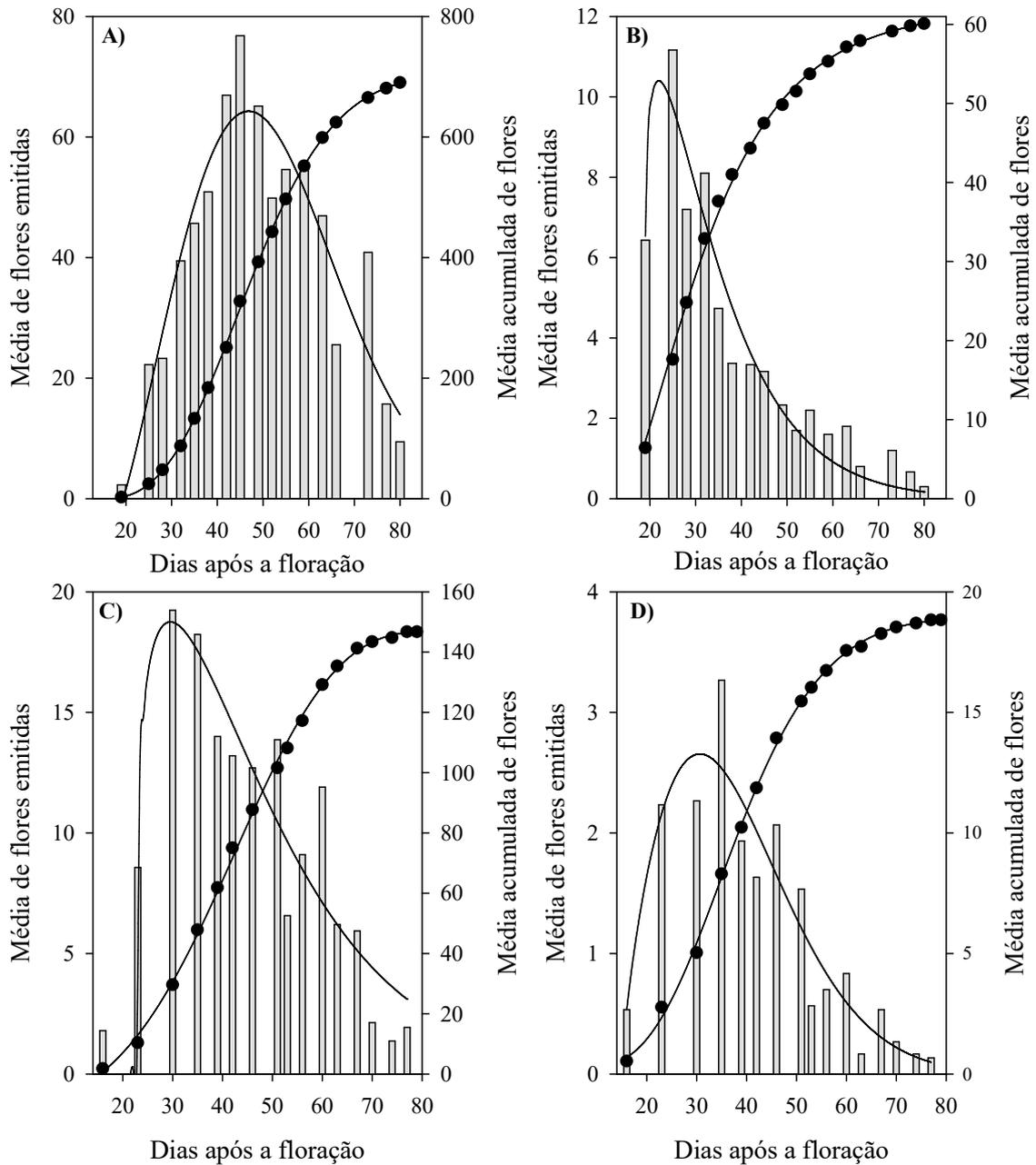


Figura 12. Número médio e acumulado de flores masculinas (A e C) e hermafroditas (B e D) para 1^a (A e B) e 2^a (C e D) floradas de cajueiro-anão, dias após a marcação das panículas na safra de 2018 no município de Pacajus, CE. Curva lisa representa a emissão de flores ao longo do tempo; curva pontilhada são as regressões referentes ao somatório das flores no tempo após a marcação das panículas.

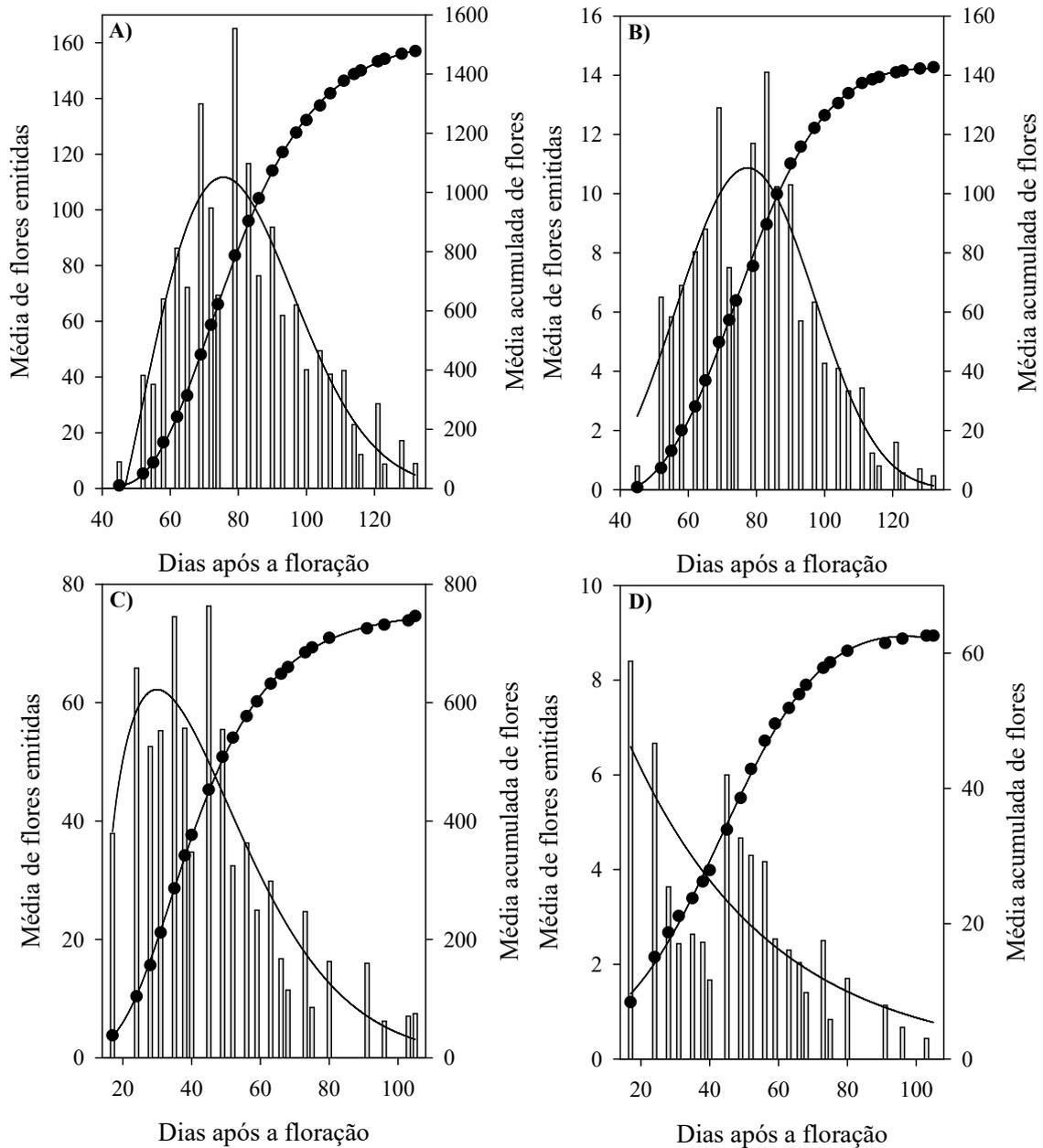


Figura 13. Número médio e acumulado de flores masculinas (A e C) e hermafroditas (B e D) para 1^a (A e B) e 2^a (C e D) floradas de cajueiro-anão, dias após a marcação das panículas na safra de 2019 no município de Pacajus, CE. Curva lisa representa a emissão de flores ao longo do tempo; curva pontilhada são as regressões referentes ao somatório das flores no tempo após a marcação das panículas.

Tabela 5. Parâmetros da análise de regressão não linear, da emissão de flores (masculinas e hermafroditas), para 1ª e 2ª floradas de cajueiro-anão, avaliadas nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.

Flor	Florada	Modelo	a	b	c	d	R ²	F	P-valor
♂ ¹	1ª 2018	Weibull 4-par ³	64,3	46,8	36,6	2,17	0,87	30,6	<0,0001
♀ ²	1ª 2018	Weibull 4-par	10,4	21,9	15,9	1,16	0,91	49,6	<0,0001
♂	2ª 2018	Weibull 4-par	18,7	29,5	25,9	1,23	0,87	26,8	<0,0001
♀	2ª 2018	Weibull 4-par	2,65	30,6	25,4	1,75	0,87	29,1	<0,0001
♂	1ª 2019	Weibull 4-par	111,7	75,5	40,0	2,07	0,78	26,0	<0,0001
♀	1ª 2019	Weibull 4-par	10,8	77,3	58,0	3,14	0,83	34,8	<0,0001
♂	2ª 2019	Weibull 4-par	62,2	29,8	34,6	1,46	0,79	23,47	<0,0001
♀	2ª 2019	Weibull 4-par	19,9	-30,2	41,4	1,00	0,60	9,05	<0,0001

♂¹= Flor Masculina; ♀²= Flor Hermafrodita; Weibull 4-par³=Weibull 4- parâmetros.

Tabela 6. Parâmetros da análise de regressão linear do acúmulo de flores (masculinas e hermafroditas) para 1ª e 2ª floradas de cajueiro-anão, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.

Flor	Florada	Modelo	R ²	F	P-valor
♂ ¹	1ª 2018	$y = \frac{50,42 - 5,88x + 0,17x^2}{1 - 0,02x + 0,0003x^2}$	0,99	13825,4	<0,0001
♀ ²	1ª 2018	$y = \frac{-7,88 - 0,28x + 0,05x^2}{1 - 0,02x + 0,00009x^2}$	0,99	1452,1	<0,0001
♂	2ª 2018	$y = \frac{-11,43 + 0,55x + 0,01x^2}{1 - 0,02x + 0,0002x^2}$	0,99	2889,9	<0,0001
♀	2ª 2018	$y = \frac{1,24 - 0,17x + 0,007x^2}{1 - 0,03x + 0,0005x^2}$	0,99	3431,6	<0,0001
♂	1ª 2019	$y = \frac{514 - 22,63x + 0,25x^2}{1 - 0,02x + 0,0001x^2}$	0,99	46462,9	<0,0001
♀	1ª 2019	$y = \frac{17,16 - 0,99x + 0,137x^2}{1 - 0,02x + 0,0001x^2}$	0,99	11558,9	<0,0001
♂	2ª 2019	$y = \frac{68,85 - 9,17x + 0,39x^2}{1 - 0,02x + 0,0005x^2}$	0,99	19002,2	<0,0001
♀	2ª 2019	$y = \frac{3,90 + 0,08x + 0,006x^2}{1 - 0,01x + 0,0002x^2}$	0,99	2368,8	<0,0001

♂¹= Flor Masculina; ♀²= Flor Hermafrodita.

Os efeitos individuais de sexo, safra e florada, sobre o tempo médio para abertura de flores masculinas e hermafroditas, de cajueiro-anão, foram significativos, bem como a interação entre sexos x safras e safras x floradas (Tabela 3).

Tabela 7. Análise de variância para o tempo médio para abertura de flores (masculinas e hermafroditas) de cajueiro-anão considerando os efeitos individuais de sexo, safra e florada e a interação entre eles, em clones de cajueiro-anão avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.

Efeitos	GL	SQ	QM	F	P-VALOR
Sexo (SE)	1	3775,0444	3775,0444	12,50	0,0004
Safra (SA)	1	63847,01177	63847,01177	211,42	<0,0001
Florada (F)	1	50330,68045	50330,68045	166,66	<0,0001
SE x SA	1	1771,60278	1771,60278	5,87	0,0155
SE x F	1	1158,31123	1158,31123	3,84	0,0503
SA x F	1	50077,93256	50077,93256	165,83	<0,0001
SE x SA x F	1	431,50208	431,50208	1,43	0,2320
Resíduo	3339	1008349,555	301,991		

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

O tempo médio para abertura das flores (masculinas e hermafroditas) apresentou tendência semelhante, dentro de cada florada, nas duas safras consideradas, com flores masculinas demandando mais tempo para antese. Contudo, diferenças estatísticas foram observadas apenas para a primeira florada de 2018 (Figura 3). Na safra de 2019 as plantas apresentaram um florescimento mais intenso, emitiram mais flores masculinas e hermafroditas (Figuras 1 e 2), porém, necessitaram de mais tempo para a antese (Figura 3). Isso é comprovado pelas diferenças do tempo médio da primeira florada entre flores masculinas (em torno de 50 dias em 2018 e 82 dias em 2019) e também entre as hermafroditas (aproximadamente 38 dias em 2018 e 80 dias em 2019) considerando as duas safras.

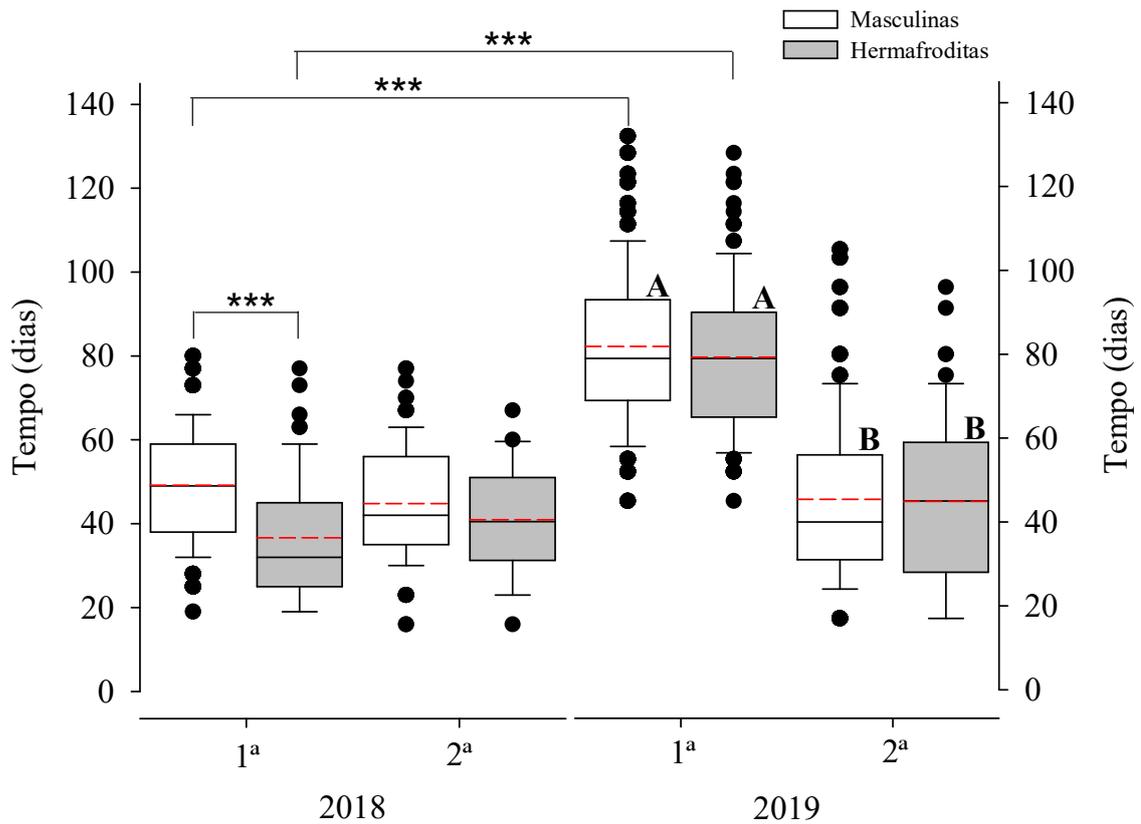


Figura 14. Tempo médio para abertura das flores (masculinas e hermafroditas), em duas floradas (1ª e 2ª) de cajueiro-anão, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021. Linhas contínuas dentro das barras representam a mediana enquanto que linhas tracejadas vermelhas correspondem aos valores médios. As comparações são sempre feitas dois a dois e apenas diferenças significativas são apresentadas. *** indicam diferenças entre flores masculinas e hermafroditas, na mesma florada, ou entre flores do mesmo sexo, em floradas distintas. Letras maiúsculas indicam diferenças entre flores do mesmo sexo em floradas distintas.

Constataram-se diferenças significativas para os efeitos de safra e de quadrante, sobre o número estimado de panículas por quadrante (NPQ) (Tabela 4). Isso mostra que a expressão deste caráter é influenciada pela posição das panículas na copa e também pelos fatores climáticos presentes em cada safra. O efeito não significativo da interação entre safras e quadrantes da copa evidencia que não há mudanças consideráveis na distribuição de panículas por quadrantes, entre as safras. Assim, é possível fazer extrapolações com base em uma única safra, considerando o efeito como aleatório.

Tabela 8. Análise de variância conjunta para o caráter número estimado de panículas por quadrante (NPQ), considerando os efeitos de safra (S) e quadrante da copa (Q) e a interação entre ambos, em clones de cajueiro-anão, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.

Efeitos	GL	SQ	QM	F	P-Valor
Safra (S)	1	26835,12017	26835,12017	10,29	0,0015
Quadrante (Q)	3	26825,29550	8941,76517	3,43	0,0178
S x Q	3	16331,21217	5443,73739	2,09	0,1025
Resíduo	232	604868,0080	2607,1897		

Fonte: elaborada pelo autor (2021).

O número estimado de panículas entre os quadrantes apresentou diferenças significativas, na safra de 2018 (Figura 4). O quadrante correspondente ao ponto cardinal norte tendeu a concentrar a maior emissão de panículas e o sul a menor. Os quadrantes leste e oeste comportaram-se de forma intermediária. No geral, houve uma tendência diferente para o número estimado de panículas para safra 2019, de forma que o quadrante leste apresentou uma tendência maior na produção de panículas, muito embora não tenha sido detectada diferença estatística.

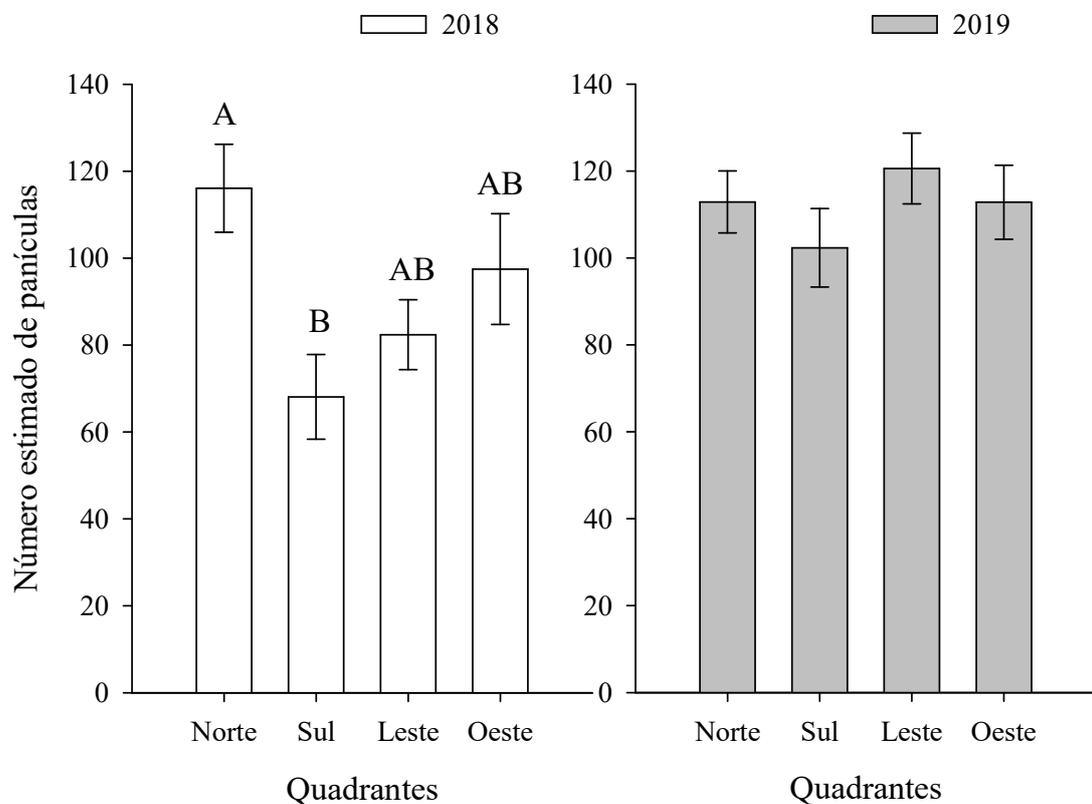


Figura 15. Número estimado de panículas por quadrante da copa de cajueiro-anão, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021.

Ao analisar mais detalhadamente as flores presentes nas panículas amostradas nos respectivos quadrantes, constatou-se que a distribuição das flores foi semelhante, entre as floradas, nos diferentes quadrantes da copa do cajueiro-anão (Figura 5). Não houve diferenças significativas quanto à emissão dos tipos de flores e produção de castanhas, entre os quadrantes, exceto para flores hermafroditas, na primeira florada de 2018. Apesar disso, observou-se que houve uma tendência dos quadrantes norte e do oeste apresentarem maior emissão de flores. Entretanto, quanto à produção de frutos, os quadrantes leste e oeste apresentaram uma tendência de maior produção.

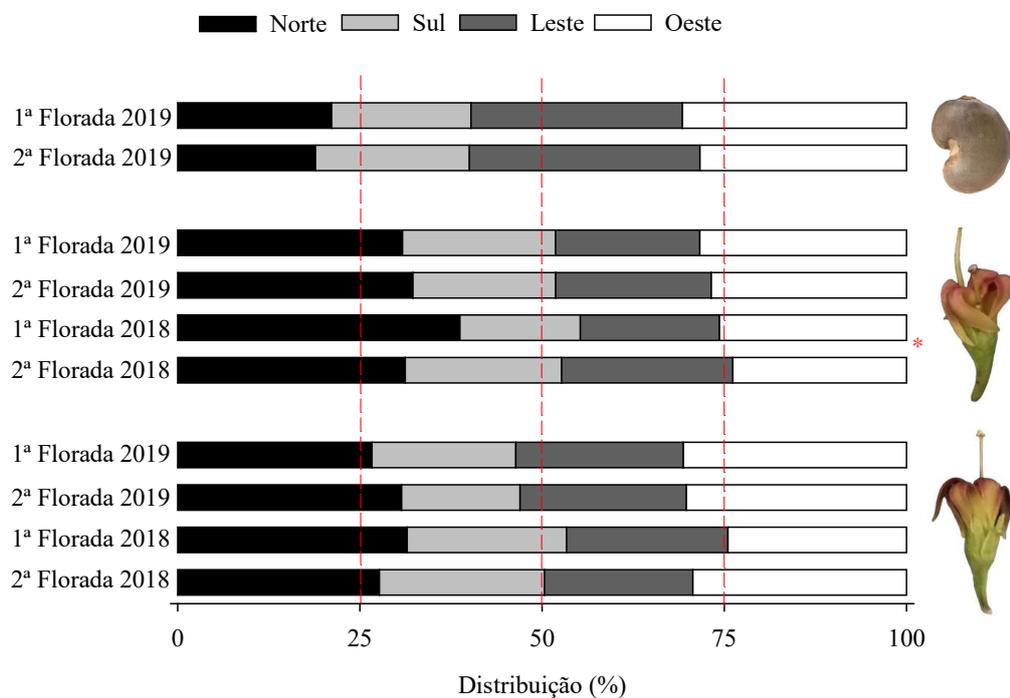


Figura 16. Distribuição de flores masculinas, hermafroditas e produção de castanhas, em cajueiro-anão, avaliados nas safras de 2018 e 2019, no município de Pacajus, CE, 2021. Linhas tracejadas vermelhas correspondem a hipótese nula de distribuição ($P > 0,05$). Apenas diferenças significativas são apresentadas.

3.4 DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo permitiram identificar os padrões de florescimento, quanto ao sexo e ao tempo de emissão das flores na cultura do cajueiro-anão, em duas safras distintas. A observação do elevado número de flores emitidas, no início do período de floração, é uma característica marcante da cultura (Sreenivas et al., 2017), independentemente da florada, remetendo a um substancial investimento energético da planta,

decorrente da maior produção de fotoassimilados, em resposta aos fatores do ambiente, como elevadas temperaturas, radiação solar e umidade (Martins et al., 2018), que são fatores externos do ambiente favoráveis a cultura. Essa alocação de fotoassimilados acarreta a formação de novos botões florais, logo no início do ciclo produtivo, como foi visto nos resultados do número médio e acumulado de flores emitidas. Na área experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar médias registradas, para ambas as safras, no início de floração, foram de 30°C e 85%, respectivamente (Figura 1). As precipitações pluviais foram melhor distribuídas na safra de 2018, abrangendo os meses de janeiro a agosto. Por outro lado, a safra de 2019 apresentou uma maior precipitação acumulada, em um período mais curto (janeiro a julho), em comparação a 2018, o que pode ter contribuído para um período de florescimento mais prolongado, justificando uma maior emissão de flores e frutos.

Em relação ao quantitativo total de flores, o número de flores masculinas produzidas foi maior do que o de flores hermafroditas, durante as safras, o que também foi observado por Adiga et al. (2019), estudando a fenologia de plantas de cajueiro. Esse comportamento é esperado, visto que as plantas, especialmente alógamas, produzem um maior número de flores masculinas em resposta a menor demanda energética requerida para a produção de gemas florais. Estudos revelaram que os tecidos florais das flores hermafroditas acumulam maiores quantidades de proteína e demandam maior investimento metabólico em relação às zonas estaminadas das flores masculinas, influenciando a diferenciação do sexo (Pavithran; Shaffi; Indira, 1985; Mohanty; Chand; Joshi, 2019). Logo, o tempo necessário para a acumulação proteica pode retardar o desenvolvimento do gineceu, resultando na formação tardia de flores hermafroditas. Considerando que os pistilos são os órgãos de diferenciação mais tardios nas gemas primordiais, é provável que o elevado custo metabólico seja a causa da baixa produção de flores hermafroditas, favorecendo competitivamente uma maior produção de flores masculinas (Pavithran; Shaffi; Indira, 1985).

No geral, as espécies alógamas apresentam uma baixa relação de estruturas reprodutivas femininas/masculinas, em relação ao sistema reprodutivo de populações autógamas (Sutherland et al., 1986). No presente estudo, a razão média entre flores masculinas e hermafroditas foi de 10:1, semelhante ao encontrado por Sreenivas et al. (2017), enquanto Sharma (2009) encontrou uma relação próxima de 5:1. Esse fato denota que a maior produção de flores masculinas é uma característica da cultura, considerando que a produção de um maior número de flores masculinas em relação às hermafroditas é um mecanismo desenvolvido pela própria espécie. É importante enfatizar a importância das flores masculinas para fornecer uma produção de pólen mais eficiente (Palei et al., 2019). A implicação da

relação entre flores masculinas e hermafroditas no cajueiro-anão tem relação direta com o desempenho produtivo da cultura, visto que, quanto maior a produção de flores hermafroditas, espera-se uma maior performance no rendimento produtivo potencial das plantas.

Por sua vez, a produção floral oscilou entre as safras, variando entre os 50 e 80 dias após a iniciação da panícula. Essa produção de flores foi considerada extensa, tendo em vista que o período total de emissão de flores, em uma inflorescência, normalmente varia entre 70 e 90 dias (Pavithran; Ravindranathan, 1974; Vanitha; Raviprasad, 2019). Esse comportamento pode ser justificado, em parte, pelas condições climáticas exibidas durante o ciclo de floração das duas safras, principalmente elevadas temperaturas, umidade relativa do ar, radiação solar no período da florada e o comprimento do período seco. Em anos secos, com chuva em apenas três a quatro meses, o cajueiro flora durante quase todo o ano. Nessas condições de períodos mais secos, com altas temperatura e radiação solar, a abertura dos botões florais do cajueiro é favorecida (Saroj; Nayak; Meena, 2014). Ademais, o próprio vigor dos genótipos é um fator que pode contribuir para aumentar o tempo em que ocorre o pico de floração, visto que foram utilizados clones de cajueiro anão divergentes em relação a vários caracteres, como por exemplo, a precocidade de floração e o comprimento do período produtivo.

Quanto ao tempo de abertura, o fato das flores masculinas demandarem mais tempo para antese, durante as safras pode ter contribuído para elevar as taxas de autofecundação. Por outro lado, como os genótipos de cajueiro geralmente florescem em épocas distintas, de modo que a abertura de flores masculinas em um genótipo pode coincidir com a abertura de flores hermafroditas em outros, favorecendo assim a alogamia. Esse é um mecanismo desenvolvido pelas espécies alógamas durante o processo de evolução, a fim de evitar a expressão de alelos deletérios, em consequência da autogamia (Eckert; Samis; Dart, 2006). Dentro desse contexto, espera-se que o processo de polinização cruzada, que normalmente acontece na cultura, não seja afetado pela diferença no tempo médio para abertura das flores, pois o início da antese coincide, ou seja, quando as flores hermafroditas estão abertas, já há flores masculinas disponíveis para polinizá-las, ainda que ao longo do ciclo a velocidade de abertura de flores hermafroditas seja maior.

O presente trabalho também demonstrou a importância da posição e da intensidade de luz solar como um fator regulador da biologia floral e da produtividade do cajueiro-anão. A variação observada no número de panículas e flores entre os quadrantes da copa, especialmente na safra de 2018, foram atribuídas ao posicionamento das plantas na área, devido à incidência de luz solar variável, entre os quadrantes. A região em estudo, por estar

inserida no semiárido nordestino e próxima à linha do Equador, apresenta elevado potencial de energia solar, com altas temperaturas e baixos índices de umidade do ar, durante todo o ano (Espínola Sobrinho, 2003). Esses fatores influenciam no padrão de emissão de flores do cajueiro, proporcionando condições bastante favoráveis ao desenvolvimento da cultura (Saroj; Nayak; Meena, 2014). O trajeto predominante do sol na região Nordeste é nascente no leste e poente ao oeste. Além disso, há uma variação ao longo do ano em que o trajeto é deslocado um pouco para o norte. Há de se considerar de acordo com Horvath (2008), que de setembro a março, os dias, no hemisfério sul apresentam maior duração, quando no período de março a setembro é o norte que recebe a luz do sol por mais tempo. Além disso, na maior parte do hemisfério sul, o sol fica mais alto, no céu, de setembro a março. A partir de setembro, o período claro vai aumentando e ocorre um maior aquecimento até o solstício de dezembro, quando começa o verão no hemisfério sul. Nesse sentido, os quadrantes com maior número de flores e panículas provavelmente receberam maior direcionamento de fotoassimilados oriundos da fotossíntese, culminando na produção dos órgãos reprodutivos.

Diferenças quanto ao número de flores nas panículas, conforme suas orientações em relação aos quadrantes da copa, também foram observadas por Masawe et al. (1996). Desse modo, é possível inferir que o quadrante norte da copa apresentou um maior quantitativo de flores, especialmente hermafroditas, por receber uma maior incidência de radiação, devido ao posicionamento da copa durante a passagem do sol. Essas diferenças observadas podem ter sido potencializadas pela ocorrência de menores precipitações acumuladas na safra de 2018, quando comparadas com a de 2019, já que na segunda safra não houve diferenças no número de panículas e flores por quadrante. A safra de 2019 apresentou um maior volume de chuvas e mais dias de sol. Na ocorrência de menor precipitação, as plantas podem ter sido expostas à condição de maior estiagem, alterando a razão fonte/dreno e alocando seus recursos nas partes da planta com maior incidência de radiação solar (Sowinski, 1999).

A produção de frutos, ao longo da copa, foi diferente, em relação ao número de flores, com tendências de maiores valores, nos quadrantes leste e oeste, indicando que a distribuição das flores ao longo da copa não foi um bom preditor da distribuição de frutos nesse estudo, ou seja, os estímulos que levaram às diferenças na produção das flores hermafroditas, ao longo dos quadrantes, não atuam de maneira decisiva no processo de pegamento e desenvolvimento de frutos. Assim, observou-se padrões independentes para influência do quadrante da copa no florescimento e na produção de frutos.

3.5 CONCLUSÃO

As flores hermafroditas e masculinas de cajueiro-anão apresentam início simultâneo da emissão, ao passo que, ao longo do ciclo reprodutivo, o tempo de emissão das flores hermafroditas é menor.

A distribuição das panículas e flores sofre variação conforme a posição da copa, com maior número no quadrante norte, sugerindo que a incidência de luz ao longo da copa pode ser determinante para a emissão floral.

A associação entre o florescimento e a frutificação parecem não estar atreladas a distribuição de flores.

REFERÊNCIAS

- ADIGA, J. D.; MURALIDHARA, B. M.; PREETHI, P.; SAVADI, S. Phenological growth stages of the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v.175, p.246–252, 2019.
- BARROS, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento do cajueiro. In: LIMA, V. P. M. S. (Org.). A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. Fortaleza: BNB/ETENE, p. 301-31, 1988.
- BARROS, L. M.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ARAÚJO, J. P. P. Cajueiro. In: BRUCKNER, C. H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, p. 159-176, 2002.
- ECKERT, C. G.; SAMIS, K. E.; DART, S. Reproductive assurance and the evolution of uniparental reproduction in flowering plants. **Ecology and Evolution of Flowers**, v. 183, p. 203, 2006.
- ESPÍNOLA SOBRINHO, J. **Influência do tipo de arquitetura do dossel na absorção de radiação solar, na produtividade e na quantidade do fruto da mangueira**. 2003. 249f. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2003.
- FREITAS, B. M.; SILVA, C. I.; LEMOS, C. Q.; ROCHA, E. E. M.; MENDONÇA, K. S.; PEREIRA, N. O. **Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica**. Funbio, Rio de Janeiro, 2014.
- HAWERROTH, M. C.; BORDALLO, P. do N.; OLIVEIRA, L. C. P.; VALE, E. H.; VIDAL NETO, F. das C.; MELO, D. S. Genetic variability among cashew hybrids and prediction of superior combinations based on agronomic performance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00725, 2019.
- HORVATH, J.E. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. IPECE. **Perfil Básico Municipal de Pacajus**. Fortaleza, CE. 2016.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol Z**, p. 259–263, 2006.
- MATTISON, C. P.; CAVALCANTE, J. M.; GALLÃO, M. I.; BRITO, E. S. Effects of industrial cashew nut processing on anacardic acid content and allergen recognition by IgE. **Food Chemistry**, 240, 370–376, 2018.
- MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; OOTANI, M. A. Progresso do oídio em função da fenologia do cajueiro. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.2, p.178-184, 2018.

- MASAWE, P. A. L.; CUNDALL, E. P.; CALIGARI, P. D. S. Distribution of cashew flower sex-types between clones and sides of tree canopies in Tanzania. **Annals of Botany**, v.78, p.553-558, 1996.
- MELO, D. S.; NETO, F. C. V.; HAWERROTH, M. C.; SERRANO, L. A. L.; HAWERROTH, F. J.; BARROS, L. M. **Hibridação Artificial em Cajueiro**. Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico Documentos, 210), p.8, 2013.
- MOHANTY, J. N.; CHAND, S. K.; JOSHI, R. K. Multiple microRNAs regulate the floral development and sex differentiation in the dioecious cucurbit *Coccinia grandis* (L.) Voigt. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 37, n. 1-2, p. 111-128, 2019.
- ONA, A. F.; AMIN, M.; EMTEAS, M. A.; AHMAD, H.; UDDIN, A. F. M. J. Performance of eight cashew nut (*Anacardium occidentale*) germplasm in Bangladesh. **International Journal of Business, Social and Scientific Research**, v. 5, n. 4, p. 175-182, 2017.
- PALEI, S.; DASMOHAPATRA, R.; SAMAL, S.; ROUT G.R. Cashew Nut (*Anacardium occidentale* L.): Estratégias de reprodução. In: AL-KHAYRI, J.; JAIN, S.; JOHNSON, D. (Eds) **Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops**. Ed: Springer, Cham, Switzerland, p.77-104, 2019.
- PAVITHRAN, K.; RAVINDRANATHAN, P. P. Studies on floral biology in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Plantation Crops**, v. 2, n. 1, 1974.
- PAVITHRAN, K.; SHAFFI, M; INDIRA, E. P. Development, differentiation and evolution of sex-dimorphism in cashew. **Acta Horticulturae**, n. 108 p. 17-19, 1985.
- RIBEIRO, K. A.; OLIVEIRA, T. S. D.; MENDONÇA, E. D. S.; XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; SOUSA, H. H. F. Qualidade do solo na cultura do cajueiro-anão precoce cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 341-351, 2007.
- ROSA, C. S. T.; SELVAS, T. M. C.; IACOMINI, M.; CORDEIRO, L. MC. Pectins from cashew apple fruit (*Anacardium occidentale*): Extraction and chemical characterization. **Carbohydrate Research**, v. 483, 2019.
- SAROJ, P. L.; NAYAK, M. G.; MEENA, R. K. Physiology of flowering, fruit and nut development in cashew. In: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (Eds). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Ed: ICAR, India, p. 202-209, 2014.
- SAS. **Institute SAS/STAT User's guide**. Version 8.02. North Carolina, EUA: SAS Institute Inc., 2002.
- SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, p. 77-165, 2013.
- SHARMA, D. Distribution of staminate and hermaphrodite flowers and fruit-set in the canopy of cashew genotypes. **Journal of Horticultural Science**, v. 4, ed. 1, p. 45-49, 2009.

SOWINSKI, P. Transport of photoassimilates in plants under unfavourable environmental conditions. **Acta physiologiae plantarum**, v. 21, n. 1, p. 75, 1999.

SREENIVAS, M.; REDDY, M. L., DORAJEERAO, A. V. D., PARATPARARAO, M. Study on sex-ratio, apple and nut parameters in young cashewnut hybrids. **Internacional Journal of Pure and Applied Bioscience**, v. 5, n. 4, p. 1770-1773, 2017.

STAFF, S. S. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th Edn Washington. DC: Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, 2014.

SUTHERLAND, S. Floral sex ratios, fruit-set, and resource allocation in plants. **Ecology**, v. 67, n. 4, p. 991-1001, 1986.

TEIXEIRA, J. C. B.; STEFANUTO, V. A. Estudos preliminares sobre a floração e frutificação de cajueiros (*Anacardium occidentale* L.): relação floração versus frutificação no primeiro ano de cultivo. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, vol. 3, p.111–121, 2012.

VANITHA, K.; RAVIPRASAD, T. N. Diversity, species richness and foraging behaviour of pollinators in cashew. **Agricultural Research**, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O entendimento dos processos envolvidos com a floração são aspectos importantes na compreensão do padrão de florescimento da espécie *Anacardium occidentale*. Informações acerca da biologia floral e reprodutiva da espécie são imprescindíveis para exploração econômica da cultura, no intuito de haver um melhor direcionamento de novas pesquisas e melhor aproveitamento das potencialidades da espécie *A. occidentale*. O cajueiro-anão produz flores em abundância, porém seu padrão de florescimento, e os caracteres envolvidos ao desenvolvimento dos órgãos florais ainda são pouco estudados, com informações restritas ao processo de floração.

A produção de flores hermafroditas na cultura está relacionada com outros caracteres da biologia floral do cajueiro-anão, e as diferentes épocas dentro do ciclo reprodutivo repercutem mudanças no padrão de florescimento. Esse padrão de florescimento, quanto a emissão inicial de flores ao longo do ciclo, de flores masculinas e hermafroditas, e a produção de castanhas exibem um comportamento peculiar, quanto a distribuição de flores na copa.

A expressão de flores hermafroditas na cultura possui relação direta com a época de avaliação da floração e a variação entre safras, pois ao longo das floradas ocorrem mudanças na estrutura vegetativa que acarretam em diferenças nos caracteres da morfologia floral das panículas. O número de flores hermafroditas nas panículas de cajueiro-anão está associado aos caracteres morfológicos presentes nas panículas, principalmente o comprimento e largura da panícula, o número de flores masculinas e a presença de ramos primários das panículas. Logo, é plausível determinar que o maior número de flores hermafroditas nas panículas é fundamental na seleção de clones de cajueiro anão-precocce.

O padrão de florescimento do cajueiro-anão expõe resultados, cuja produção de flores hermafroditas e masculinas apresentam início simultâneo da emissão, ao passo que, ao longo do ciclo reprodutivo, o tempo de emissão das flores hermafroditas é particularmente menor. Outro comportamento observado é que a distribuição das panículas e flores sofre variação conforme a posição da copa, com maior número no quadrante norte, sugerindo que a incidência de luz ao longo da copa pode ser determinante para a emissão floral. Por outro lado, é importante ressaltar que a associação entre o florescimento e a frutificação estudados na pesquisa parecem não estar atreladas a distribuição de flores nos quadrantes da copa, indicando que outros estímulos podem ter acarretado diferenças no processo de pegamento e desenvolvimento de frutos.

REFERÊNCIAS

- ADIGA, J. D.; MURALIDHARA, B. M.; PREETHI, P.; SAVADI, S. Phenological growth stages of the cashew tree (*Anacardium occidentale* L.) according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v. 175, p. 246-252, 2019.
- AHMED, N.; KUMAR, D.; MIR, J. I.; PAL, A. A. Physiology of Flowering in Perennial Temperate Fruit Crops. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V.K.; MISRA, A.K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 48-58.
- ALMEIDA, F. A. G.; MARTINS JUNIOR, W.; ALMEIDA, F. C. G. Fenologia comparativa de dois clones enxertados de cajueiro-anão em condições de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 221-228, 2002.
- ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, p. 532, 2013.
- BAPTIST, F.; TCHERKEZ, G.; AUBERT, S.; PONTAILLER, J. Y.; CHOLER, P.; NOGUÉS, S. ¹³C and ¹⁵N allocations of two alpine from early and late snowmelt reflect their different growth strategies. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 9, p. 2725-2735, 2009.
- BARROS, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento. *In*: LIMA, V. P. M. S. **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza, CE: BNB/ETENE, 1988. p.301-319.
- BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R. Melhoramento genético do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P.; SILVA, V. V. (Org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical, 1995. p. 73-93.
- BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ARAÚJO, J. P. P. Cajueiro. *In*: BRUCKNER, C.H. (Ed). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p.159-176.
- BENDINI, J. N.; SOUZA, D. C. Caracterização físico-química do mel de abelhas proveniente da florada do cajueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 325-334, 2008.
- BRAINER, M. S. C. P.; VIDAL, M. F. **Cajucultura. Caderno Setorial Escritório Técnico de estudos Econômicos do Nordeste-ETENE**, n.5, v.114, p.1-16, 2020.
- BHAGWAN, A.; REDDY, Y. N. Induction of flowering in fruit crops – Physiological and plant architectural implications. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (Org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**., Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 24-47.
- CARVALHO, P. E. R.; GAIAD, S. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Agência de informação EMBRAPA, 2012. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 16 fevereiro 2020.

DAMODARAN, V. K.; VILASACHAN, Y.; VALSALAKUMARI, P. K. Research on cashew in India. **Technical Bulletin**, p. 10-35, 1979.

ECKERT, C. G.; SAMIS, K. E.; DART, S. Reproductive assurance and the evolution of uniparental reproduction in flowering plants. **Ecology and Evolution of Flowers**, v. 183, p. 203, 2006.

ESPÍNOLA SOBRINHO, J. **Influência do tipo de arquitetura do dossel na absorção de radiação solar, na produtividade e na quantidade do fruto da mangueira**. 2003. 249f. (Tese de Doutorado em Recursos Naturais), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2003.

FAOSTAT. Crops Production Cashew nuts, with shell. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#search/cashew>. Acesso em: 04 ago. 2020.

FILHO, M.; C. H. A.; NUNES, J. A. R.; LOPES, Â. C. D. A.; GOMES, R. L. F. Selection of common cashew tree genotypes in commercial growing areas in municipalities of Piauí, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 3, p. 245-252, 2019.

FOLTAN, H.; LUDDERS, P. Flowering, fruit set, and genotype compatibility in cashew. **Angewandte Botanik**, Berlim, v. 69, n.5/6, p.215 -220, 1995.

FREE, J. B.; WILLIAMS, I. H. Insect pollination of *Anacardium occidentale* L., *Mangifera indica* L., *Blighia sapida* Koenig, and *Persea americana* Mill. **Tropical Agriculture**, v. 53, n. 2, p. 125-39, 1976.

FREITAS, B. M.; SILVA, C. I.; LEMOS, C. Q.; ROCHA, E. E. M.; MENDONÇA, K. S.; PEREIRA, N. O. **Plano de manejo para polinização da cultura do cajueiro: conservação e manejo de polinizadores para agricultura sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica**. Funbio, Rio de Janeiro, 2014.

FROTA, P. C. E.; PARENTE, J. I. G. Clima e fenologia do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. SILVA, V. V. (org.). **Cajucultura: modernas técnicas de produção**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPAT, 1995. p. 43-54.

GAJBHIYE, R.C.; SALVI, S. P.; PAWAR, S. N. Efeito de adubos orgânicos no crescimento e produção de Caju cv. VENGURLA-4 sob Konkan Região de Maharashtra. In **Asian Journal of Ciência do Solo**, v.11, p.159 – 165, 2016.

GUERRERO, R.; HERNÁNDEZ, C.; CHACÍN, J.; CLAMENS, C.; PACHECO, D.; SÁNCHEZ-URDANETA, A.; BRACHO, B. Aspectos preliminares de la biología floral de *Anacardium occidentale* L. (Merrey) en la altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**. v.1, p. 404-413, 2014.

HAWERROTH, M. C.; BORDALLO, P. do N.; OLIVEIRA, L. C. P.; VALE, E. H.; VIDAL NETO, F. das C.; MELO, D. S. Genetic variability among cashew hybrids and prediction of superior combinations based on agronomic performance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.54, e00725, 2019.

HORVATH, J.E. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

ICB – INSTITUTO CAJU BRASIL. **Cajucultura: Incertezas pós-pandemia**. Boletim ICB. O agronegócio caju em números. n. 8, 2020. 7p.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. IPECE. **Perfil Básico Municipal de Pacajus**. Fortaleza, CE. 2016.

JANZEN, D. H. Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central América. **Evolution**, v. 21, n. 3, p. 620-637, 1967.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259–263, 2006.

MADAIL, R. H.; HERTER, F. G.; LEITE, G. B.U. Influence of floral structure and flower bud quality on productivity and fruit shape in different apple cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 3, p. 686-694, set. 2012.

MATTISON, C. P.; CAVALCANTE, J. M.; GALLÃO, M. I.; BRITO, E. S. Effects of industrial cashew nut processing on anacardic acid content and allergen recognition by IgE. **Food Chemistry**, 240, 370–376, 2018.

MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; OOTANI, M. A. Progresso do oídio em função da fenologia do cajueiro. **Summa Phytopathologica**, v.44, n.2, p.178-184, 2018.

MASAWE, P. A. L., CUNDALL, E. P., CALIGARI, P. D. S. Distribution of cashew flower sex-types between clones and sides of tree canopies in Tanzania. **Annals of Botany**, v.78, p.553-558, 1996.

MELO, D. S.; NETO, F. C. V.; HAWERROTH, M. C.; SERRANO, L. A. L.; HAWERROTH, F. J.; BARROS, L. M. **Hibridação Artificial em Cajueiro**. Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico Documentos, 210), p.8, 2013.

MOHANTY, J. N.; CHAND, S. K.; JOSHI, R. K. Multiple microRNAs regulate the floral development and sex differentiation in the dioecious cucurbit *Coccinia grandis* (L.) Voigt. **Plant Molecular Biology Reporter**, v. 37, n. 1-2, p. 111-128, 2019.

MOG, B.; ADIGA, D.; NAYAK, M. G. Role of Plant Growth Hormones in Cashew: Key Strategy for Modifying Crop Performance. **International Journal of Current Microbiology e Applied Sciences**, Tamilnadu, v.7, n. 7, p. 1470-1484, jul. 2018.

NAKASONE, H. Y.; PAUL, R. E. **Tropical Fruits**. 2. ed. Cambridge: Oxon, 1998.

NAMBIAR, M. C. Cashew. *In*: Alvim, P. T. and Kozlowski, T. T. (org.). **Ecophysiology of tropical crops**. Academic Press, New York, 1979. p. 461-85.

NAMBIAR, M. C. Cashew. *In*: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, T. T. (org.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic, 1977. p. 461-477.

- NORTHWOOD, P.J. Some observations on flowering and fruit, setting in the cashew, *Anacardium occidentale* L. **Tropical Agriculture**. Trinidad, V. 43, n.1, p. 35-42, 1966.
- OLIVEIRA, N. N.; MOTHE, C. G.; MOTHE, M.G. Castanha de caju e maçã de caju: uma revisão mundial do monitoramento científico e tecnológico. *Journal of Food Science and Technolog*, v.57, p. 12–21, 2020.
- OLIVEIRA, V. H.; LIMA, R. N. Influência da irrigação e da localização da inflorescência sobre a expressão do sexo em cajueiro-anão precoce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1751-1758, set. 2000.
- OHLER, J. G. **Cashew**. Amsterdã: Koninklijk Instituut voor de Tropen. Holanda. 1979. p. 230-250.
- OLSEN, K. L.; MARTIN, G. C. Influence of apple bloom date on maturity and storage quality of 'Starking Delicious' apples. **ASHS**, Wenatchee, v. 102, n. 2, p. 183-186, set. 1980.
- OLUBODE, O. O.; JOSEPH-ADEKUNLE, T. T.; HAMMED, L. A.; OLAIYA, A. O. Evaluation of production practices and yield enhancing techniques on productivity of cashew. **Fruits**, v.73, n. 2, p. 75-100, mar. 2018.
- ONA, A. F.; AMIN, M.; EMTEAS, M. A.; AHMAD, H.; UDDIN, A. F. M. J. Performance of eight cashew nut (*Anacardium occidentale*) germplasm in Bangladesh. **International Journal of Business, Social and Scientific Research**, v. 5, n. 4, p. 175-182, 2017.
- PALEI, S.; DASMOHAPATRA, R.; SAMAL, S.; ROUT G.R. Cashew Nut (*Anacardium occidentale* L.): Estratégias de reprodução. In: AL-KHAYRI, J.; JAIN, S.; JOHNSON, D. (Eds) **Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops**. Ed: Springer, Cham, Switzerland, p.77-104, 2019.
- PAVITHRAN, K.; RAVINDRANATHAN, P. P. Studies on floral biology in cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Plantation Crops**, v. 2, n. 1, 1974.
- PAVITHRAN, K.; SHAFFI, M; INDIRA, E. P. Development, differentiation and evolution of sex-dimorphism in cashew. **Acta Horticulturae**, n. 108 p. 17-19, 1985.
- PARENTE, J. I. G; FROTA, P.; MELO, F.; COSTA, J. Comportamento de crescimento e desenvolvimento de cajueiros precoce e comum no litoral do Ceará. **Revista Brasileira Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 2, p. 107-111, out. 1991.
- PINHEIRO, F. F. M.; CRISÓSTOMO, J. R.; PARENTE, J. I. G.; MELO, F. I. O.; ALMEIDA, J. I. L. **Desenvolvimento de caracteres da panícula e frutificação de duas populações de cajueiros comum e anão precoce (*Anacardium occidentale*)**. Fortaleza: EMBRAPA – CNPCa, 1993. 24 p. (CNPc. Boletim de Pesquisa, 8).
- RAVINDRA, V. Physiological signals, environmental cues and their interactions for induction of flowering in perennials – lessons for mango. In: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 59-73.

- RAVISHANKAR, H. Assimilate partitioning and transformations in some perennial fruit crops with due focus on mango (*Mangifera Indica* L.): Dynamics of shoot-root communication in reproductive phenology-an appraisal. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V. K.; MISRA, A. K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: Central Institute for Subtropical Horticulture (ICAR), 2014. p. 202-209.
- RESENDE, M.D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. 1. ed. Colombo. Embrapa Florestas, 2005.
- RAO, V.N.M.; HASSAN, M.V. Preliminary studies on the floral biology of cashew (*Anacardium occidentale*, L.) mangalore. **The Indian Journal of Agricultural Science**, V. 27, n. 3, p. 277- 288, 1957.
- RIBEIRO, K. A.; OLIVEIRA, T. S. D.; MENDONÇA, E. D. S.; XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; SOUSA, H. H. F. Qualidade do solo na cultura do cajueiro-anão precoce cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 341-351, 2007.
- ROSA, C. S. T.; SELVAS, T. M. C.; IACOMINI, M.; CORDEIRO, L. MC. Pectins from cashew apple fruit (*Anacardium occidentale*): Extraction and chemical characterization. **Carbohydrate Research**, v. 483, 2019.
- ROSATI, A.; CAPORALI. S.; PAOLETTI, A. Biologia Floral: Implicações para as características e produção dos frutos. *In*: Muzzalupo I. (org.). **Germoplasma de azeitona – O cultivo da azeitona, a azeitona de mesa e a indústria do azeite na Itália**. IntechOpen, Rijeka, 2012. p.71-80.
- SAROJ, P. L.; NAYAK, M. G.; MEENA, R. K. Physiology of flowering, fruit and nut development in cashew. *In*: RAVISHANKAR, H.; SINGH, V.K.; MISRA, A.K.; MISHRA, M. (org.). **Physiology of Flowering in Perennial Fruit Crops**. Lucknow, Uttar Pradesh: 202-209, 2014.
- SAS. **Institute SAS/STAT User's guide**. Version 8.02. North Carolina, EUA: SAS Institute Inc., 2002.
- SERRANO, L. A. L.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. *In*: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, p. 77-165, 2013.
- SHARMA, D. Distribution of staminate and hermaphrodite flowers and fruit-set in the canopy of cashew genotypes. **Journal Hortl. Sci.**, Índia, v. 4, n. 1, p. 45-49, 2009.
- SILVÉRIO, D. V.; LENZA, E. Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**. v.10, n. 3, p. 205-216, set. 2010.
- SINGH, S.; MUKHERJEE, S. K. Studies on flowering thrips of cashew and its correlation on nut shedding. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, n. 4, p. 873-875, 2018.

SOUSA, D. G.; CUNHA, H. F. Population structure, spatial distribution and phenology of *Anacardium humile* A. St.-Hil. (*Anacardiaceae*) in cerrado *stricto sensu*. **Hoehnea**, São Paulo, v. 45, n. 3, jul-set, 2018.

SOUSA, L. B. D.; FEITOZA, L. D. L.; GOMES, R. L. F.; LOPES, Â. C. D. A.; SOARES, E. B.; SILVA, E. M. P. D. Aspectos de biologia floral de cajueiros anão precoce e comum. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p.882-885, mai-jun, 2007.

SOWINSKI, P. Transport of photoassimilates in plants under unfavourable environmental conditions. **Acta physiologiae plantarum**, v. 21, n. 1, p. 75, 1999.

SREENIVAS, M.; REDDY, M. L., DORAJEERAO, A. V. D., PARATPARARAO, M. Study on sex-ratio, apple and nut parameters in young cashewnut hybrids. **Internacional Journal of Pure and Applied Bioscience**, v. 5, n. 4, p. 1770-1773, 2017.

STAFF, S. S. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th Edn Washington. DC: Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, 2014.

STURTZ, J. D. Cashew. *In: Australian tropical tree fruits workshop*. Queensland Department of Primary Industries Conference and Workshop Series, Queensland, Australia, 1981. p. 53-9.

SUTHERLAND, S. Floral sex ratios, fruit-set, and resource allocation in plants. **Ecology**, v. 67, n. 4, p. 991-1001, 1986.

TEIXEIRA, J. C. B.; STEFANUTO, V. A. Estudos preliminares sobre a floração e frutificação de cajueiros (*Anacardium occidentale* l.): relação floração versus frutificação no primeiro ano de cultivo. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, vol. 3, p.111-121, 2012.

VANITHA, K.; RAVIPRASAD, T. N. Diversity, species richness and foraging behaviour of pollinators in cashew. **Agricultural Research**, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2019.

VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. *In: ARAÚJO, J. P. P. (Org.). Agronegócio Caju: Práticas e inovações*. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 481-505.

WADGYMAR, S. M.; CUMMING, M. N.; WEIS, A. E. The success of assisted colonization and assisted gene flow depends on phenology. **Glob Change Biology**, v. 21, n. 10, p. 3786-99, out. 2015.

WAIT, A. J.; JAMIESON, G. I. The cashew: its botany and cultivation. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 112, p. 253-7, 1986.

WUNNACHIT, W.; PAECHANA, P.; SIRISONGKRAM, P. Studies on floral biology and fruit setting of cashew in eastern coast of southern Thailand. **Sonklanakarinn Journal of Science and Technology**, v. 8, p. 259-65, may.1986.

WUNNACHIT, W.; SEDGLEY, M. Floral structure and phenology of cashew in relation to yield. **J. Hortic. Sci.**, v. 67, n. 6, p. 769-777, nov. 1992.

YOKOMIZO, G. K.; VIDAL NETO, F.C.; HONGYU, K.; BARRO, L. M. GGE biplot for stability and adaptability in cashew tree clones. *Revista Agro@ambiente*, v. 12, n. 3, p. 162-176, 2018.