

VALDILENE GOMES DE MELO MOURA

SAZONALIDADE FENOLÓGICA E ASPECTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES
LENHOSAS DA CAATINGA: ACOMPANHAMENTO COM CÂMERA
HEMISFÉRICA E *IN LOCO*

Serra Talhada-PE

2018

VALDILENE GOMES DE MELO MOURA

SAZONALIDADE FENOLÓGICA E ASPECTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES
LENHOSAS DA CAATINGA: ACOMPANHAMENTO COM CÂMERA
HEMISFÉRICA E *IN LOCO*

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima

Co-orientador: Thieres George Freire da Silva

Serra Talhada-PE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca da UAST, Serra Talhada-PE, Brasil

M929s Moura, Valdilene Gomes de Melo

Sazonalidade fenológica e aspectos funcionais de espécies lenhosas da Caatinga: acompanhamento com câmara hemisférica e in loco / Valdilene Gomes de Melo Moura. - Serra Talhada, 2018.
66 f. : il.

Orientador: André Luiz Alves de Lima
Coorientador: Thieres George Freire da Silva.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, PE, 2018.

Inclui referências.

1. Fenologia. 2. Imagem digital. 3. Caatinga. I. Lima, André Luiz Alves de, orient. II. Silva, Thieres George Freire da, coorient. III. Título.

CDD 631

VALDILENE GOMES DE MELO MOURA

SAZONALIDADE FENOLÓGICA E ASPECTOS FUNCIONAIS DE ESPÉCIES
LENHOSAS DA CAATINGA: ACOMPANHAMENTO COM CÂMERA
HEMISFÉRICA E *IN LOCO*

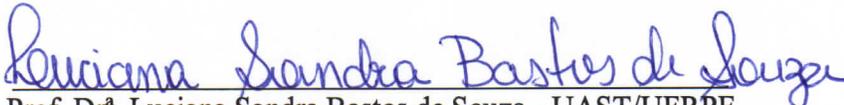
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO em 21 / 02 / 2018.

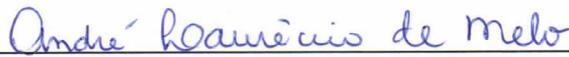
Banca Examinadora



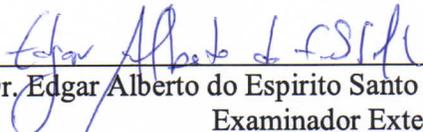
Prof. Dr. André Luiz Alves de Lima - UAST/UFRPE
Orientador



Prof. Dr.ª Luciana Sandra Bastos de Souza - UAST/UFRPE
Examinadora Externa



Dr. André Laurênio de Melo - UAST/UFRPE
Examinador Externo



Dr. Edgar Alberto do Espírito Santo Silva - UAST/UFRPE
Examinador Externo

A Deus por ser o Senhor de todas as coisas e me ter dado sabedoria para concluir este trabalho. Sempre, e nunca em excesso, aos meus pais, que sempre dispensaram a mim, ensino e companhia. Ao meu esposo que com muita paciência e amor me ajudou. Ao meu primo gêmeo Bruno Melo (*In memoriam*) pelo incentivo e aos amigos fieis e companheiros.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Estes dois anos não foram fáceis e agora mais do que nunca tenho certeza que o ditado popular “Deus não nos dá mais do que podemos carregar” é verdadeiro. No meio de tantas situações vividas, sei que eu não teria conseguido chegar aqui se não fosse primeiramente Deus e muitas pessoas a quem sou infinitamente grata.

Agradeço a minha família em especial a minha mãe Elena que sempre me apoiou em todos os momentos, ela é o meu exemplo de vida, sem dúvida uma guerreira. A meu pai Antônio, aos meus irmãos Marcos e Valtênia e sobrinhos Adryan, Luiz Carlos, Livia e Rayane.

Ao meu esposo Rondinele (Nelinho), pessoa rara, que me contagia com seu otimismo e perseverança (mesmo dizendo que depois do mestrado eu não tive paz rsrs). A quem devo de verdade minha volta aos estudos e quem NUNCA me deixou desistir. A você, meu amor, meu amigo, meu parceiro, o meu muito obrigada.

Ao meu orientador Prof. Dr. André Lima, pela extrema paciência e também pelas críticas, pois não são os elogios que nos fazem crescer e amadurecer, mas sim os questionamentos que são feitos nessa jornada de pesquisa. Sou grata por ter me tirando da nossa zona de conforto e me fazer buscar aquele “algo mais”. MUITÍSSIMO obrigada por nunca me dar o “peixe” e sim me ensinar a “pescar”.

Ao meu coorientador Thieres Silva, pela disponibilidade e ajuda sempre que precisei.

Ao Seu Luiz, dona Socorro e família, que sempre me acolheram muito bem na fazenda Algodões, onde passei muitos momentos felizes.

Aos amigos Inaldo Rocha, Carlos André, Danielle Gomes, Aline Oliveira, Lânia Campos e Padre Antônio que possuem valor inestimável.

A minha amiga-irmã Aline Santos, que sempre acreditou em mim, até mais que eu mesma. Sempre ao meu lado enxergando o melhor de mim, me contagiando com sua alegria, me acalmando nos momentos de explosão e me fazendo perceber o quanto sou forte. Sem você minha amiga, tudo seria mais difícil.

Aos amigos Clemir Candeias, Débora Rafaela e Ana Paula que não mediram esforços para me ajudar, sempre gentis e disponíveis. Vocês foram fundamentais neste trabalho, serei sempre grata ☺.

Não poderia deixar de agradecer a meu primo Bruno Melo (*In memoriam*) por toda força que me deu, por vibrar comigo a conquista de entrar no mestrado. Infelizmente ele não está fisicamente presente, mas sei que olha por mim e está feliz por esse obstáculo alcançado.

A Escola Irnero Ignacio, aos meus alunos e colegas professores por me apoiarem nessa jornada, em especial a diretora Lúcia Helena por compreender minhas ausências nos dias de pesquisa em campo ou disciplinas, com certeza essa atitude foi essencial para o desenvolvimento do trabalho e da minha formação.

Ao grupo de pesquisa GAS por todo companheirismo.

A todos os funcionários da UAST (em especial aos motoristas e ao encarregado dos transportes João).

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, professores e colegas da turma 2016.1.

A FACEPE pelo apoio financeiro ao projeto.

Enfim a todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

*Tudo tem seu apogeu e seu declínio... É natural que seja assim.
Todavia, quando tudo parece convergir para o que supomos o
nada, eis que a vida ressurgue, triunfante e bela... novas folhas,
novas flores, na infinita benção do recomeço!"*
(Chico Xavier)

*Deus tem visto suas lutas, Sabe das suas dores. Não pense que
na caminhada de sua vida estas sozinho. Deus está com você,
guiando os teus passos, te fortalecendo e te fazendo merecedor
das graças que vai te dar, lá na frente você vai ver que tudo
valeu a pena, até suas dores, pois foram elas que te aproximaram
de Deus!*

(Raquel Santana)

RESUMO

Os ecossistemas naturais precisam de séculos a milênios para adaptar-se aos danos causados pela interferência humana e as mudanças climáticas. Uma forma de acompanhar essa adaptação é por meio da fenologia que avalia a recorrência dos eventos biológicos nas plantas. Para isto, são necessários estudos a longo prazo, que podem ser obtidos por meio de câmeras digitais. A hipótese deste trabalho é que o padrão fenológico das espécies da caatinga observados *in loco* é validado pelas imagens da câmera digital, e tem como objetivo avaliar o comportamento fenológico e aspectos funcionais de espécies lenhosas em uma área de caatinga e comparar com as imagens obtidas de uma câmera hemisférica com as observações realizadas *in loco*. O trabalho de campo foi desenvolvido no município de Floresta, PE, no período de um ano, onde foram estudados 87 indivíduos pertencentes a oito espécies. As variáveis abióticas foram monitoradas por meio de sensores acoplados a uma torre micrometeorológica, instalada no sítio experimental. As plantas foram identificadas e monitoradas quanto aos parâmetros fenológicos e morfofisiológicos. Uma câmera digital hemisférica foi instalada no topo da torre e programada para registrar uma imagem a cada hora (das 6:00 h às 18:00 h) por meio das quais foram identificados o excesso verde e o índice de vermelho, os quais indicam a folhagem verde e senescência das folhas, respectivamente. As fases fenológicas foram observadas mensalmente e relacionadas com as variáveis meteorológicas e com características funcionais das plantas. Foram encontrados dois grupos funcionais, compostos por espécies decíduas e determinados principalmente pelas seguintes variáveis da PCA: grupo 1 - floração, brotamento, folha expandida e densidade de madeira; grupo 2 - área foliar, frutificação, espessura da casca, queda foliar e área foliar. O excesso de verde e o índice de vermelho, independente dos grupos, mostraram que no final do mês de julho foi o período de maior senescência. Apesar disso, houve variação no excesso de verde, sendo as maiores porcentagens de esverdeamento observadas em maio, refletindo a grande quantidade de folhas produzidas e maduras das plantas e menor porcentagem no mês de junho. Dessa forma, a câmera hemisférica constitui-se um equipamento promissor para identificar o comportamento fenológico das plantas em campo, sem a presença contínua do pesquisador.

Palavras chaves: Fenologia, Imagens digitais, Grupos funcionais.

ABSTRACT

Natural ecosystems need centuries to millennia to adapt to the damage caused by human interference and climate change. One way to follow this adaptation is through phenology that evaluates the recurrence of biological events in plants. For this, long-term studies are required, which can be obtained through digital cameras. The hypothesis of this work is that the phenological pattern of the caatinga species observed in loco is validated by the digital camera images, and aims to evaluate the phenological behavior and functional aspects of woody species in an area of caatinga and to compare with the images obtained from a hemispherical camera with observations made in loco. The field work was carried out in the municipality of Floresta, PE, during a period of one year, where 87 individuals belonging to eight species were studied. The abiotic variables were monitored by means of sensors coupled to a micrometeorological tower, installed in the experimental site. The plants were identified and monitored for phenological and morphophysiological parameters. A hemispherical digital camera was installed at the top of the tower and programmed to record an hourly image (from 6:00 a.m. to 6:00 p.m.) by means of which the green excess and the red index were identified, which indicate the green foliage and leaf senescence, respectively. The phenological phases were observed monthly and related to the meteorological variables and with functional characteristics of the plants. Two functional groups were found, composed of deciduous species and determined mainly by the following PCA variables: group 1 - flowering, budding, expanded leaf and wood density; group 2 - leaf area, fruiting, bark thickness, leaf fall and leaf area. The excess of green and the index of red, independent of the groups, showed that at the end of July was the period of greater senescence. In spite of this, there was variation in the excess of green, with the highest percentages of greening observed in May, reflecting the large amount of leaves produced and mature of the plants and smaller percentage in the month of June. Thus, the hemispheric camera constitutes a promising equipment to identify the phenological behavior of the plants in the field, without the continuous presence of the researcher.

Key words: Phenology, Digital images, Functional groups.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Espécies estudadas, ordenadas conforme a densidade de madeira (DM). Fazenda Algodões, Floresta - PE.	54
Tabela 2	Teste de Rayleigh para a ocorrência da sazonalidade no comportamento fenológico de espécies lenhosas na Fazenda Algodões, Floresta – PE, durante o período 05 de setembro de 2016 a 05 de agosto de 2017.....	54
Tabela 3	Sincronia de fenofases nas estações seca e chuvosa, em porcentagem de indivíduos, para oito espécies lenhosas na Fazenda Algodões, Floresta – PE, durante o período 05 de setembro de 2016 a 05 de agosto de 2017.....	54
Tabela 4	Correlação de Spearman entre as fenofases espécies lenhosas e os fatores abióticos. na Fazenda Algodões, Floresta – PE, durante o período 05 de setembro de 2016 a 05 de agosto de 2017.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação e temperatura média mensal no período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Fazenda Algodões, Floresta - PE.....	56
Figura 2	Umidade Relativa do ar e Umidade do solo no período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	56
Figura 3	Fotoperíodo no período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Fazenda Algodões, Floresta - PE.....	57
Figura 4	Imagens capturadas pela lente hemisférica da câmera digital na vegetação de Caatinga no período de maio a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	57
Figura 5	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Cenostigma pyramidale</i> durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	58
Figura 6	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Aspidosperma pyriformium</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	59
Figura 7	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Schinopsis brasiliensis</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	60
Figura 8	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Cnidocolus quercifolius</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	61
Figura 9	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	62
Figura 10	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Commiphora leptophloeos</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	63
Figura 11	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Jatropha mollissima</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	64
Figura 12	Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de <i>Spondias tuberosa</i> , durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na	

	Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	65
Figura 13	Análise de Cluster dos atributos funcionais de espécies lenhosas na fazenda Algodões, Floresta - PE.....	66
Figura 14	Análise de componentes principais (PCA) das características das espécies amostradas. ((1) <i>Cenostigma pyramidale</i> , (2) <i>Spondias tuberosa</i> , (3) <i>Aspidosperma pyriforme</i> , (4) <i>Commiphora leptophloeos</i> , (5) <i>Cnidocolus quercifolius</i> , (6) <i>Jatropha mollissima</i> , (7) <i>Schinopsis brasiliensis</i> , (8) <i>Myracrodruon urundeuva</i> , BF= Brotamento foliar, FE = Folha expandida, FL = Flor, FR = Fruto, QF = Queda foliar, EF = Espessura foliar, TF = Tamanho foliar, AF = Área foliar, AFE = Área foliar específica, MS = Matéria seca, EC = Espessura da casca, DM = Densidade de madeira, QAsat = Quantidade de água saturada).....	67
Figura 15	Análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis abióticas (UA = umidade relativa do ar, US = umidade do solo, P = precipitação, T = temperatura), e sua relação com as fenofases: brotamento, copa e queda foliar, floração e frutificação no grupo 1.....	67
Figura 16	Análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis abióticas (UA = umidade relativa do ar, US = umidade do solo, P = precipitação, T = temperatura), e sua relação com as fenofases: brotamento, copa e queda foliar, floração e frutificação no grupo 2.....	68
Figura 17	Excesso de verde e índice de vermelho obtidos pela câmara hemisférica e precipitação pluvial no período de maio a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.....	68

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VI
EPÍGRAFE	VIII
RESUMO GERAL	IX
ABSTRACT	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 FENOLOGIA.....	17
2.1.1 Novas tecnologias para observações fenológicas.....	18
2.1.2 Fenologia e Mudanças climáticas.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Área de estudo	23
3.2 Variáveis abióticas.....	24
3.3 Coleta e análise dos dados fenológicos	24
3.4 Câmera hemisférica	25
3.5 Coleta e processamento de dados foliares	26
3.6 Densidade de madeira	27
3.7 Índice de atividade.....	28
3.8 Análises estatísticas	28
4 RESULTADOS	29
5 DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÕES	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

A interferência humana e as mudanças climáticas são atualmente responsáveis por causar imensos impactos nos ecossistemas naturais, os quais necessitam de séculos a milênios, para adaptar-se aos danos causados (OLIVEIRA; NOBRE, 2008). Cientistas têm afirmado que estes efeitos são especialmente mais fortes em regiões tropicais mais secas, como o Semiárido devido as suas condições climáticas que são mais severas (SANTOS et al., 2014; MARENGO; BERNASCONI, 2014; ALTHOFF et al., 2016; SANTIAGO, et al., 2016). As respostas das plantas as variações climáticas podem ser melhor compreendidas por meio de estudos fenológicos, os quais normalmente requerem vários anos de observações (CORLETT; LAFRANKIE, 1998; ALONGI, 2008; ELLISON, 2012; BERNINI, 2015), tornando-se um trabalho dispendioso e limitante. Neste sentido, o uso de novas tecnologias está sendo utilizado para auxiliar neste tipo de investigação (RICHARDSON et al., 2009), entretanto, ainda pouco exploradas.

A literatura tem mostrado alternativas, como o uso de satélites e câmeras que registram imagens (BRANDÃO, 2009; HAMUNYELA et al., 2013; ANDERSON; GASTON, 2013; ALBERTON et al., 2014; ALMEIDA et al., 2015). Alguns trabalhos utilizando câmeras hemisféricas para monitoramento fenológico já podem ser encontrados em diversos tipos de vegetações e regiões do mundo. Estudos foram feitos em diversos tipos de florestas: mistas (AHRENDTS et al., 2008), úmidas e sempre verdes (IDE; OGUMA, 2010), temperada (KEENAN et al., 2014), decíduas (INOUE et al., 2014, KLOSTERMAN et al., 2014, NIJLAND et al., 2014), como também em pastagens subalpinas (MIGLIAVACCA et al., 2011) e com plantas aquáticas (BUCKLEY et al., 2017). Estes estudos mostraram que a utilização das câmeras digitais são ferramentas simples e acessíveis para o monitoramento da fenologia de plantas, fornecendo informações econômicas e objetivas em todos os ambientes estudados, apesar disso, fica evidente da necessidade de estudos em ambientes sazonais de clima semiárido.

No Brasil, a região de Cerrado é onde está concentrada a maioria das pesquisas dessa natureza (ALMEIDA et al., 2013; ALBERTON et al., 2014; CONTI et al., 2014; ALMEIDA et al., 2015; MARIANO et al., 2016), relatando que diferentes espécies de plantas apresentam um comportamento distinto em relação à mudança de cor das folhas, que as câmeras digitais são ferramentas confiáveis para monitorar vegetação tropical

sazonal de alta diversidade, bem como a criação de um banco de dados temporais complexos da região. No entanto que para a região semiárida do Brasil, estas informações são inexistentes.

Quando obtidos de forma sistemática, os dados fenológicos, reúnem importantes informações condizentes ao estabelecimento, períodos de crescimento e reprodução de espécies, de forma a caracterizar e determinar a disponibilidade dos recursos para os polinizadores e dispersores (FRANKIE et al., 1974). Estes dados também podem servir para a compreensão do papel da vegetação nas cadeias alimentares em seu ecossistema (FOURNIER, 1974), o que or sua vez, é de grande relevância para a análise do funcionamento dos ecosssistemas.

Estudos relacionando a fenologia com as características funcionais de plantas tem sido evidenciado nas últimas décadas (BRODRIBB; HOLBROOK, 2004; POWERS; TIFFIN, 2010; GIRALDO; HOLBROOK, 2011; KUSHWAHA et al., 2011) e nos últimos anos há uma tendência de agrupar as espécies conforme seu comportamento no ambiente, considerando aspectos morfológicos, fisiológicos e fenológicos, conhecidos por tipos ou grupos funcionais (WOHLGEMUTH et al., 2017).

A identificação de grupos funcionais por meio do estudo das características funcionais presentes nas espécies de uma comunidade, além de permitir compreender papel exercido pelo conjunto na comunidade (BORCHERT; RIVERA 2001; LIMA et al. 2012), facilita a comparação entre diferentes ecossistemas do mundo (DÍAZ et al., 2013), e o entendimento sobre as respostas da vegetação às mudanças ambientais (CORNELISSEN et al., 2003).

Um dos traços importantes para a identificação dos grupos funcionais é a área foliar específica (AFE), uma vez que, altos valores estão associados a maior disponibilidade de recursos (POORTER et al., 2009), como visto em florestas com árvores decíduas (MÉNDEZ-ALONZO et al., 2012), dessa forma espécies com alta AFE podem prosperar em locais secos (PINEDA-GARCÍA et al., 2013).

Diante do exposto, a hipótese deste trabalho é que o comportamento fenológico das espécies da caatinga observados *in loco* é validado pelas imagens da câmera digital. Assim o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento fenológico e funcional de espécies lenhosas em uma área de caatinga e comparar com as imagens obtidas de uma câmera hemisférica com as observações realizadas *in loco*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fenologia

A fenologia estuda a recorrência de eventos biológicos, a razão pela qual ocorrem e sobretudo a sua relação com as modificações dos fatores bióticos e abióticos. (LIETH, 1974), permitindo a compreensão da dinâmica dos ecossistemas (RATHCKE; LACEY, 1985).

O registro das fenofases das espécies é uma atividade que vem sendo desenvolvida desde o princípio das civilizações, quando o homem, buscando alimento, procurou distinguir quais as espécies poderiam ser aproveitadas como nutrição nas diferentes estações do ano (ANDREIS et al., 2005). Gradativamente, a fenologia vem sendo apontada, como uma significativa linha de pesquisa ecológica, e considerada como um parâmetro importante a ser empregado na caracterização dos ecossistemas (LIETH, 1974).

Vários trabalhos já podem ser encontrados, englobando as diversas vertentes que os estudos fenológicos possuem (SCHWARTZ, 2013). Davis et al. (2013) realizando uma análise filogenética em angiospermas, observaram que espécies estreitamente relacionadas tendem a se assemelhar umas às outras em algum momento de sua história de vida, e que esse fato é um provável produto de respostas evolutivas aos estímulos ambientais. Segundo Morellato et al. (2016) a fenologia pode integrar modelos preditivos para a história evolutiva e identificar que grupos de espécies são resistentes ou sensíveis a cenários futuros de mudanças climáticas.

Em ambientes onde a sazonalidade de precipitação é acentuada, como por exemplo nas regiões Semiáridas, o período de seca influencia fortemente a fenologia, restringindo o crescimento e reprodução das plantas nesta época (REICH; BORCHERT, 1984; MORELLATO et al., 1989). As variações fenológicas, no entanto, são observadas em todas as plantas, mesmo regiões de pouca sazonalidade (TALORA; MORELLATO, 2000). Zheng et al. (2006) analisando as variações fenológicas através de uma ampla área de floresta temperada no leste da China, analisaram as relações estatísticas entre fenologia e temperatura e observaram que a fenologia das plantas está significativamente correlacionada com a temperatura média. Resultados semelhantes estão presentes no estudo de Ge et al. (2011) realizados naquela localidade.

Neves et al. (2010) investigaram a correlação que existe entre as fenofases e a capacidade de armazenamento de água. Através dessa pesquisa foi observado que este último parâmetro quando apresenta valores elevados promove a ocorrência dos eventos fenológicos mesmo na ausência de chuvas. Entretanto, não se sabe o efeito de secas prolongadas na fenologia dessas espécies.

Um trabalho realizado por Parente et al. (2012) em floresta tropical seca, constatou que eventos fenológicos são ativados com apenas pulsos de precipitação, contudo outros autores, estudando ambiente com as mesmas características, relataram que as plantas atendem muito fortemente aos fatores ambientais, com respostas diretas de algumas espécies a chuva, enquanto outras não (BARBOSA et al., 1989; AMORIM et al., 2009; LIMA; RODAL, 2010). Estas mesmas respostas são encontradas em ambientes de caatinga (TEXEIRA et al., 2008; SOUZA et al., 2015)

Dessa forma, pode ser observado que não só a precipitação, mas alterações de outros fatores como por exemplo, o fotoperíodo e variações de temperatura ao longo do ano, também interferem na fenologia nestes ambientes (MORELLATO et al., 2000; MARQUES; OLIVEIRA, 2004).

Em florestas sazonalmente secas observa-se a ocorrência das fenofases ao longo de todo ano, com sincronia entre algumas destas fases, como por exemplo, o brotamento e a queda de folhas (AMORIM et al., 2009), enquanto outras ocorrem em estações distintas, como a floração (estação chuvosa) e a frutificação (estação seca), como relatado por Pedroni et al. (2002). Porém esse evento foi constatado de forma inversa por outros autores (GRIZ; MACHADO, 2001; ARAÚJO et al., 2011).

Apesar dessas informações, ainda existem lacunas no que se refere a vegetação em áreas de floresta tropical seca e sua relação com os fatores climáticos. Uma alternativa para o preenchimento destas, seria a intensificação de estudos fenológicos com o uso de equipamentos de imagens.

2.1.1 Novas tecnologias para observações fenológicas

A fenologia vem se mostrando um importante indicador das respostas das plantas às mudanças climáticas globais, estimulando assim, o desenvolvimento de novas tecnologias para o monitoramento fenológico (RICHARDSON et al., 2009; ROSENZWEIG et al., 2008).

Nos últimos anos, tecnologias para o acompanhamento fenológico vem crescendo substancialmente. Entre todas, o sensoriamento remoto com uso de satélites, câmeras digitais ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são os métodos que mais se destacam, sendo utilizado para a validação das observações fenológicas tradicionais. O sensoriamento possui diversas as aplicações, das quais, é possível citar: o monitoramento das plantas com deficiência hídrica; a estimativa de importantes elementos da cultura como biomassa e produtividade bem como a análise das fenofases (BRANDÃO, 2009).

A fenologia analisada por meio de satélites permite o monitoramento da vegetação em uma escala global e fornece uma visão integrada ao nível da paisagem. (STUDER et al., 2007). Quando uma área é muito extensa e de difícil acesso, o monitoramento por imagens de satélites é uma ótima alternativa.

Hoje essa tecnologia é bastante utilizada nas pesquisas fenológicas, tendo iniciado com o lançamento do satélite Earth Resource Technology Satellite (ERTS-1, posteriormente denominado Landsat 1), atrelado a um projeto intitulado: "Experimento de Fenologia com Satélite" que estudava as fases verdes (períodos de folhagem) e as fases marrons (folhas senescentes e secas) (DETHIER et al., 1973; KNAPP; DETHIER 1976).

Através do sensoriamento remoto por satélites é possível determinar a relação entre o clima e as diferentes formações vegetais, interpretando automaticamente grandes áreas vegetacionais em menor tempo (TRENTIN; FONSECA, 2011; LUCAS; SCHULER, 2007). Simonetti et al. (2014), enfatizaram que estudos com satélites é um método que demonstram grande potencial, podendo ser aplicado em qualquer escala local ou regional.

Rodrigues et al. (2011), ressaltaram que estudos através de satélites, além de serem fáceis, resultam na alta capacidade de previsão das fenofases a longo prazo. Os mesmos autores desenvolveram um software (PhenoSat) para a extração de informações fenológicas a partir de diversas situações geográficas, e constataram que os resultados apresentados pelo satélite são bastante semelhantes às medições realizadas em campo. Situação similar ocorreu no trabalho de Hamunyela et al. (2013) onde as informações fenológicas adquiridas por meio de satélites foram confirmadas pelas observações realizadas *in loco*.

Utilizando satélites Broich et al. (2014) realizaram um estudo nas florestas do norte da Austrália constatou alta variabilidade inter e intra-anual nos ciclos fenológicos

e que os picos nos ciclos fenológicos não acontecem apenas durante o verão, mas também em qualquer época do ano.

Recentemente, surgiu uma nova tecnologia de sensoriamento remoto sendo possível a captura de imagens terrestre a partir de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), gerando facilidade na aquisição de dados em escalas espaciais e temporais e redução de custos em relação os sistemas de orbitais (satélites), permitindo que o pesquisador escolha o método mais adequado para cada estudo (KOH; WICH, 2012; ANDERSON; GASTON, 2013).

O VANT trata-se de uma ferramenta de grande potencial como sensoriamento remoto. As imagens captadas pelo mesmo constituem uma base de informações na escala tempo-espço onde é possível uma melhor análise dos dados (MIRIJOVSKY et al., 2011). Tais imagens são obtidas através de câmeras acopladas aos veículos, dessa forma, levando em consideração o modelo e alcance do VANT utilizado, é possível avaliar importantes parâmetros da vegetação com base em processamento de imagens subsequentes (SVOBODOVA et al., 2012; VAVRA; MAREK, 2013).

Outra forma de sensoriamento remoto que pode ser complementada a técnica tradicional em campo é a utilização de câmeras digitais. Tal técnica tem sido empregada em várias aplicações ecológicas, tendo destaque na fenologia de plantas (CRIMMINS; CRIMMINS, 2008; GRAHAM et al., 2010).

As câmeras podem facilitar diversas pesquisas, e segundo Richardson et al. (2007) o uso de câmeras é um meio barato onde os processos fenológicos podem ser quantificados. Em conjunto com o benefício de ser financeiramente mais acessível, as “Fenocâmeras” são fáceis de instalar e possui uma manutenção relativamente simples, demonstrando assim grande potencial quando utilizada em diferentes regiões (RICHARDSON et al., 2009; IDE; OGUMA, 2010; MIGLIAVACCA et al., 2011; SONNENTAG et al., 2012; INOUE et al., 2014; KEENAN et al., 2014; PETACH et al., 2014).

Imagens digitais possibilitam a análise de cor das folhas, bem como a alterações das fenofases como brotamento, senescência foliar, floração e frutificação (AHRENDTS et al., 2008; RICHARDSON et al., 2009). Ainda através da mesma é possível entender melhor os padrões sazonais a longo prazo no clima (ALMEIDA et al., 2014), pois podem aumentar a precisão observação e ampliar a área de estudo (ALBERTON et al., 2014).

Barbosa et al. (2016) em uma revisão relata que os primeiros trabalhos com utilização de câmeras começam a aparecer ano de 1980 e que as publicações apresentaram um aumento significativo nos últimos anos, demonstrando o interesse da aplicação desta tecnologia à ciência das plantas.

Zhao et al. (2012) detectaram através de imagens de câmeras digitais, que as variações de cores das folhas são altamente relacionadas com os fatores climáticos. Em 2014, Alberton e colaboradores, avaliaram a confiabilidade de imagens digitais para detectar a mudança de padrão das folhas no Cerrado, e concluíram que câmeras digitais são ferramentas confiáveis para monitorar vegetação tropical e sendo também sensível às diferenças inter-específicas de padrões de brotamento. Almeida et al. (2015) relatam que o uso de imagens digitais é bastante preciso na caracterização da fenologia das espécies de plantas.

Mariano et al. (2016) sugeriram a criação de um projeto conceitual e implementação de uma base de dados para armazenar, gerenciar e manipular séries temporais e informações ecológicas associadas a dados fenológicos e ambientais. Os autores destacam que as informações provenientes de câmeras em conjunto com observações locais, constituem uma poderosa ferramenta que pode ser amplamente usada para gerenciar conjuntos de dados temporais complexos, no âmbito da fenologia. No entanto, estudos dessa natureza, ainda são escassos (ALMEIDA et al., 2014; ALBERTON et al., 2014).

O desenvolvimento de novas pesquisas em diferentes regiões é essencial, portanto a utilização de tecnologias para avaliações fenológicas deve estar atrelada a tais estudos. O sensoriamento com câmeras, futuramente pode proporcionar a independência do pesquisador no campo, uma vez que este trabalho não exigiria observações contínuas *in loco*, bem como permitirá avaliações a longo prazo dos fenômenos biológicos e suas relações com o ambiente.

2.1.2 Fenologia e Mudanças climáticas

Hoje em dia as mudanças climáticas representam uma das maiores preocupações em nível global. A utilização de combustíveis derivados do petróleo, a degradação do solo com atividades agropecuárias, o desmatamento sem medida e o aumento populacional gradativo, está intensificando o efeito estufa, acarretando danos a biodiversidade do planeta. (BUCKERIDGE et al., 2007).

Os efeitos das mudanças climáticas afetarão toda a vida no planeta, entretanto, eles podem ser mais desastrosos em ambientes sazonalmente secos, como a região semiárida do Brasil (MAREGO; BERNASCONI, 2014), sendo o homem, de certa forma, o grande responsável por esses efeitos, uma vez que, mais de metade do aumento da temperatura média global de 1951 a 2010 foi causado por ações antrópicas (IPCC, 2014).

Atividades como desmatamento, queima da vegetação ou pastoreio, promovem a perda da cobertura vegetal expondo o solo (GALINDO et al., 2008), bem como o propicia o processo de desertificação. Recentemente Souza et al. (2015), verificaram que a composição florística de uma área de Caatinga na Paraíba foi seriamente modificada através da desertificação e que o homem interferiu de tal maneira, causando o estabelecimento de diferentes ambientes.

As modificações na vegetação já podem ser percebidas e sua relação com o clima é evidente. Salis et al. (1995) destacaram que a distribuição de espécies arbóreas está diretamente correlacionada com características climáticas, em especial a precipitação e a temperatura. Contudo, Marengo et al. (2011) enfatizaram que conjunto formado pelas alterações do clima (falta de chuva ou pouca chuva, altas temperaturas), e suas consequências (altas taxas de evaporação, competição pelos recursos hídricos), pode levar a uma crise potencialmente catastrófica, sendo a vegetação uma das maiores vítimas. Se estes impactos ocorrerem em curto intervalo de tempo, os ecossistemas naturais sofrerão alterações irreversíveis (CORDEIRO et al., 2008).

É notório que o comportamento das plantas é afetado pelas alterações do clima, e conseqüentemente, a época de ocorrência dos processos fenológicos também sofre modificações (CORDEIRO et al., 2008). Segundo Parmesan (2007), o aquecimento pode provocar distúrbios no período de floração, na queda de folhas, e no crescimento. Em estudo de dados de longo prazo da região Europeia, Menzel et al. (2006), detectaram que o comportamento fenológico das plantas está sendo afetado de forma dramática pelas mudanças climáticas globais.

A fenologia é um modo eficaz para monitorar as mudanças ambientais, pois consiste em um indicador simples e confiável dos efeitos das mudanças climáticas sobre plantas (TORRE et al., 2013; FARIA et al., 2016). Em uma revisão de literatura, Richardson et al. (2013) enfatizaram a importância da fenologia como um fator que medeia *feedbacks* da vegetação ao sistema climático. Gordo e Sanz (2013) constataram no seu estudo que houve mudanças temporais desproporcionais, nos eventos

fenológicos como floração ou brotamento, porque não existe sinergia entre as mudanças climáticas e as estações do ano.

Para testar o efeito das mudanças climáticas na fenologia de plantas de arroz, Zhang et al. (2016) realizou um estudo em laboratório e observaram que é possível prever os impactos que serão causados, contudo alertaram para a necessidade de estudos com vários cultivares.

As mudanças climáticas interferem tanto na composição da comunidade como no ecossistema (RICHARDSON et al., 2013), sendo então importantes estudos dessa natureza em diversos ambientes. Ge et al. (2011), relatam que a fenologia das plantas no hemisfério norte está sendo alterada em decorrência do aquecimento global. Chambers et al. (2013) constataram no seu estudo que o aumento da temperatura foi o principal condutor das mudanças fenológicas no hemisfério sul.

A literatura sobre fenologia relacionada a este tema vem aumentando de forma exponencial. Diversas publicações relatam como as fenofases das plantas (tais como: queda foliar, floração, frutificação e senescência) respondem ante aos impactos sofridos pelas mudanças de temperaturas, precipitação, latitude ou altitude (SANTAMARIA et al., 2003; CAICEDO et al., 2004; MORISETTE et al., 2009; TOOKE; BATTEY, 2010; PAU et al., 2011; POLGAR; PRIMACK, 2011; HAMUNYELA et al., 2013; ROCHA et al., 2016). Contudo, ainda são poucos os estudos em áreas tropicais, fato este que deve ser contornado e levado em consideração toda a diversidade fenológica (MORELLATO et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O trabalho de campo foi desenvolvido no período que compreendeu o mês de setembro de 2016 ao mês agosto de 2017 na Fazenda Algodões, município de Floresta - PE, situada em torno das coordenadas: 8, 31° S, 38,51°O, com altitude de 348 m. A vegetação é caracterizada como Caatinga arbustivo-arbórea, típica da região denominada Sertão Central do Semiárido brasileiro. As médias históricas de temperatura anual é de 26,1°C, umidade relativa do ar de 61%, evapotranspiração de referência anual de 615,2 mm e precipitação com média de 579 mm ano⁻¹ (INMET,

2017). Os solos predominantes são Argissolos, Luvisolos e Neossolos, de acordo com o Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos de Pernambuco (<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/pe>). A área de caatinga apresenta indícios de ação de pecuária com animais de pequeno porte e que aproximadamente a 15 anos tem sido mantida sem a realização desse tipo de atividade.

Durante o estudo, a precipitação foi de 359,59 mm, com média de temperatura de 26,8 ° C (Figura 1). A umidade relativa do ar foi de 63,5% e do solo de 0,09 m³ m⁻³ (Figura 2). A variação no fotoperíodo foi de 50 min (Figura 3), com os dias mais curtos ocorridos no mês de junho de 2017 (em média de 11 h 53 min) e os mais longos no mês de dezembro de 2016 (em média de 12 h 43 min). (Dados obtidos por meio de uma estação micrometeorológica situada no local do experimento).

3.2 Variáveis abióticas

As variáveis abióticas foram monitoradas por meio de sensores acoplados em uma torre micrometeorológica, instalada no sítio experimental. A torre é composta por um sistema de baixa frequência constituído por sensores de temperatura e umidade relativa do ar (HMP45C, Vaisala, Helsinki, Finland); anemômetro (034A-L, R. M. Young Co., Traverse, MI, USA); piranômetro para medição da radiação solar incidente (LI200X, LI-COR, Lincoln, USA); pluviômetro (10116 Rain Gauge, TOSS, Potsdam, Germany); sensores de temperatura do solo a 0,15 e 0,30 m (TB107, Markasub, Olten, Switzerland); e, 5 tubos de acesso para medição da umidade do solo até 0,6 m de profundidade (Diviner 2000, Sentek Ltd., Australia) e registrada uma vez por semana.. Medições foram realizadas a cada 60 segundos com valores médios armazenados a cada 30 minutos, usando um sistema de aquisição de dados (Dataloguer: CR1000, Campbell Scientific, Logan, USA).

3.3 Coleta e análise dos dados fenológicos

Tendo como referência a torre micrometeorológica na área de estudo, foi estabelecida uma área amostral compreendendo um raio de 50 m em torno desta. Nesta área, 87 plantas pertencentes a oito espécies (Tabela 1) foram devidamente identificadas e monitoradas quanto aos parâmetros fenológicos (brotamento, copa, queda, flor e fruto) e morfofisiológicos (espessura, tamanho, peso fresco e fresco das folhas, densidade,

espessura da casca, quantidade de água saturada da madeira). As plantas lenhosas com pelo menos 3 cm de diâmetro do caule ao nível do solo foram incluídas na amostra.

As plantas foram observadas quanto as fases fenológicas, mensalmente, por um período de um ano (BENCKE; MORELLATO, 2002). No mínimo cinco indivíduos de cada espécie e no máximo quinze foram escolhidos para as observações (FOURNIER; CHARPANTIER, 1975).

A intensidade dos eventos fenológicos foi determinada em termos percentuais conforme Fournier (1974). Esse método estima a intensidade de cada fenofase por meio de categorias, cujas escalas oscilam de 0 a 4, com intervalos de 25% entre cada. Dessa forma: zero = ausência de fenofase, 1 = presença da fenofase com intensidade entre 1 % a 25 %, 2 = presença de fenofase com intensidade entre 26 % a 50 %, 3 = presença de fenofase com intensidade entre 51 % a 75 % e; 4 = presença de fenofase com intensidade atingindo entre 76 % a 100 %. A deciduidade foliar foi determinada conforme Williams et al. (1997) que considera: espécies sempre verdes (aquelas que mantem o dossel completo ao longo do ano); espécies brevidecíduas (plantas que perdem parcialmente suas folhas durante a estação seca, mas não reduz a quantidade de folhas abaixo de 50% da copa cheia); Espécies semidecíduas (quando a planta perde mais do que 50% de suas folhas durante a estação seca) e espécies decíduas, (aquelas que perdem todas as folhas durante a estação seca e permanecem sem folhas por um período mínimo de um mês).

3.4 Câmera hemisférica

A câmera digital com lente hemisférica (Mobotix Q25) foi instalada no topo da torre micrometeorológica a oito metros de altura em relação a superfície, ao sentido sudoeste, fixada em uma barra de ferro. A mesma foi programada para registrar uma imagem a cada hora (das 6: 00 h às 18:00 h) seguindo metodologia de Alberton et al. (2017), tais imagens foram armazenadas em um sistema de aquisição de dados no próprio equipamento. As imagens (Figura 4) foram obtidas entre os meses de maio de 2017 e agosto de 2017, contemplando o período em que as plantas estavam com folhas, bem como a transição para o período seco, época de alta queda foliar, e foram armazenadas em sistema de aquisição de dados, presente na câmera e coletadas semanalmente.

A análise de imagem geralmente depende da definição da “region of interest” (ROI) - região de interesse, que é uma área dentro das imagens de entrada definidas para análise (ALBERTON et al., 2014). Depois de definir um ROI, as áreas irrelevantes como aquelas que não possuem vegetação ou que apresentem a estrutura da torre, são removidas.

A identificação das plantas foi feita no campo, combinando diretamente a planta *in loco* com a imagem da câmera. As plantas foram marcadas com fitas coloridas, onde cada cor representava uma espécie. O número de ROIs para cada espécie foi limitado pelo número de indivíduos capturados pela câmera hemisférica. Para cada ROI, uma máscara (imagem binária composta por pixels em preto e branco, onde pixels brancos representam a região selecionada) com as mesmas dimensões da imagem original foi criada (ALBERTON et al., 2017). As máscaras do ROI foram processadas em um software de edição de imagem.

Cada ROI foi analisado, sendo dessa forma possível aplicar índices para detectar alterações de cor de folhas em séries temporais de imagens, explorando os canais de cores RGB (RICHARDSON et al., 2007; NAGAI et al., 2011; SONNENTAG et al., 2012; ZHAO et al., 2012; ZHOU et al., 2013). Este sistema de canais de cores é capaz de distinguir as plantas verdes das paisagens não vegetais, como por exemplo: solo e resíduo, como serve também para minimizar as variações na iluminação, aumentando a visibilidade das plantas verdes (Woebbecke, 1995). Dessa forma, é possível calcular o excesso de verde (característica que representa o total da cor verde dos espécimes produzindo novas folhas e o dossel) e o índice de vermelho (representante da queda foliar) (SONNENTAG et al., 2012). Para calcular cada canal de cor (R - Red, G - Green e B - Blue), utilizamos as seguintes equações conforme metodologia de Sonnentag et al. (2012):

$$R = \frac{R}{R+G+B} \quad G = \frac{G}{R+G+B} \quad B = \frac{B}{R+G+B}$$

E o índice do excesso de verde (ExG) foi calculado da seguinte forma:

$$ExG = 2G - (R + B)$$

3.5 Coleta e processamento de dados foliares

Durante a época chuvosa, foram realizadas as coletas de cinco folhas de cada um de cinco indivíduos por espécie (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013) para mensurar a área foliar específica, a massa foliar específica, e área foliar. Foram escolhidas folhas maduras, totalmente expandidas e sem sinal de ataques de insetos ou doenças (CORNELISSEN et al., 2003). Após coletadas, as folhas foram digitalizadas em scanner de mesa e posteriormente medidas suas áreas foliares a partir do programa computacional Image J (FERREIRA; RASBAND, 2012). Os pecíolos das folhas foram incluídos nas medidas (LOHBECK et al., 2015).

Após a determinação da área foliar, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70°C durante 72 horas, e em seguida pesadas em balança analítica com quatro casas decimais, dessa forma a massa seca foi determinada. Para calcular a área foliar específica obtida pela razão entre a área foliar e o seu peso seco. Para o teor de matéria seca foi realizado a relação do peso seco de uma folha pelo seu peso úmido (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013).

3.6 Densidade de madeira

Para determinar a densidade de madeira, foram selecionados cinco indivíduos adultos de cada espécie estudada. Em cada espécime foi coletada uma amostra com casca, albúrnio e cerne de ramos de no mínimo 3 cm de diâmetro, no entanto para a realização da medida, a casca foi excluída (CHAVE et al., 2009). As amostras foram acondicionadas em saco plástico e conduzidas ao laboratório, onde ficaram mergulhadas em um recipiente com água por cinco dias até atingirem a saturação. Passado o tempo de saturação, as amostras foram retiradas do recipiente e colocadas em descanso (5 – 10 min.) para a retirada do excesso de água e realização da pesagem. Após esse procedimento, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 103° C durante 72 horas para determinar o peso seco (TRUGILHO et al., 1990; BARBOSA; FERREIRA, 2004; LIMA et al., 2012). Para calcular a densidade básica da madeira (D , g/cm³) e a quantidade de água saturada (QAsat.%) foi utilizada metodologia proposta por Borchert (1994): $D = MS/volume$ e $QAsat = 100 (Msat - MS) / MS$.

Uma espécie de foi considerada de baixa densidade de madeira (BDM) quando a densidade apresentava valor menor que 0,5 g.cm⁻³, e de alta densidade de madeira

(ADM) quando o valor obtido era superior ao mencionado, conforme descrito por Borchert (1994).

3.7 Índice de atividade

Calculamos o grau de sincronia de cada espécie nas estações seca e chuvosa aplicando o índice de atividade ou a proporção de indivíduos apresentando determinada fenofase na estação seca ou úmida, para averiguar se a frequência de indivíduos em uma determinada fenofase responde proporcionalmente à sazonalidade climática, como proposto por Bencke e Morellato (2002b): assincrônico (< 20% dos indivíduos manifestando a fenofase); pouco sincrônico/baixa sincronia (20–60%); ou alta sincronia (> 60%). Este método constata apenas a presença ou ausência da fenofase no indivíduo, não estimando intensidade ou quantidade, o mesmo foi utilizado para relacionar a sazonalidade climática com a sazonalidade das fenofases.

3.8 Análises estatísticas

Os dados de cada fenofase (brotamento, copa, queda foliar, flor e fruto) foram analisados por meio da estatística circular (Figuras de 5 a 12) com o auxílio do programa Oriana 4.02 (KOVACH, 2013), como descrito por Morellato et al. (2010).

As análises estatísticas circulares foram realizadas utilizando os dados das fenofases e para isso meses foram convertidos em ângulos, onde 0° corresponde a 05 de setembro de 2016 e 330° que corresponde 05 de agosto de 2017 tendo intervalos de 30 dias. A frequência de ocorrência de cada fenofase foi calculada para os ângulos, além do ângulo médio (μ), dispersão angular, o intervalo de confiança para cada fenofase e vetor r (uma medida de concentração em torno do ângulo médio) que é a data média correspondente ao ângulo médio para cada fenofase. Já para determinar a sazonalidade, foi utilizado o teste de Rayleigh (z) que determina o significado do ângulo médio (ZAR, 1996), testamos as seguintes hipóteses: H_0 : Hipótese nula (não há sazonalidade) e H_A : hipótese alternativa (existe alguma sazonalidade) (ZAR, 1996; AYRES et al., 2017).

O valor do ângulo médio de cada espécie (μ) também foi incluído na análise de componentes principal (PCA), em conjunto com as outras características funcionais para verificarmos quais características melhor influenciaram na ordenação das espécies

estudadas. Os dados fenológicos e funcionais serviram de entrada para verificarmos a formação de grupos aplicando a distância euclidiana entre as características funcionais utilizando o método UPGMA.

Realizamos uma análise de componentes principais (PCA), para determinar qual dos traços funcionais analisados estavam agrupando a espécie. As análises de agrupamento e PCA foram realizadas no software Past (HAMMER et al., 2001). Para esta análise, foram utilizados os dados dos atributos coletados das características fenológicas, e os traços densidade da madeira e capacidade de armazenamento de água.

Foi realizada uma análise de correspondência canônica para determinar qual variável ambiental estava influenciando na fenofase de cada grupo funcional. O teste de permutação de Mantel nos permitiu afirmar que a influência foi significativa ($P < 0.05$).

4 RESULTADOS

Todas as espécies apresentaram comportamento decíduo, as quais permaneceram sem folhas por um período que variou de um a quatro meses (Figuras de 5 a 12 C). Baseando-se na fenologia e aspectos funcionais, a análise de Cluster (Figura 13) determinou dois grupos, um formado por seis espécies (grupo 1) e o segundo (grupo 2) composto por duas espécies.

De acordo com a análise dos componentes principais (PCA) (Figuras 14), o eixo 1 que explicou 54,55% demonstrou que a queda foliar e a área foliar específica foram os caracteres principais na ordenação das espécies nos grupos obtidos. Esse fato pode ser evidenciado em *Spondias tuberosa* que apresentou maior queda foliar e em *Jatropha mollissima* que apresentou maior AFE.

Dessa forma o segundo eixo da PCA, explicou 20,54% do grupo 1 e as variáveis que melhor o esclareceram foram: floração, brotamento, folha expandida e densidade de madeira. Ao passo que no grupo 2, o primeiro eixo explicou 54,55% onde as variáveis mais relacionadas foram a área foliar, frutificação, espessura da casca, mas principalmente queda foliar e área foliar específica.

De acordo com o teste de Rayleigh, o ângulo médio foi significativo para todas as fenofases de todas as espécies, dessa forma, o H_0 foi rejeitado, indicando que houve sazonalidade para todas as espécies estudadas (Tabela 2).

As espécies estudadas apresentaram comportamento assíncronos ou baixa sincronia na estação seca para brotamento, proporção de folhas na copa, floração e

frutificação, exceto *S. brasiliensis* e *C. quercifolius* que apresentaram padrão contínuo para brotamento (*S. brasiliensis*) e copa (ambos). Todas as espécies apresentaram um padrão contínuo para a fenofase queda foliar a estação seca (Tabela 3).

Na estação chuvosa, a maioria das espécies apresentaram alta sincronia nas fenofases de brotamento, queda foliar, floração e frutificação, com exceção *A. pyrifolium*, *S. brasiliensis* e *M. urundeuva* que apresentaram um padrão assincrônico para as fenofases floração e frutificação. A fenofase proporção de folhas na copa, apresentou um padrão contínuo (Tabela 3). Os dois grupos apresentaram os seguintes resultados:

Grupo 1: Cinco espécies pertencentes a este grupo possuem alta densidade de madeira (ADM), reduzida capacidade de armazenamento de água, e só inicia suas fenofases com o início das chuvas, com exceção de *C. leptophloeos* que é apresentada baixa densidade de madeira (BDM). As espécies com madeira de alta densidade apresentaram reduzidos percentuais de água armazenada, variando entre 56 e 83% dos seus pesos secos. A densidade de madeira das espécies desse grupo (incluindo BDM e ADM) variou de 0,44 g.cm³ a 0,83 g.cm⁻³ e apresentou correlação negativa ($r_s = -0.9652$; $p < 0,0001$) com a quantidade de água saturada na madeira.

O brotamento neste grupo compreendeu os meses de janeiro a abril (meses chuvosos). A queda foliar na maioria das espécies teve seu pico na estação seca, perdurando nos meses de setembro a dezembro de 2016, com exceção da *S. brasiliensis* que apresentou seu maior valor no mês de janeiro de 2017 (Figura 7A). Todas as espécies deste grupo apresentaram correlação negativa entre a queda foliar e a precipitação, exceto a *A. pyrifolium*. *S. brasiliensis*, *C. pyramidale* e *A. pyrifolium* apresentaram correlação positiva entre a queda foliar e o fotoperíodo (Tabela 4).

A floração ocorreu em diferentes momentos, visto que *C. pyramidale* e *C. quercifolius* floresceram durante a estação chuvosa (Figura 5D e 8D), enquanto *C. leptophloeos* e a *M. urundeuva* floresceram no final da estação seca e duas não apresentaram essa fenofase (*A. pyrifolium* e *S. brasiliensis*). Apesar de ocorrer diferentes épocas de floração, essas espécies desenvolveram seus frutos no início da estação chuvosa (Figura 5E, 8E, 9E e 10E). A *C. quercifolius* foi a única espécie que apresentou correlação positiva entre as variáveis abióticas (precipitação, umidade relativa do ar e umidade do solo) e as fenofases de floração e frutificação (Tabela 4).

Diante a análise canônica (CCA) foi possível observar que a proporção de folhas na copa e a frutificação foram influenciadas por variáveis relacionadas à água, principalmente pelo aumento da umidade relativa do ar, da precipitação e da umidade

do solo, enquanto que o brotamento e a queda foliar ocorreram em função do aumento da temperatura. A queda foliar também foi influenciada pela diminuição da precipitação (Figura 15).

Grupo 2: Ambas espécies que compõem este grupo possuem baixa densidade de madeira, alta capacidade de armazenamento de água e iniciaram as fenofases antes das chuvas.

Estas espécies apresentaram capacidade de armazenamento de água superior a 100% dos seus pesos secos, com destaque para a *Jatropha mollissima* que apresentou a quantidade de 233,61% de água em relação ao seu peso seco, enquanto que *Spondias tuberosa* foi de 112,59%.

A atividade de brotamento nestas espécies iniciou antes das primeiras chuvas, tendo seu pico nos meses de janeiro (*S. tuberosa*) e fevereiro (*J. mollissima*). A queda foliar atingiu 100% nas duas espécies no mês de agosto de 2017 (Figuras 11C e 12C) e apresentou correlação significativa com a precipitação. Essa fenofase só apresentou correlação positiva com a temperatura em *J. mollissima* (Tabela 4).

A floração começou na estação seca (Figuras 11D e 12D), em ambas espécies pertencentes a este grupo, apresentando maior pico no mês de janeiro, enquanto a frutificação mostrou maior pico nos meses de abril (*S. tuberosa*) e julho (*J. mollissima*). As duas espécies que compõem este grupo apresentaram correlação com o fotoperíodo: *S. tuberosa* apresentou correlação positiva com a floração e a *J. mollissima* correlação negativa com a frutificação (Tabela 4).

Pela análise canônica, as fenofases brotamento e floração foram influenciadas pelo aumento da temperatura, enquanto a frutificação e a queda foliar sofreram influência (respectivamente) do aumento e diminuição umidade relativa do ar. Já a proporção de folhas na copa teve influência do aumento da precipitação (Figura 16).

Câmera hemisférica: Verificamos as mudanças de cor das folhas ao longo do período estudado, através dos ROIs (regiões de interesse) da vegetação observada. Foi verificado que houve variação no excesso de verde ao longo do período de estudo, apresentando a maior porcentagem de esverdeamento no mês de maio refletindo a grande quantidade de folhas produzidas e maduras das plantas nesse período, enquanto que no mês junho teve menor valor. O resultado dos dados das imagens digitais (Figura 17) mostraram que no final do mês de julho foi o período de maior senescência (índice de vermelho).

A partir da análise do excesso verde e índice de vermelho, aliados às fenofases vegetativas observou-se que a intensidade destas fenofases (brotamento e queda foliar) variou conforme a precipitação, ou seja, a medida que a precipitação aumentou, o excesso de verde também aumentou, enquanto o índice de vermelho diminuiu, indicando que o brotamento está acompanhando essa variável ambiental (Figura 17).

A fenofase queda foliar se mostra coerente quando a imagem (Figura 17) é analisada em conjunto com os gráficos circulares (Figuras 5C, 6C, 7C, 8C, 9C, 10C, 11C e 12C). Por outro lado, a fenofase de brotamento não apresentou semelhança quando comparamos os diagramas circulares e as análises provenientes das imagens, enquanto que em relação a proporção de folhas na copa os dados da câmera se associam.

5 DISCUSSÃO

Os dois grupos encontrados nesse estudo diferem na forma em que respondem aos fatores ambientais, como mostra a análise de CCA e PCA entre as fenofases e os atributos funcionais. Tais grupos se distinguem pelas fases fenológicas (em especial a queda foliar), principalmente pelos componentes funcionais os quais estão relacionados.

Todas as espécies tiveram comportamento decíduo. Segundo Richardson et al. (2013) em florestas secas tropicais, que apresentam muitas espécies decíduas, a queda de folhas senescentes e a produção de novas folhas tendem a coincidir com o início e fim da estação seca respectivamente. Esta característica de deciduidade de plantas em locais secos não é exclusividade das espécies de caatinga (BARBOSA et al., 2003; MAIA, 2004) mas também em diversas outras florestas tropicais secas do mundo (PEDRALLI, 1997; SILVA, 2011).

A ocorrência das fenofases apresentaram relação com a sazonalidade climática, principalmente a precipitação e temperatura. Segundo Chuine e Beaubien (2001), a relação entre a variação sazonal do clima e as fases fenológicas de uma determinada espécie de planta, é um dos fatores mais relevantes de sua distribuição. Dessa forma, há uma expectativa de que, sobretudo, as espécies endêmicas apresentem respostas fenológicas ajustadas às particularidades do habitat no qual estão inseridas (BELO et al., 2013).

Algumas pesquisas com espécies vegetais de região tropical, confirmaram que os fatores climáticos estão intensamente associados à sazonalidade das fenofases, tanto vegetativas quanto reprodutivas das plantas (BENCKE; MORELLATO, 2002a; BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002; PEDRONI et al, 2002). Segundo Bustamante et al. (2012) a sazonalidade climática anual, especialmente a precipitação, tem relação direta com o ciclo de crescimento ao longo do ano da vegetação como pode ser constatado em regiões de Caatinga.

Os resultados obtidos sobre a sincronia e as estações seca e úmida, mostram que as espécies estudadas apresentam comportamentos distintos, onde a assincronia e a baixa sincronia predominam na estação seca e a alta sincronia na estação úmida.

A sincronia dos ciclos fenológicos (tanto vegetativos quanto reprodutivos) e seu acontecimento em estações definidas (seca ou úmida), indica a importância da sazonalidade do clima na definição dos padrões fenológicos (BELO et al., 2013), sendo interessante realizar investigações fenológicas com mais detalhe e de longo prazo, pois são fundamentais para confirmar essa relação e possibilita fazer previsões sobre o impacto das mudanças climáticas na fenologia das espécies (INOUYE, 2008).

Sazonalidade na fenologia também foi observada por alguns autores e em diversas regiões: como no cerrado (VIEIRA et al., 2002; BATALHA; MARTINS, 2004; LENZA; KLINK, 2006), na Caatinga (LEITE; MACHADO, 2010), florestas tropicais (PEDRONI et al. 2002; LENZA; OLIVEIRA, 2005; STAGGEMEIER; MORELLATO 2011) e em campos rupestres (BORBA; BRAGA 2003; COELHO; MACHADO 2009).

Grupo 1: A maioria das espécies pertencentes a este grupo, possuem alta densidade de madeira e todas são decíduas. Segundo Lima et al. (2012) indivíduos que apresentam essas características, possuem comportamento fenológico e morfofuncionais diretamente relacionadas à precipitação ou a disponibilidade de água no solo.

Árvores que possuem madeira de alta densidade podem ser adaptáveis a ambientes secos, uma vez que apresentam alta tolerância ao estresse por seca, baixa quantidade de água do caule, as paredes das suas células são mais espessas, e dessa forma são fisicamente mais resistentes (MARKESTEIJN et al., 2011).

Devido a disponibilidade de água, o brotamento das espécies desse grupo correu durante o período chuvoso, fato também observado por Lima et al. (2012). Whight et al. (2004) e Donovan et al. (2011) comentaram que espécies de alta densidade apresentam o comportamento fisiológico típico de locais com pouca disponibilidade de recursos.

Dessa forma o brotamento das espécies ADM revela atividade diante a água disponível no solo.

O pico de queda foliar na estação seca apresentado pela maioria das espécies desse grupo, provavelmente se deve ao fato da baixa capacidade de armazenamento de água nos caules das espécies ADM, dessa forma, ficam sem folhas para evitar a perda excessiva de água. Resultado semelhante foi apresentado por Justiniano e Fredericksen (2000) onde os meses mais secos do ano foram relacionados com o pico de queda das folhas da vegetação em floresta tropical seca na Bolívia e também por Nogueira et al. (2013) em floresta estacional no Semiárido do nordeste brasileiro. Uma possível explicação seria a variação de disponibilidade de água no solo, pois esse fato pode ocasionar a queda foliar nas espécies de madeira mais densa (BORCHERT, 1994).

Alguns trabalhos relatam que plantas ADM são mais suscetíveis ao estresse hídrico ao passo que o solo vai secando, perdem suas folhas (BORCHERT, 1994; HOLBROOK et al., 1995; SINGH; KUSHWAHA, 2006). Segundo Bullock e Solís-Magallanes (1990) e Borchert (1994) plantas com esta característica são muito dependentes da chuva, deste modo, o brotamento e a floração acontecem apenas quando começa o período chuvoso.

Grupo 2: O brotamento ocorrido no final da estação seca sugere que as espécies pertencentes a este grupo, por possuírem alta capacidade de armazenamento de água, tenham apresentado a ocorrência dos eventos fenológicos vegetativos, mesmo na falta de chuvas (NEVES et al., 2010), confirmando a proposição de que é possível o brotamento e até a floração em plantas que contém água armazenada nos seus tecidos, durante a estação seca (BORCHERT, 1994; CHAPOTIN et al, 2006). Lima et al. (2010) encontrou resultado semelhante em seus estudos, onde foi verificado que os indivíduos que apresentaram madeira de baixa densidade brotaram, floresceram e frutificaram na estação seca.

A capacidade de armazenar água no caule e a densidade de madeira são propriedades inversamente proporcionais, o que permite plantas BDM acumular um volume maior de água no caule, podendo produzir de novas folhas, flores e frutos, utilizando dessa reserva, mesmo na estação seca (BORCHERT et al., 2002).

A queda de folhas começou durante a estação chuvosa e atingiu 100% nas duas espécies no mês de agosto de 2017. Segundo Borchert (1994), queda foliar em espécies BDM acontece ainda na estação chuvosa ou assim que se inicia a estação seca. Isso pode acontecer devido a essas espécies possuírem maior capacidade de armazenar água

no caule, conservando-se hidratadas ao longo da estação seca, sendo possível dessa forma brotar e/ou florescer ao final da referida estação (BORCHERT; RIVERA 2001; BARBOSA et al., 2003).

Espécies com propriedades fenológicas similares, podem possuir atributos funcionais semelhantes, logo, respondem os mesmos fatores ambientais (OLIVEIRA et al., 2014). Esse fato nos faz entender o comportamento de floração sincrônico entre as espécies desse grupo.

Câmera hemisférica: A variação no excesso de verde ao longo do período de estudo, reflete a variabilidade do brotamento e proporção de folhas na copa ao longo do ano. Segundo Ahrends et al. (2008), os valores dos pixels e, conseqüentemente, os valores do excesso de verde são influenciados por diferentes fatores bióticos e abióticos e isso determina os níveis de cores extraídas.

O fato dos resultados do excesso de verde não apresentar semelhança com os dados circulares de brotamento, pode ser devido aos meses de coleta das imagens ou até mesmo a posição da câmera que desfavoreça a captação precisa das mesmas ou as condições meteorológicas. Segundo Alberton et al. (2014) estes casos podem ser explicados através das modificações de posição das folhas devido ao vento, e também por atributos específicos individuais, como ângulo de inclinação da folha, tipo de proteção das folhas e folhas descoloridas.

Por outro lado, em floresta decídua, o índice de área foliar aumenta durante o período de expansão da folha, e diminui durante o período de queda das folhas (NAGAI et al., 2011; NASAHARA et al., 2008). A cor da folha na superfície do dossel muda de verde amarelado para verde escuro durante o período de expansão da folha e do amarelo ou vermelho para o marrom durante a período de queda de folha (NAGAI et al., 2011). Esse fato também pode explicar a não correspondência do excesso de verde com o brotamento.

As observações *in loco* (proporção de folhas na copa e queda foliar) foram validadas com as imagens digitais, corroborando com o trabalho de Alberton et al. (2014), no entanto, mesmo com essa validação, estudos compreendendo vários anos se fazem necessários.

A relação das fenofases com a precipitação, mostrou a possibilidade, de monitoramento utilizando câmeras, uma vez que a fenologia é um modo eficaz para acompanhar as mudanças ambientais, pois consiste em um indicador simples e confiável dos efeitos das mudanças climáticas sobre plantas (TORRE et al., 2013;

FARIA et al., 2016). Através da associação da fenologia com as imagens digitais se podem analisar a resposta das plantas às variáveis abióticas sem a presença de um observador, pois o uso de câmeras é um meio relativamente barato para acompanhar os processos fenológicos e quantificá-los (RICHARDSON et al., 2007).

6 CONCLUSÃO

Foram encontrados dois grupos funcionais que tiveram como característica em comum a deciduidade. O grupo 1 apresentou maior diferença entre as espécies, por ser composto de indivíduos com alta e baixa densidades de madeira, entretanto o que reúne os indivíduos desse grupo são as características fenológicas e funcionais.

Houve sazonalidade dos eventos fenológicos para todas as espécies estudadas, bem como assincronia e sincronia para a maiorias das fenofases na estação seca e úmida respectivamente.

Os grupos funcionais encontrados nesse trabalho pode servir de apoio para estudos fenológicos com utilização de câmera hemisférica no monitoramento da vegetação. O excesso de verde tem relação tanto com a proporção de folhas na copa quanto com o brotamento, ao passo que o índice de vermelho obtido de fato representa a queda foliar no ambiente estudado. Dessa forma, a câmera hemisférica é um equipamento promissor para identificar o comportamento fenológico das plantas em campo, sem a presença contínua do pesquisador.

O padrão fenológico das espécies da caatinga observados *in loco* foram validados pelas imagens da câmera digital confirmando a nossa hipótese.

REFERÊNCIAS

- AHRENDTS, H.; BRUEGGER, R.; STOECKLI, R.; SCHENK, J.; MICHNA, P.; JEANNERET, F.; WANNER, H.; EUGSTER, W. Quantitative phenological observations of a mixed beech forest in northern Switzerland with digital photography. **Journal of Geophysical Research: Biogeosciences**, v. 113, n. 4, p. 1–11, 2008.
- ALBERTON, B.; ALMEIDA, J.; HENNEKEN, R.; SANTOS, J. A.; TORRES, R. S.; MENZEL, A.; MORELLATO, L. P. C. Using phenological cameras to track the green up in a cerrado savanna and its on-the-ground validation. **Ecological Informatics**, v. 19, p. 62–70, 2014.
- ALBERTON, B.; TORRES, R. S.; CANCIANA, L. F.; BORGES, B. D.; ALMEIDA, J.; MARIANO, G. C.; SANTOS, J.; MORELLATO, L. P. C. Introducing digital cameras to monitor plant phenology in the tropics: applications for conservation. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 15, p. 1-9, 2017.
- ALMEIDA, J.; SANTOS, J. A.; MIRANDA, W. O.; ALBERTON, B. C.; MORELLATO, L. P. C.; TORRES, R. S. Deriving vegetation indices for phenology analysis using genetic programming. **Ecological Informatics**, v. 26, n. 3, p. 61–69, 2015.
- ALMEIDA, J.; SANTOS, J. A.; ALBERTON, B.; TORRES, R. S.; MORELLATO, L. P. C. Applying machine learning based on multiscale classifiers to detect remote phenology patterns in cerrado savanna trees. **Ecological Informatics**, v.23 p. 49–61, 2013.
- ALONGI, D. M. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 76, p. 1-3, 2008.
- ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; CARVALHO, A. L.; PINTO, A.S.; SANTIAGO, G. A. C. F.; OMETTO, J. P. H. B.; VON RANDOW, C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Climate change impacts on the sustainability of the firewood harvest and vegetation and soil carbon stocks in a tropical dry forest in Santa Teresinha Municipality, Northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 360, p. 367–375, 2016.
- AMORIM, I. L. DE; SAMPAIO, E. V. D. S. B.; ARAÚJO, E. D. L. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga do Seridó, RN. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 491–499, 2009.

- ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers. Ecology and the Environment*. v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013.
- ANDREIS, C. LONGHI, S. J.; BRUN, E. J.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; MACHADO, A. A.; VACCARO, S.; CASSAL, C. Z. Estudo fenológico em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS, Brasil. *Revista Árvore*, v. 29, n. 1, p. 55–63, 2005.
- ARAÚJO, L.; QUIRINO, Z.; MACHADO, I. Fenologia reprodutiva, biologia floral e polinização de *Allamanda blanchetii*, uma Apocynaceae endêmica da Caatinga. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 34, n. 2, p. 211–222, 2011.
- AYRES, M.; AYRES-JÚNIOR, D. M.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas de ciências bio-médicas**. Belém: IDSM, 364 p. 2007.
- BARBOSA, D. C. A.; ALVES, J. L. H.; PRAZERES, S.M.; PAIVA, A. M. A. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de Caatinga (Alagoinha – PE). *Acta Botanica Brasílica*, v.3, p. 109-117, 1989.
- BARBOSA, D. C. A.; BARBOSA, M. C. A; LIMA, L.C.M. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga. Pp. 657-693. In: I.R. Leal; M. Tabarelli.; J.M.C. Silva (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: UFPE. 2003
- BARBOSA, J. G.; CONSALTER, R.; PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 39, n. 1, p. 15-24, 2016.
- BARBOSA, R. I.; FERREIRA, C. A. C. Densidade básica da madeira de um ecossistema de “campina” em Roraima, Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, v. 34, n. 4 p. 587-591, 2004.
- BATALHA, M. A.; MARTINS, F. R. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park. *Australian Journal of Botany*, v. 52, p. 149-161, 2004.
- BELO, R. M.; NEGREIROS, D. G.; FERNANDES, W.; SILVEIRA, F. A. O.; RANIERI, B. D.; MORELLATO, P. C. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. *Rodriguésia*, v. 64, n. 4, p. 817-828, 2013.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 25, n.3, p. 269-275, 2002a.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n.3, p. 237-248, 2002b.

BERNINI, E. **Monitoramento do ecossistema manguezal: fenologia reprodutiva**. In: TURRA, A., and DENADAI, MR., orgs. Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos [online]. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015, pp. 81-86. ISBN 978-85-98729-25-1.

BOHLMAN, S. A.; ADAMS, J. B.; SMITH, M. O.; PETERSON, D.L. Seasonal foliage changes in the eastern Amazon basin detected from Landsat Thematic Mapper satellite images. **Biotropica**. v. 30, n.3. p. 373-391, 1998.

BORBA, E. L.; BRAGA, P. I. S. Biologia reprodutiva de *Pseudolaelia corcovadensis* (Orchidaceae): melitofilia e autocompatibilidade em uma Laeliinae basal. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 541-549, 2003.

BORCHERT, R. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. **Ecology**, v. 75, n. 5, p. 1437-1449, 1994.

BORCHERT, R.; RIVERA, G. Photoperiodic control of seasonal development and dormancy in tropical stem succulent trees. **Tree Physiology**, v. 21, p. 213-221, 2001.

BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, v. 34, p. 27-39, 2002.

BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA, B. B. Agricultura de precisão para gerenciamento do algodão. In: AZEVÊDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2, 1309 p. cap. 20, 2009.

BROICH, M.; HUETE, A; TULBURE, M. G; MA, X.; XIN, Q.; PAGET, M.; RESTREPO-COUBE, N.; DAVIES, K.; DEVADAS, R.; HELD, A. Land surface phenological response to decadal climate variability across Australia using satellite remote sensing. **Biogeoscience**, v.11 p. 7685–7719, 2014.

BUCKERIDGE, M. S.; MORTARI, L. C.; MACHADO, M. R. Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema. **Fenologia-Ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais arbóreos**, v. 12, p. 213–230, 2007.

- BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de Leguminosas Arbóreas em uma Área de Cerrado Marginal do Nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 361-369, 2002.
- BULLOCK, S. H.; SOLÍS-MAGALLANES, J.A. Phenology of canopy trees of a tropical deciduous forest in México. **Biotropica**, v. 22, p. 22-35, 1990.
- BUSTAMANTE, J. A. B.; ALVALÁ, R. C. S.; VON RANDOW, C. Seasonal Variability of Vegetation and Its Relationship to Rainfall and Fire in the Brazilian Tropical Savanna. In: Boris Escalante-Ramirez. (Org.). **Remote Sensing - Applications**. Intech, v. 1, p. 77-98, 2012.
- CAICEDO, A. L.; STINCHCOMBE, J. R.; OLSEN, K. M.; SCHMIT, J.; PURUGGANAN, M. D. Epistatic interaction between Arabidopsis FRI and FLC flowering time genes generates a latitudinal cline in a life history trait. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 44, p. 15670–15675, 2004.
- CHAMBERS, L. E.; ALTWEGG, R.; BARBRAUD, C.; BARNARD, P.; BEAUMONT, L. J.; CRAWFORD, R. J. M.; DURANT, J. M.; HUGHES, L.; KEATLEY, M. R.; LOW, M.; MORELLATO, L. P. C.; POLOCZANSKA, E. S.; RUOPPOLO, V.; VANSTREELS, R. E. T.; WOehler, E. J.; WOLFAARDT, A. C. Phenological Changes in the Southern Hemisphere. **Plos One**, n. 8, p. 1 - 12, 2013.
- CHAPOTIN, S. M.; RAZANAMEHARIZAKA, J. H.; HOLBROOK, N.M. Baobab trees (*Adansonia*) in Madagascar use stored water to flush new leaves but not to support stomatal opening before the rain season. **New Phytologist**, v. 169, p. 549-559, 2006.
- CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N.G.; ZANNE, A.E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, v. 12, p. 351-366, 2009.
- CHUINE, I.; BEAUBIEN, E. G. Phenology is a major determinant of tree species range. **Ecology Letters**, v. 4, p. 500–510, 2001.
- COELHO, A. G.; MACHADO, C. G. Fenologia reprodutiva de *Prepusa montana* Mart. (Gentianaceae) em uma área de campo rupestre da Chapada Diamantina, BA, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 405-410, 2009.
- CONTI, J. C.; FARIA, F. A.; ALMEIDA, J.; ALBERTON, B.; MORELLATO, L. P. C.; CAMOLESI, L.; TORRES, R. S. **Evaluation of Time Series Distance Functions in the Task of Detecting Remote Phenology Patterns**, 22nd International Conference on Pattern Recognition, 2014.

- CORDEIRO, S. A.; SOUZA, C. C.; MENDOZA, Z. M. S. H. Florestas Brasileiras e as Mudanças Climáticas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, n.11, p.1-20, 2008.
- CORLETT, R. T.; LAFRANKIE, J. V. Potential impacts of climate change on tropical Asian forests through an influence on phenology. **Climatic Change**, v. 39, n. 2-3, p. 439–453, 1998.
- CORNELISSEN, J. H. C.; LAVOREL, S.; GARNIER, E.; DÍAZ, S.; BUCHMANN, N.; GURVICH, D. E.; REICH, P. B.; TERSTEEGE, H.; MORGAN, H. D.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; PAUSAS, J. G.; POORTER, H. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, n. 51, p. 335–380, 2003.
- CRIMMINS, M. A.; CRIMMINS, T. M. Monitoring plant phenology using digital repeat photography. **Environmental Management**, v. 41, n. 6, p. 949–958, 2008.
- DAVIES, T. J.; WOLKOVICH, E. M.; KRAFT, N. J.; SALAMIN, N.; ALLEN, J. M.; AULT, T. R., BETANCOURT, J. L. Phylogenetic conservatism in plant phenology. **Journal of Ecology**, v. 101, p. 1520-1530, 2013.
- DETHIER, B.; ASHLEY, M. D.; BLAIR, B.; HOPP, R. J. Phenology satellite experiment. In: Freden SC, EP Mercanti, MA Becker (eds) **Symposium on significant results obtained from the Earth Resources Technology Satellite – 1**. Technical presentations, section A. NASA: Washington, v. 1. 327 p, 1973.
- DIAZ, S.; PURVIS, A.; CORNELISSEN, J. H. C.; MACE, G. M.; DONOGHUE, M. J.; EWERS, R. M.; JORDANO, P.; PEARSE, W. D. Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. **Ecology and Evolution**, v. 3, p. 2958–2975, 2013.
- DONOVAN, L. A.; MAHERALI, H.; CARUSO, C. M.; HUBER, H.; KROON, H. The evolution of the worldwide leaf economics spectrum. Trends. **Ecology and Evolution**, v. 26, p. 88-95, 2011.
- DUTRA, R. C. Fenologia de dez espécies arbóreas nativas do cerrado de Brasília-DF. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 62, p. 23-41, 1987.
- ELLISON, J. C. **Climate Change Vulnerability Assessment and Adaptation Planning for Mangrove Systems**. Washington, DC: World Wildlife Fund (WWF), 2012.

FARIA, F. A.; ALMEIDA, J.; ALBERTON, B.; MORELLATO, L. P. C.; ROCHA, A.; TORRES, R. S. Time series-based classifier fusion for fine-grained plant species recognition, **Pattern Recognition Letters**, v. 81, p. 101-109, 2016.

FERREIRA, T.; RASBAND W. ImageJ user guide: IJ 1.46r. 2012. Disponível em: <<http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide>>. Acesso em: 18 out. 2017.

FOURNIER, L. A. Un Método Cuantitativo para la Medición de Características Fenológicas en Árboles. **Revista Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 1283-1296, 2008.

GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**, 2ª Ed. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 29–48, 2010.

GE, Q. S.; DAI, J. H.; ZHENG, J. Y.; BAI, J.; ZHONG, S. Y.; WANG, H. J.; WANG, W. C. Advances in first bloom dates and increased occurrences of yearly second blooms in Eastern China since the 1960s: further phenological evidence of climate warming. **Ecological Research**, v. 26, n. 4, p. 713–723, 2011.

GORDO, O.; SANZ, J. J. Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. **Global Change Biology**, v. 16, p. 1082–1106, 2010.

GRAHAM, E. A.; RIORDAN, E. C.; YUEN, E. M.; ESTRIN, D.; RUNDEL, P. W. Public internet connected cameras used as a cross-continental ground-based plant phenology monitoring system. **Global Change Biology**, v.16, p. 3014–3023, 2010.

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, n. 02, p. 303–321, 2001.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.

HAMUNYELA, E.; VERBESSELT, J.; ROERINK, G.; HEROLD, M. Trends in spring phenology of Western European deciduous forests. **Remote Sensing**, v.5, p. 6159–6179, 2013.

HAUFF, N. S. Bioma Caatinga. In: **Análise de representatividade das unidades de conservação de uso direto e indireto na caatinga: Análise preliminar**. PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Brasília: 2010.

HOLBROOK, N. M.; WHITBECK, J. L.; MOONEY, H. A. **Drought responses of neotropical dry forest trees**. In: Bullock, S.H., Mooney, H.A., Medina, E. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge University Press, Cambridge, England, pp. 243-276, 1995.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso 19 mar. 2017.

INOUE T.; NAGAI S.; SAITOH T.M.; MURAOKA H.; NASAHARA K.N.; KOIZUMI H. Detection of the different characteristics of year-to-year variation in foliage phenology among deciduous broad-leaved tree species by using daily continuous canopy surface images. **Ecological Informatics**, v. 22 p. 58-68, 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC): **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, p. 151, 2014.

JUSTINIANO, J. M.; FREDERICKSEN, T. S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v. 32, 276-281, 2000.

KEENAN T. F.; DARBY B.; FELTS E.; SONNENTAG O.; FRIEDL M. A.; HUFKENS K.; O'KEEFE J.; KLOSTERMAN S.; MUNGER J. W.; TOOMEY M.; RICHARDSON A. D. Tracking forest phenology and seasonal physiology using digital repeat photography: a critical assessment. **Ecological Applications**, v. 24, p. 1478-1489, 2014.

KLOSTERMAN, S. T.; HUFKENS, K.; GRAY, J. M.; MELAAS, E.; SONNENTAG, O.; LAVINE, I.; MITCHELL, L.; NORMAN, R.; FRIEDL, M. A.; RICHARDSON, A. D. Evaluating remote sensing of deciduous forest phenology at multiple spatial scales using PhenoCam imagery. **Biogeosciences**, v.11, p. 4305–4320, 2014.

KOH L. P.; WICH, S. A. Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. **Conservation Letter**. v. 5, p. 121-132, 2012.

KOVACH, W. L. Oriana - Circular Statistics for Windows, Version 4.02. **Pentraeth: Kovach Computing Services**, 2013.

- LENZA, E.; KLINK, C. A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 627-638, 2006.
- LENZA, E.; OLIVEIRA, P. E. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 28, p. 179-190, 2005.
- LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: Lieth H (ed) **Phenology and seasonality modeling, Ecological Studies 8**. Berlin: Springer-Verlag, pp 3-19, 1974.
- LIMA, A. L. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CASTRO, C. C.; RODAL, M. J. N.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. L. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil? **Trees**, v. 26, n. 5, p. 1605–16, 2012.
- LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 74, n. 11, p. 1363–1373, 2010.
- LUCAS, A. A.; SCHULER, C. A. B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande**, v.11, n.6, p.607-614, 2007.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 413p. 2004.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W .R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia**. Projeto colaborativo realizado pelo Brasil e o Met Office Hadley Centre (MOHC), do Reino Unido. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, São Paulo, BRA e Met Office Hadley Centre, U.K. 55p. 2011.
- MARIANO, G. C.; MORELLATO, L. P. C.; ALMEIDA, J.; ALBERTON, B.; CAMARGO, M. G. G.; TORRES, R. S. Modeling plant phenology database: Blending near-surface remote phenology with on-the-ground observations. **Ecological Engineering**, v. 91, p. 396–408, 2016.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas Florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 713–723, 2004.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F.; PAZ, H.; SACK, L. Hydraulics and life-history of tropical dry forest tree species: coordination of species drought- and shade-tolerance. **New Phytologist**, v. 191, p. 480–495, 2011.

MÉNDEZ-ALONZO, R.; PAZ, H.; ZULUAGA, R. C.; ROSELL, J. A.; OLSON, M. E. Coordinated evolution of leaf and stem economics in tropical dry forest trees. **Ecology**, v. 93, p. 2397-2406, 2012.

MENZEL, A.; SPARKS, T. H.; ESTRELLA, N.; KOCH, E.; AASA, A.; AHAS, R.; ALM-KÜBLER, K.; BISSOLLI, P.; BRASLAVSKÁ, O.; BRIEDE, A.; CHMIELEWSKI, F. M.; CREPINSEK, Z.; CURNEL, Y.; DAHL, A.; DEFILA, C.; DONNELLY, A.; FILELLA, Y.; JATCZAK, K.; MÅGE, F.; MESTRE, A. European phenological response to climate change matches the warming pattern. **Global Change Biology**, n. 12, p. 1969–1976, 2006.

MIGLIAVACCA, M.; GALVAGNO, M.; CREMONESE, E.; ROSSINI, M.; MERONI, M.; SONNENTAG, O.; COGLIATI, S.; MANCA, G.; DIOTRI, F.; Busetto, L.; CESCATTI, A.; COLOMBO, R.; FAVA, F.; DI CELIA, U. M.; PARI, E.; SINISCALCO, C.; RICHARDSON, A. D. Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO² uptake. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 151, p. 1325-1337, 2011.

MILES, L.; NEWTON, A. C.; DEFRIES, R. S.; RAVILIOUS, C.; MAY, I.; BLYTH, S.; VALERIE KAPOS, V.; GORDON, J. E. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 491-505, 2006.

MIRIJOVSKY, J.; BRUS, J.; PECHANEC, V. Utilization of a small-format aerial photography from drone pixy concept. In The evaluation of the landscape changes, **Conference Proceedings SGEM - 11th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference**, v. 2, p. 345-352, 2011.

MORELLATO, L. P. C. A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. P. C. (Eds), **Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 37-47, 2007.

- MORELLATO, L. P. C.; ALBERTI, L. F.; HUDSON, I. L. Applications of Circular Statistics in Plant Phenology: a Case Studies Approach. In: HUDSON, I.L.; KEATLEY, M. (Eds.). **Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis**. Dordrecht: Springer, p. 357-371, 2010.
- MORELLATO, L. P. C.; ALBERTON, B.; ALVARADO, S. T.; BORGES, B.; BUISSON, E.; CAMARGO, M. G. G.; CANCIAN, L.; CARSTENSEN, D. W.; ESCOBAR, D. F. E.; LEITE, P. T. P.; MENDOZA, I.; ROCHA, N.M.W.B.; SOARES, N. C.; SILVA, T. S. F.; STAGGEMEIER, V. G.; STREHER, A. S.; VARGAS, B. C.; PERES, C. A. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, v. 195, p. 60–72, 2016.
- MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo de espécies arbóreas de Floresta de Altitude e Floresta Mesófila Semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, n. 1, p. 85-98, 1989.
- MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V. B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.
- MORI, A. S.; SILVA, L. A. M.; LISBOA, G.; CORADIN, L. **Manual de Manejo do Herbário Fanerogâmico**. Ilhéus - BA: Centro de Pesquisa do Cacau, 1989.
- MORISSETTE J. T.; RICHARDSON A. D.; KNAPP A. K.; FISHER J. I.; GRAHAN E. A.; ABATZOGLOU J.; WILSON B.E.; BRESHEARS D.D.; HENEGBRY G.M.; HANES J.M.; LIANG L. Tracking the rhythm of the seasons in the face of global change: phenological research in the 21st century Frontiers. **Ecology and the Environmental**, v. 7, p. 253-260, 2009.
- MURPHY, P. G.; LUGO, A E. Ecology of Tropical Dry Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 67–88, 1986.
- NAGAI, S.; MAEDA, T.; GAMO, M.; MURAOKA, H.; SUZUKI, R.; NASAHARA, K. N. Using digital camera images to detect canopy condition of deciduous broad-leaved trees. **Plant Ecol. Divers.** v. 4, p. 79–89, 2011.
- NASAHARA, K. N.; MURAOKA, H.; NAGAI, S.; MIKAMI, H. Vertical integration of leaf area index in a Japanese deciduous broad leaved forest. **Agric For Meteorol**, v. 148, p. 1136–1146, 2008.

NEVES, E. L. DAS; FUNCH, L. S.; VIANA, B. F. Comportamento fenológico de três espécies de *Jatropha* (Euphorbiaceae) da Caatinga, semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 33, n. 1, p. 155–166, 2010.

NIJLANDA, W.; JONG, ROGIER.; JONG, S. M.; WULDER, M. A.; BATERA, C. W.; COOPSA, N. C. Monitoring plant condition and phenology using infrared sensitive consumer grade digital cameras. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 185, n. 84, p. 98–106, 2014.

NOGUEIRA, F. C. B.; PACHECO FILHO, A. J. S.; GALLÃO, M. I.; BEZERRA, A. M. E.; FILHO, S. M. Fenologia de *Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae) em um fragment de floresta estacional, no Semiárido do nordeste, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.4, p.657-667, 2013

OLIVEIRA, C. C.; ZANDAVALLI, R. B.; LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Functional groups of woody species in semi-arid regions at low latitudes. **Austral Ecology**, v. 40, n. 1, p. 40-49, 2014.

OLIVEIRA, G. S.; NOBRE, C. A. Mudanças climáticas In: **Mudanças climáticas e mudanças socioambientais globais: reflexões sobre alternativas de futuro**. Coord. Oliveira, E. T. Org. Rutkowski, E. W. Brasília: UNESCO, IBECC, 184 p. 2008.

ONODA, Y.; RICHARDS, A. E.; WESTOBY, M. The relationship between stem biomechanics and wood density is modified by rainfall in 32 Australian woody plant species. **New Phytologist**, v. 185, n. 2, p. 493-501, 2010.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. A new climate-vegetation equilibrium state for tropical South America. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 23, p. 2199, 2003.

PARENTE, H. N.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; SANTOS, E. M.; ARAUJO, K. D.; PARENTE, M. O. M. Influência do pastejo e da precipitação sobre a fenologia de quatro espécies em área de caatinga. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 411–421, 2012.

PARMESAN, C. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. **Global Change Biology**, v. 13, p. 1860–1872, 2007.

PAU, S.; WOLKOVICH, E. M.; COOK, B. I.; DAVIES, T. J.; KRAFT, N. J. B.; BOLMGREN, K.; BETANCOURT, J. L.; CLELAND, E. E. Predicting phenology by integrating ecology, evolution and climate science. **Global Change Biology**, v.17, p. 3633–3643, 2011.

- PAULA, S. A.; FILHO, J. P. L. Dinâmica do dossel em mata semidecídua no perímetro urbano de Belo Horizonte, MG, *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 24, n. 4 (suplemento), p. 545-551, 2001.
- PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. -- Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista brasileira de botânica**, v. 25, n. 2, p. 183-194, 2002.
- PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 139-162, 2007.
- PÉREZ-HARGUINDEGUY, N.; DÍAZ, S.; GARNIER, E.; LAVOREL, B. S.; POORTER, H.; JAUREGUIBERRY, P.; BRET-HARTE, M.S.; CORNWELL, E. W. K.; CRAINE, M. J.; GURVICH, D. E.; URCELAY, C.; VENEKLAAS, E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G.; VOS, A. C.; BUCHMANN, N.; FUNES, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, C. J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; STEEGE, H.; VAN DER HEIJDEN, M. G.; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAVER, A. C.; AQUINO, S.; CORNELISSEN, J. H. C.. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, v. 61, p. 167–234, 2013.
- PETACH, A. R.; TOOMEY, M. B.; AUBRECHT, D. M.; RICHARDSON, A. D. Monitoring vegetation phenology using an infrared-enabled security camera. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 195, p.143–151, 2014.
- PINEDA-GARCIA, F.; PAZ, H.; MEINZER, F.C. Drought resistance in early and late secondary successional species from a tropical dry forest: the interplay between xylem resistance to embolism, sapwood water storage and leaf shedding. **Plant, Cell and Environment**, v. 36, p. 405-418, 2013.
- POLGAR, C. A.; PRIMACK, R. B. Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems. **New Phytologist**, v. 191, p. 926–941, 2011.
- POORTER L. Leaf traits show different relationships with species shade tolerance in moist versus dry tropical forests. **New Phytologist**, v. 181, p. 890-900, 2009.
- PORTILLO-QUINTERO, C. A.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. **Biological Conservation**, v. 143, n. 1, p. 144–155, 2010.

QUESADA, M.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; ALVAREZ-AÑORVE, M. et al. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 6, p. 1014–1024, 2009.

RATHCKE, B.; LACEY, E. P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 179-214, 1985.

REICH, P. B.; BORCHERT, R. Water stress and tree phenology in a Tropical Dry Forest in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v. 72, n. 1, p. 61–74, 1984.

RIBEIRO, K.; SOUSA-NETO, E. R.; CARVALHO JUNIOR, J. A.; LIMA, J. R. S.; MENEZES, R. S. C.; DUARTE-NETO, P. J.; GUERRA, G. S.; OMETTO, J. P. H. B. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. **Sci. Total Environ.** v. 571, p. 1048-1057, 2016.

RICHARDSON, A. D.; JENKINS, J. P.; BRASWELL, B. H.; HOLLINGER, D. Y.; OLLINGER, S. V.; SMITH, M. L. Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest. **Oecologia**, v. 152, n. 2, p. 323–334, 2007.

RICHARDSON, A. D.; BRASWELL, B. H.; HOLLINGER, D. Y.; JENKINS, J. P.; OLLINGER, S. V. Near-surface remote sensing of spatial and temporal variation in canopy phenology. **Ecological Applications**, v. 19, n. 6, p. 1417–1428, 2009.

RICHARDSON, A. D.; KEENAN, T. F.; MIGLIAVACCA, M.; RYU, Y.; SONNENTAG, O.; TOOMEY, M. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, p. 156–173, 2013.

ROSENZWEIG, C.; KAROLY, D.; VICARELLI, M.; NEOFOTIS, P.; WU, Q.; CASASSA, G.; MENZEL, A.; ROOT, T. L.; ESTRELLA, N.; SEGUIN, B.; TRYJANOWSKI, P.; LIU, C.; RAWLINS, S.; IMESON, A. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. **Nature**, v. 453, n. 7193, p. 353–7, 2008.

ROCHA, N. M. B.; CARSTENSEN, D. W.; FERNANDEZ, G. W.; MORELLATO, L. P. C. Phenology patterns across a rupestrian grassland altitudinal gradient. In: **Ecology and conservation of mountain-top grasslands in Brazil** (GW Fernandes Ed.), Springer, New York, p. 275 – 286, 2016.

RODRIGUES, A.; MARCAL, A. R. S.; CUNHA, M. PhenoSat : A tool for vegetation temporal analysis from satellite image data. In: **Analysis of Multi-temporal Remote Sensing Images (Multi-Temp)**. v.1, p. 45-48, 2011.

SALIS, S. M.; SHEPHERD, G. J.; JOLY, C. A. Floristic comparison between mesophytic forests of the interior of the state of São Paulo, S.E. Brazil. **Vegetatio**, v. 119, p. 155-164, 1995.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga. In: GARIGLIO, M. A., SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Eds.). *Uso sustentável e Conservação dos recursos florestais da caatinga*. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, p. 27- 48, 2010.

SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; QUESADA, M.; RODRÍGUEZ J. P.; et al. Research priorities for neotropical dry forests. **Biotropica**. v. 37, n. 4, p. 477–485, 2005.

SANTAMARIA, L., FIGUEROLA, J., PILON, J. J., MJELDE, M., GREEN, A. J., DE BOER, T., KING, R. A.; GORNALL, R. J. Plant performance across latitude: the role of plasticity and local adaptation in an aquatic plant. **Ecology**. v. 84, n. 9 p. 2454–2461, 2003.

SANTIAGO, G. A. C. F.; GIAROLLA, A.; VON RANDOW, C.; MENEZES, R. S. C.; OMETTO, J. P. H. B.; NÓBREGA, R. S. Avaliação de destreza e das projeções do cenário de mudanças climáticas A1B-ETA-HADCM3 para o estado de Pernambuco. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 33, n. 2, 2016.

SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, M. T.; FIGUEIREDO, K. V.; FALCAO, H. M.; ARRUDA, E. C.; ALMEIDA- CORTEZ, J.; SAMPAIO, E. V.; OMETTO, J. P.; MENEZES, R. S.; OLIVEIRA, A. F. Caatinga, the Brazilian dry tropical forest: can it tolerate climate changes? **Theor. Exp.Plant Physiol.** v. 26, p. 83-99, 2014.

SCHLEIP, C.; MENZEL, A.; DOSE, V. Norway spruce (*Picea abies*): Bayesian analysis of the relationship between temperature and bud burst. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 148, n. 4, p. 631–643, 2008.

SCHWARTZ, M. D. *Phenology: an integrative environmental science*. 2nd edition. Springer, Dordrecht, Netherlands, 2013.

SCHWARTZ, M. D.; REED, B. C.; WHITE, M. A. Assessing satellite-derived start-of-season measures in the conterminous USA. **International Journal of Climatology**, v. 22, n. 14, p. 1793–1805, 2002.

SINGH, K. P.; KUSHWAHA, C. P. Diversity of flowering and fruiting phenology of trees in a tropical deciduous forest in India. **Annals of Botany**, v. 97, p. 265-276, 2016

SIMONETTI, E.; SIMONETTI, D.; PREATONI, D. **Phenology - based land cover classification using landsat 8 times series**. Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Luxembourg, 58p, 2014.

SONNENTAG, O.; HUFKENS, K.; TESHARA-STERNE, C.; YOUNG, A. M.; FRIEDL, M.; BRASWELL, B. H.; MILLIMAN, T.; O'KEEFE, J.; RICHARDSON, A. D. Digital Repeat Photography for Phenological Research in Forest Ecosystems. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 152, p. 159–177, 2012.

SOUZA, B. I.; MENEZES, R.; CÁMARA ARTIGAS, R. Efeitos da desertificação na composição de espécies do bioma Caatinga, Paraíba/Brasil | Desertification Effects on the Species Composition of the Caatinga Biome, Paraíba/Brazil. **Investigaciones Geográficas**, v. 2015, n. 88, p. 45–59, 2015.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Radiation balance in Caatinga ecosystem preserved for a year drought in semiarid Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 041-055, 2015.

SPARKS, T. H.; CAREY, P. D. The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record. **Journal of Ecology**, v. 83, n. 2, p. 321–329, 1995.

STAGGEMEIER, V. G.; MORELLATO, L. P. C. Reproductive phenology of coastal plain Atlantic forest vegetation: Comparisons from seashore to foothills. **International Journal of Biometeorology**, v. 55, n. 6, p. 843–854, 2011.

STUDER, S.; STÖCKLI, R.; APPENZELLER, C.; VIDALE P. L. A comparative study of satellite and ground-based phenology. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, p. 405–414, 2007.

SVOBODOVA, J., MIRIJOVSKY, J., KILIANOVA, H. The peculiarities of the digital surface model creation from the data acquired by small format photography, **Conference Proceedings SGEM - 12th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference**, v. 3, p. 409-416, 2012.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 13–26, 2000.

TEIXEIRA, A. H. C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; AHMAD, M. D.; MOURA, M. S. B.; BOS, M. G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, p. 110-127, 2008.

TOOMEY, M.; FRIEDL, MARK. A.; FROLKING, S.; HUFKENS, K.; KLOSTERMAN, S.; SONNENTAG, O.; BALDOCCHI, D. D.; BERNACCHI, C. J.; BIRAUD, S. C.; BOHRER, G.; BRZOSTEK, E.; BURNS, S. P.; COURSOLE, C.;

HOLLINGER, D. Y.; MARGOLIS, H. A.; MCCAUGHEY, H.; MONSON, R. K.; MUNGER, J. W.; PALLARDY, S.; PHILLIPS, R. P.; TORN, M. S.; WHARTON, S.; ZERI, M.; RICHARDSON, A. D. Greenness indices from digital cameras predict the timing and seasonal dynamics of canopy-scale photosynthesis. **Ecological Applications**, v. 25, n. 1, p. 99–115, 2015.

TOOKE, F.; BATTEY, N. H. Temperate flowering phenology. **Journal of Experimental Botany**, v. 61, n. 11, p. 2853–2862, 2010.

TORRES, R. S.; HASEGAWA, M.; TABBONE, S.; ALMEIDA, J.; SANTOS, J. A.; ALBERTON, B.; MORELLATO, L. P. C. Shape-based time series analysis for remote phenology studies. **IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, pp. 1–4. 2013.

TRENTIN, C. B.; FONSECA, E. L. Monitoramento da fenologia da vegetação campestre do bioma Pampa e sua relação com a temperatura média do ar. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 15. (SBSR)., 2011, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, p. 1628-1635, 2011.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A.; FRAZÃO, F. J. L.; MATOS, J. L. M. Comparação de métodos de determinação da densidade básica em madeira. **Acta Amazonica**, v.20, p. 307-319, 1990.

VAVRA, A.; MAREK, L. Utilization of Phenological Observation in the Landscape Mapping with using GIS. In: BADEA, A. C., RIBEIRO, F. R., GRECEA, C., VERES, I. (eds) **Recent Advances in Geodesy and Geomatics Engineering - Proceedings of the 1st European Conference of Geodesy & Geomatics Engineering (GENG '13)**. Antalya, Turkey, v. 1, 223p, 2013.

VIEIRA, D. L. M.; AQUINO, F. G.; BRITO, M. A.; FERNANDES- BULHÃO, C.; HENRIQUES, R. P. B. Síndromes de dispersão de espécies arbustivo-arbóreas em cerrado sensu stricto do Brasil Central e savanas amazônicas. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 215-220, 2002.

WRIGHT, I. J.; REICH, P. B.; WESTOBY, M.; ACKERLY, D. D.; BARUCH, Z.; BONGERS, F.; CAVENDER-BARES, J.; CHAPIN, T.; CORNELISSEN, J. H. C.; DIEMER, M.; FLEXAS, J.; GARNIER, E.; GROOM, P. K.; GULIAS, J.; K.; HIKOSAKA, K.; LAMONT, B. B.; LEE, T.; LEE, W.; LUSK, C.; MIDGLEY, J. J.; NAVAS, M.; NIINEMETS, U.; OLEKSYN, J.; OSADA, N.; POORTER, H.; POOT, P.; PRIOR, L.; PYANKOV, V. I.; ROUMET, C. R.; THOMAS, S. C.; TJOELKER, M.

- G. T.; VENEKLAAS, E. J.; VILLAR, R. The world-wide leaf economics spectrum. **Nature**, v. 428, p.821–827, 2004.
- WILLIAMS, R. J.; MYERS, B. A.; MULLER, W. J.; DUFF, G. A.; EAMUS, D. Leaf Phenology of Woody Species in a North Australian Tropical Savanna. **Ecological Society of America**, v. 78, n. 8, p. 2542-2558, 1997.
- WOHLGEMUTH, D.; SOLAN, M.; GODBOLD, J. A. Species contributions to ecosystem process and function can be population dependent and modified by biotic and abiotic setting. **Royal Society Publishing**, v. 284, p. 1-9, 2017.
- ZHANG, T.; LI, T.; YANG, X.; SIMELTON, E. Model biases in rice phenology under warmer climates. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1 - 9, 2016.
- ZHAO, J.; ZHANG, Y.; TAN, Z.; SONG, Q.; LIANG, N.; YU, L.; ZHAO, J. Using digital cameras for comparative phenological monitoring in an evergreen broad-leaved forest and a seasonal rain forest. *Ecological Informatics*, v. 10, p. 65–72, 2012.
- ZHOU, L.; HE, H.; SUN, X.; ZHANG, L.; YU, G.; REN, X. L.; WANG, J.-Y.; ZHAO, F. H. Modeling winter wheat phenology and carbon dioxide fluxes at the ecosystem scale based on digital photography and eddy covariance data. **Ecological Informatics**, v.18, p. 69–78, 2013.
- ZHENG, J. Y.; GE, Q. S.; HAO, Z. X.; WANG, W. C. Spring phenophases in recent decades over eastern China and its possible link to climate changes. **Climatic Change**, v. 77, p. 449–462, 2006.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Third edition. Prentice Hall International, INC, Upper Saddle River, New Jersey, 662p. 1996.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Espécies estudadas, ordenadas conforme a densidade de madeira (DM). Fazenda Algodões, Floresta - PE.

Espécie	Família	DM (g/cm ³)	QAsat (%)
<i>Cenostigma pyramidale</i> (Tul.) Gagnon & Lewis	Fabaceae	0,83	39,92
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Anacardiaceae	0,72	64,61
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	Apocynaceae	0,70	49,84
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	Anacardiaceae	0,69	58,83
<i>Cnidoscolus quercifolius</i> Pohl	Euphorbiaceae	0,56	116,26
<i>Spondias tuberosa</i> Arruda	Anacardiaceae	0,48	112,59
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) Gillett	Burseraceae	0,44	154,26
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl.) Baill.	Euphorbiaceae	0,33	233,61

QAsat: Quantidade de água saturada.

Tabela 2. Teste de Rayleigh para a ocorrência da sazonalidade no comportamento fenológico de espécies lenhosas na Fazenda Algodões, Floresta – PE, durante o período 05 de setembro de 2016 a 05 de agosto de 2017.

ESPÉCIES	B	C	QF	FL	FR
<i>C. pyramidale</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**
<i>A. pyrifolium</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	----- ^a	----- ^a
<i>S. brasiliensis</i>	0,025*	< 0,001**	< 0,001**	----- ^a	----- ^a
<i>C. quercifolius</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**
<i>C. leptophloeos</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**
<i>M. urundeuva</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	ns 0,025*
<i>J. mollissima</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**
<i>S. tuberosa</i>	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**	< 0,001**

—^a Variável fenológica não observada. * significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < 0.05), ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0.01), ns não significativo (p >= 0.05). (B: Brotamento, C: Copa, QF: Queda Foliar, FL: Flor, FR: Fruto).

Tabela 3. Sincronia de fenofases nas estações seca e chuvosa, em porcentagem de indivíduos, para oito espécies lenhosas na Fazenda Algodões, Floresta – PE, durante o período 05 de setembro de 2016 a 05 de agosto de 2017.

ESPÉCIES	ESTAÇÃO SECA					ESTAÇÃO ÚMIDA				
	B	C	QF	FL	FR	B	C	QF	FL	FR
<i>C. pyramidale</i>	0,0 _a	20,0 _a	*	0,0 _a	0,0 _a	85,7 _c	*	85,7 _c	42,8 _b	42,8 _b
<i>A. pyrifolium</i>	20,0 _a	20,0 _a	*	0,0 _a	0,0 _a	68,4 _c	*	*	0,0 _a	0,0 _a
<i>S. brasiliensis</i>	*	*	*	0,0 _a	0,0 _a	71,4 _c	*	42,8 _b	0,0 _a	0,0 _a
<i>C. quercifolius</i>	40,0 _b	*	*	20,0 _a	0,0 _a	69,3 _c	*	71,4 _c	85,7 _c	54,3 _b
<i>C. leptophloeos</i>	20,0 _a	60,0 _b	*	20,0 _a	0,0 _a	71,4 _c	*	68,4 _c	14,2 _c	51,1 _b
<i>M. urundeuva</i>	0,0 _a	50,0 _b	*	40,0 _b	20,0 _a	57,1 _c	85,2 _c	85,2 _c	0,0 _a	0,0 _a
<i>J. mollissima</i>	60,0 _b	60,0 _b	*	40,0 _b	0,0 _a	68,4 _c	*	85,7 _c	85,7 _c	71,4 _c
<i>S. tuberosa</i>	60,0 _b	40,0 _b	*	30,0 _b	0,0 _a	71,4 _c	*	69,2 _c	28,5 _b	57,1 _b

B: Brotamento, C: Copa, QF: queda foliar, FL: Floração, Fr: Frutificação. Grau de sincronia: a: assincrônico, b: baixa sincronia, c: alta sincronia, * padrão contínuo (100%).

Tabela 4. Correlação de Spearman entre as fenofases espécies lenhosas e os fatores abióticos na Fazenda Algodões, Floresta – PE, durante o período 05 de setembro de 2016 a 05 de agosto de 2017.

Espécie	Precipitação					Temperatura				
	B	C	Q	Fl	Fr	B	C	Q	Fl	Fr
<i>Cenostigma pyramidale</i>	0.609 *	0.531 ns	-0.631 *	0.460 ns	0.051 ns	0.160 ns	-0.729 **	0.598 *	-0.216 ns	-0.799 **
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.187 ns	0.068 ns	-0.102 ns	0.000 ns	0.000 ns	-0.847 **	-0.941 **	0.934 **	0.000 ns	0.000 ns
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	-0.679 *	0.734 **	-0.651 *	0.000 ns	0.000 ns	0.444 ns	-0.578 ns	0.589 *	0.000 ns	0.000 ns
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	-0.273 ns	0.874 **	-0.709 *	0.814 **	0.744 **	0.438 ns	-0.130 ns	-0.051 ns	0.102 ns	-0.274 ns
<i>Commiphora leptophloeos</i>	0.272 ns	0.619 *	-0.605 *	-0.209 ns	0.522 ns	0.561 ns	-0.235 ns	-0.091 ns	0.449 ns	-0.329 ns
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0.301 ns	0.692 *	-0.744 **	-0.498 ns	-0.269 ns	0.356 ns	-0.482 ns	0.329 ns	0.356 ns	0.321 ns
<i>Jatropha mollissima</i>	-0.052 ns	0.888 **	-0.774 **	0.464 ns	0.407 ns	0.600 *	-0.063 ns	-0.193 ns	0.486 ns	-0.765 **
<i>Spondias tuberosa</i>	-0.481 ns	0.847 **	-0.678 *	-0.422 ns	0.895 **	0.242 ns	0.277 ns	-0.402 ns	0.672 *	-0.102 ns
Espécie	Umidade do Ar					Umidade do Solo				
	B	C	Q	Fl	Fr	B	C	Q	Fl	Fr
<i>Cenostigma pyramidale</i>	0.069 ns	0.899 **	-0.809 **	0.497 ns	0.792 **	0.379 ns	0.304 ns	-0.367 ns	0.799 **	-0.198 ns
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	0.914 **	0.890 **	-0.915 **	0.000 ns	0.000 ns	0.158 ns	-0.141 ns	0.060 ns	0.000 ns	0.000 ns
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	-0.738 **	0.835 **	-0.768 **	0.000 ns	0.000 ns	-0.357 ns	0.437 ns	-0.428 ns	0.000 ns	0.000 ns
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	-0.435 ns	0.470 ns	-0.267 ns	0.631 *	0.631 *	-0.091 ns	0.739 **	-0.654 *	0.763 **	0.680 *
<i>Commiphora leptophloeos</i>	-0.224 ns	0.557 ns	-0.318 ns	-0.375 ns	0.658 *	0.542 ns	0.382 ns	-0.554 ns	-0.133 ns	0.667 *
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	-0.266 ns	0.770 **	-0.627 *	-0.586 *	-0.284 ns	0.189 ns	0.599 *	-0.619 *	-0.169 ns	-0.091 ns
<i>Jatropha mollissima</i>	-0.412 ns	0.446 ns	-0.229 ns	-0.213 ns	0.908 **	0.420 ns	0.625 *	-0.735 **	0.545 ns	0.234 ns
<i>Spondias tuberosa</i>	-0.269 ns	0.070 ns	0.047 ns	-0.672 *	0.434 ns	-0.281 ns	0.854 **	-0.777 **	-0.069 ns	0.847 **
Espécie	Fotoperíodo									
	B	C	Q	Fl	Fr					
<i>Cenostigma pyramidale</i>	0.054 ns	-0.783**	0.666 *	-0.404 ns	-0.736 **					
<i>Aspidosperma pyriforme</i>	-0.826 **	-0.849**	0.860 **	0.000 ns	0.000 ns					
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0.582 *	-0.761**	0.777 **	0.000 ns	0.000 ns					
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	0.579 ns	-0.284ns	0.036 ns	-0.108 ns	-0.548 ns					
<i>Commiphora leptophloeos</i>	0.471 ns	-0.297ns	-0.0005ns	0.571 ns	-0.361 ns					
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0.291 ns	-0.416ns	0.290 ns	0.120 ns	0.280 ns					
<i>Jatropha mollissima</i>	0.647 *	-0.209ns	-0.083 ns	0.433 ns	-0.809 **					
<i>Spondias tuberosa</i>	0.216 ns	0.107ns	-0.210 ns	0.738 **	-0.338 ns					

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($01 \leq p < 0.05$), ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$), ns não significativo ($p \geq 0.05$). (B: Brotamento, C: Copa, QF: Queda Foliar, FL: Flor, FR: Fruto).

LISTA DE FIGURAS

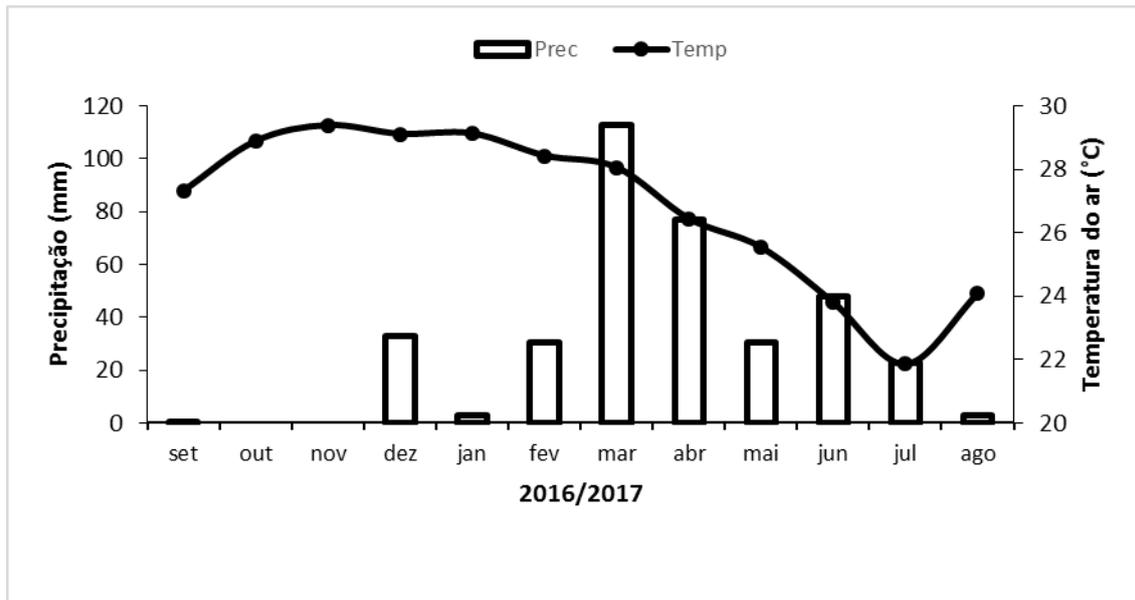


Figura 1. Precipitação e temperatura média mensal no período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Fazenda Algodões, Floresta - PE.

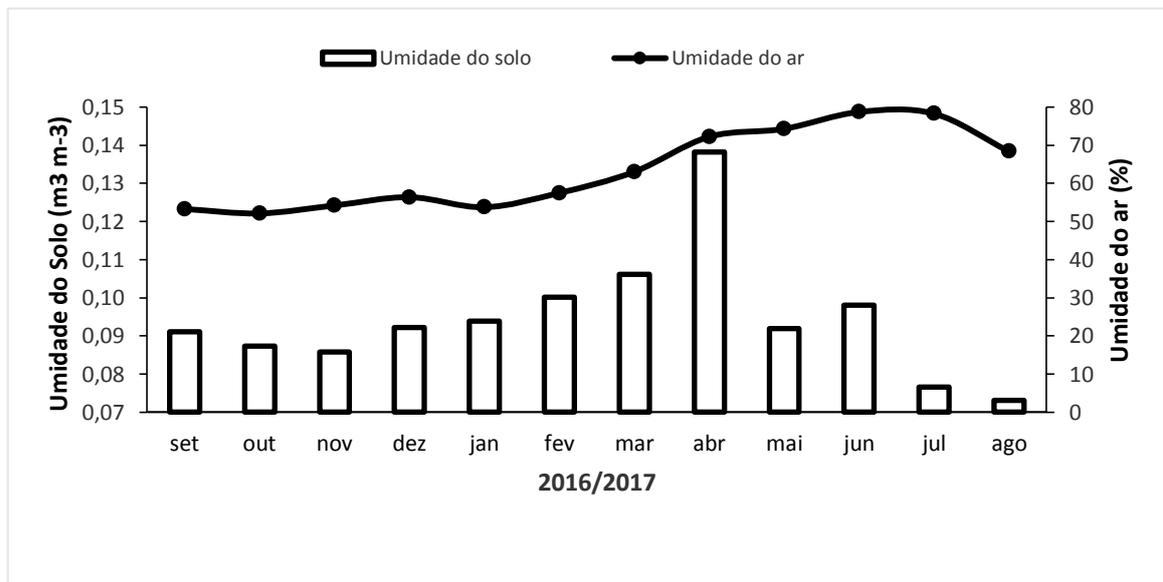


Figura 2. Umidade Relativa do ar e Umidade do solo no período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Fazenda Algodões, Floresta - PE.

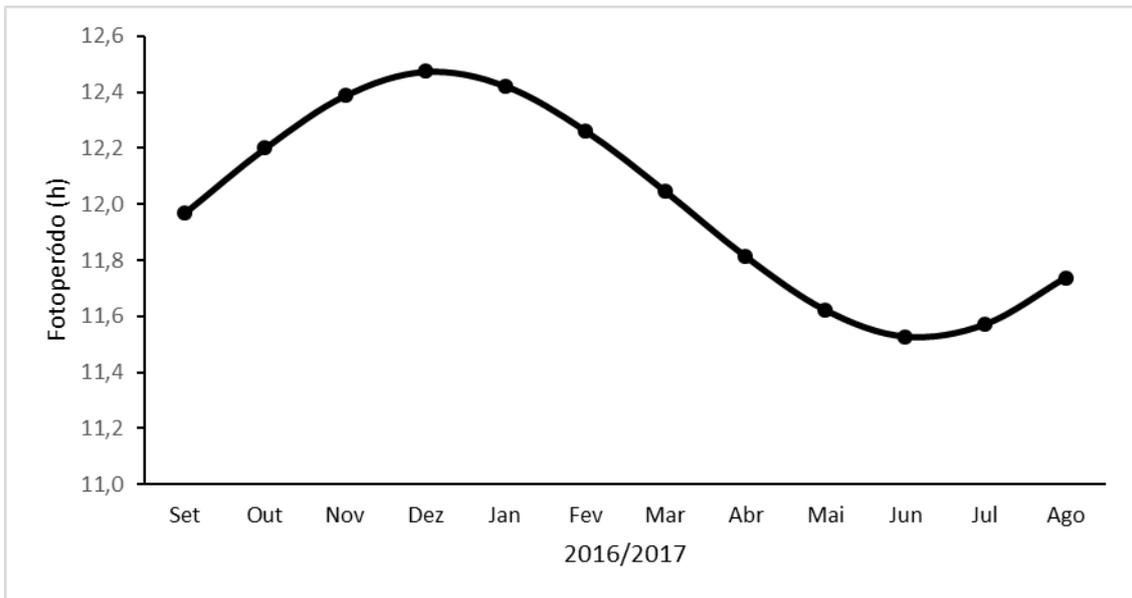


Figura 3. Fotoperíodo no período de setembro de 2016 a agosto de 2017. Fazenda Algodões, Floresta - PE.

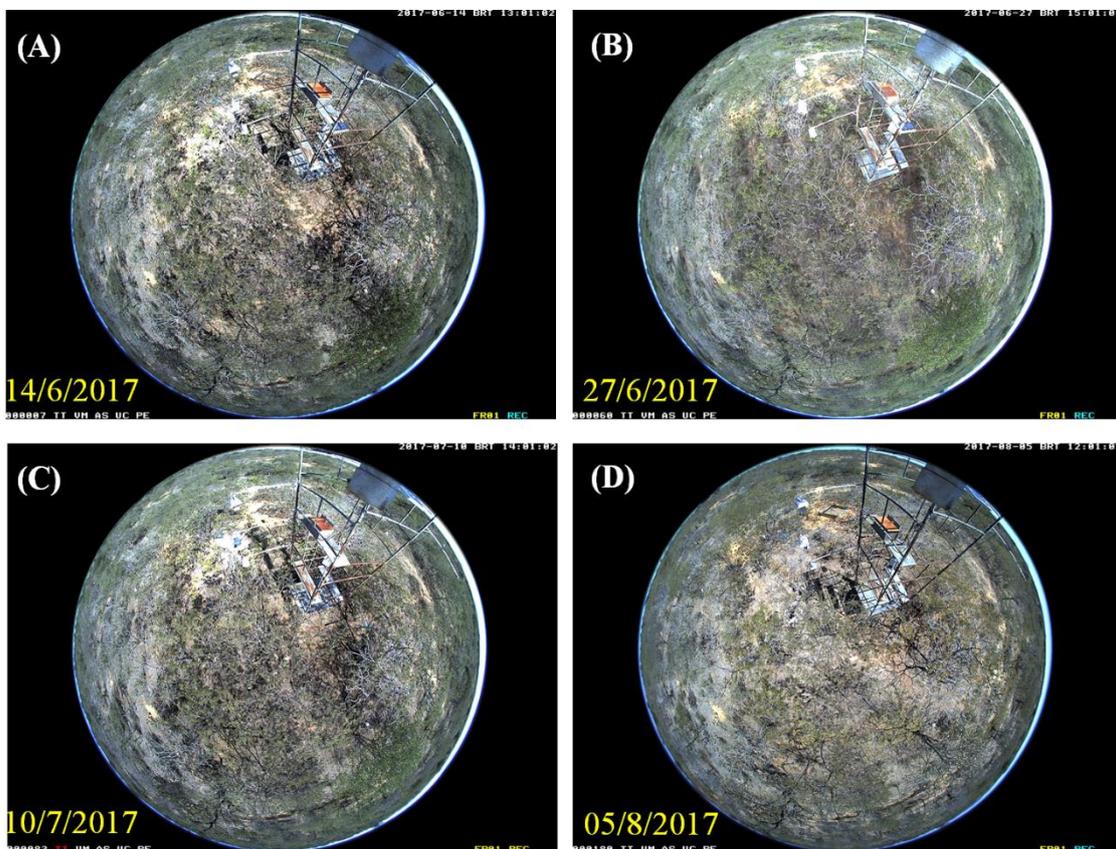


Figura 4. Imagens capturadas pela lente hemisférica da câmera digital na vegetação de Caatinga no período de maio a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

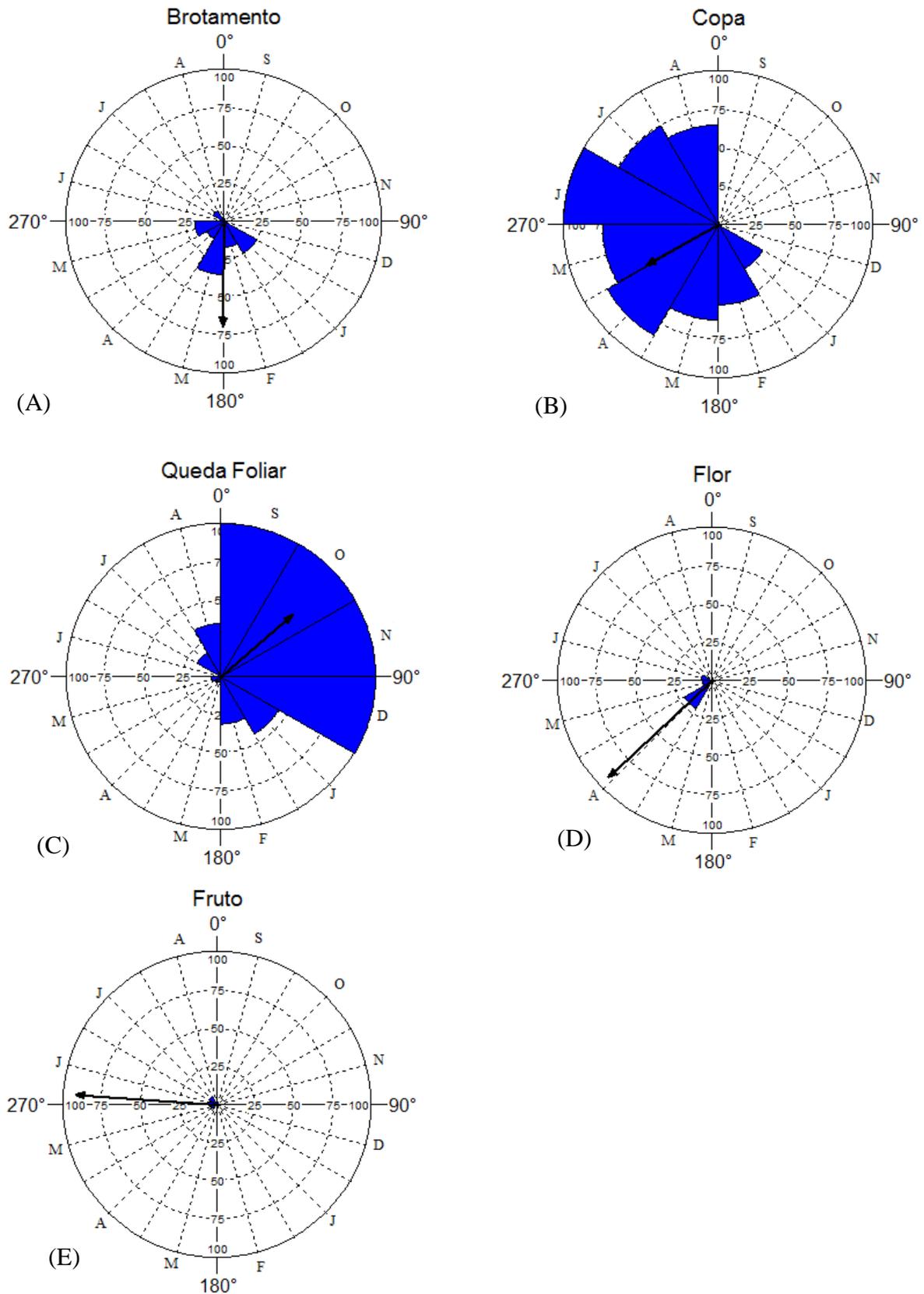


Figura 5. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Cenostigma pyramidale* durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

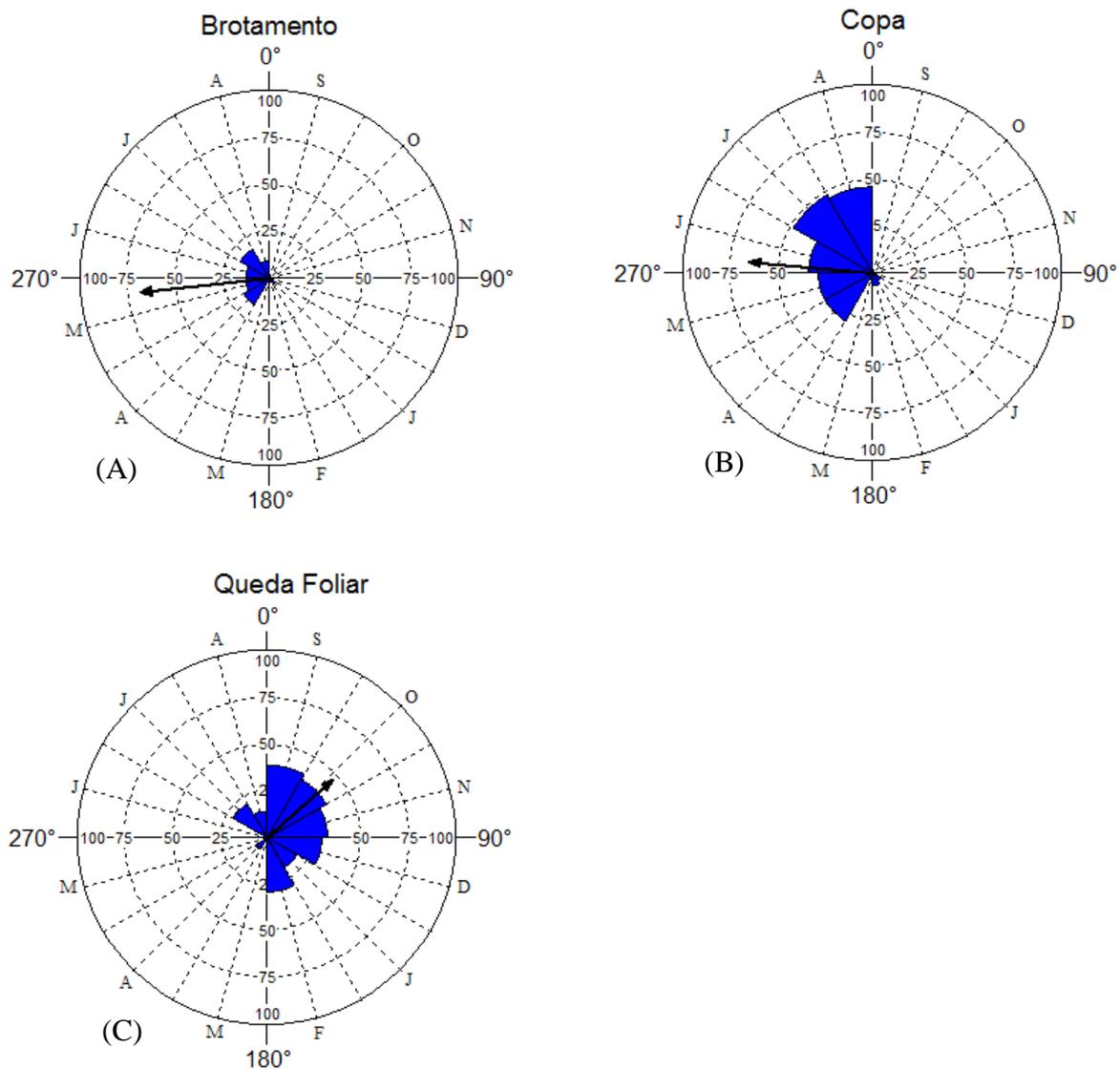


Figura 6. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Aspidosperma pyrifolium*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

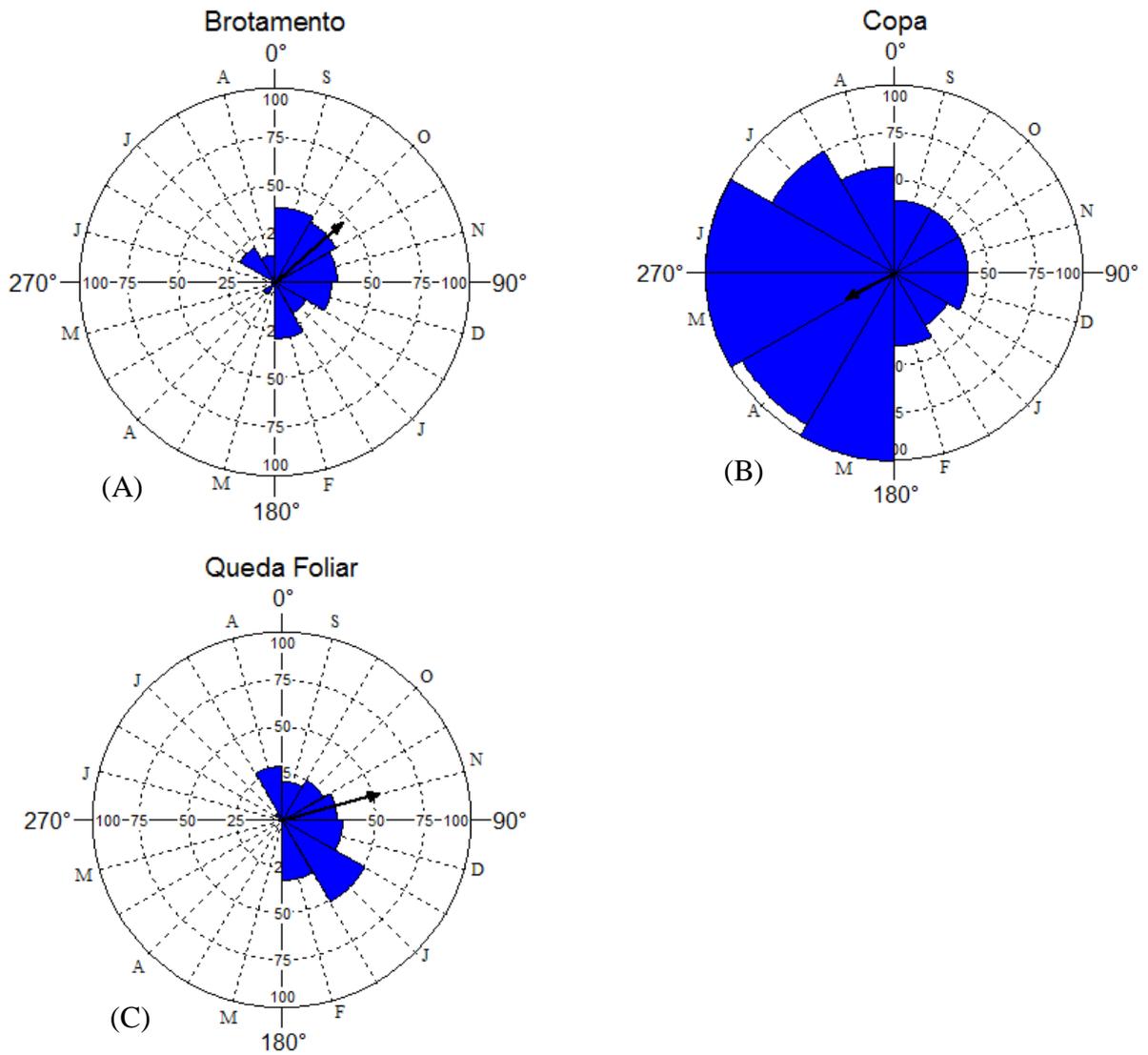


Figura 7. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Schinopsis brasiliensis*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

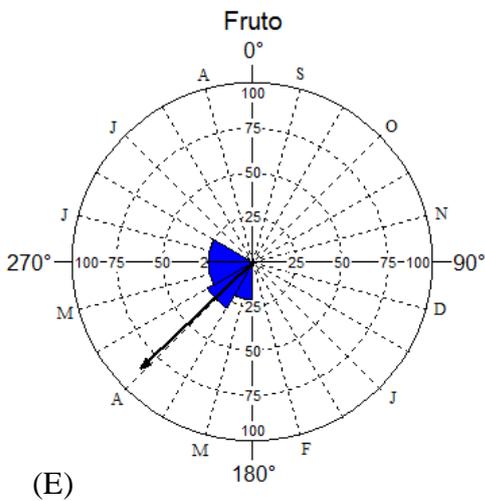
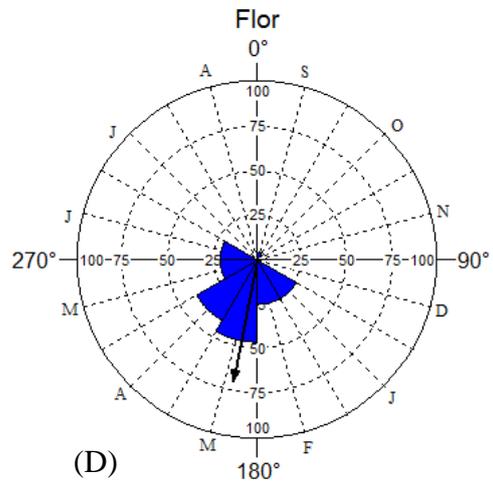
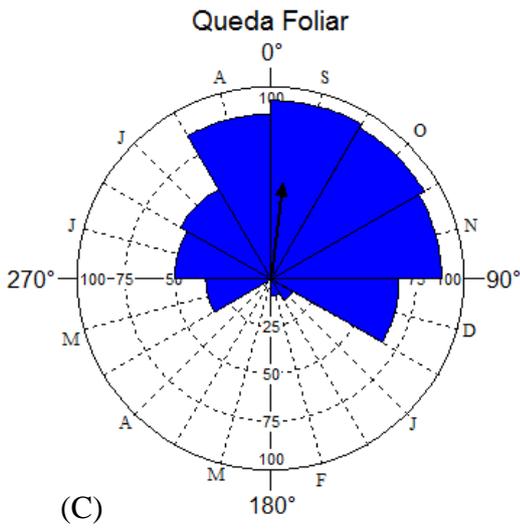
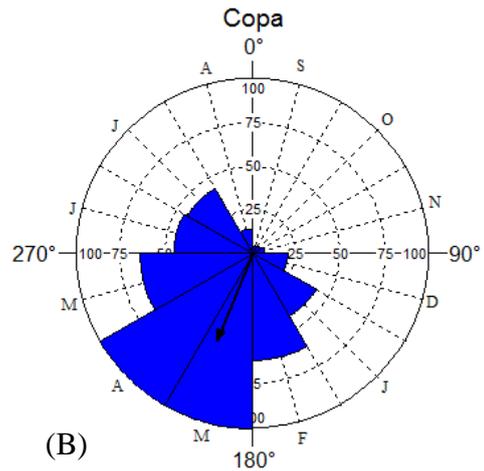
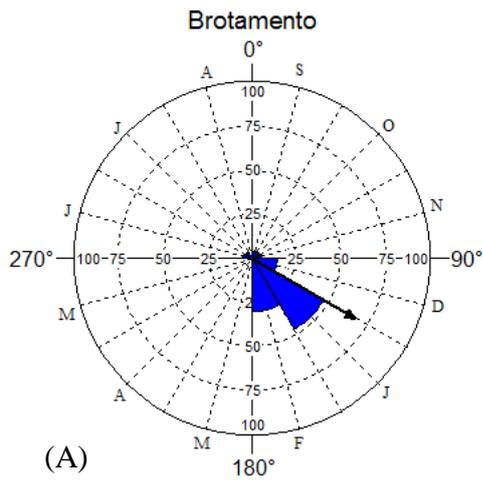


Figura 8. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Cnidocolus quercifolius*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

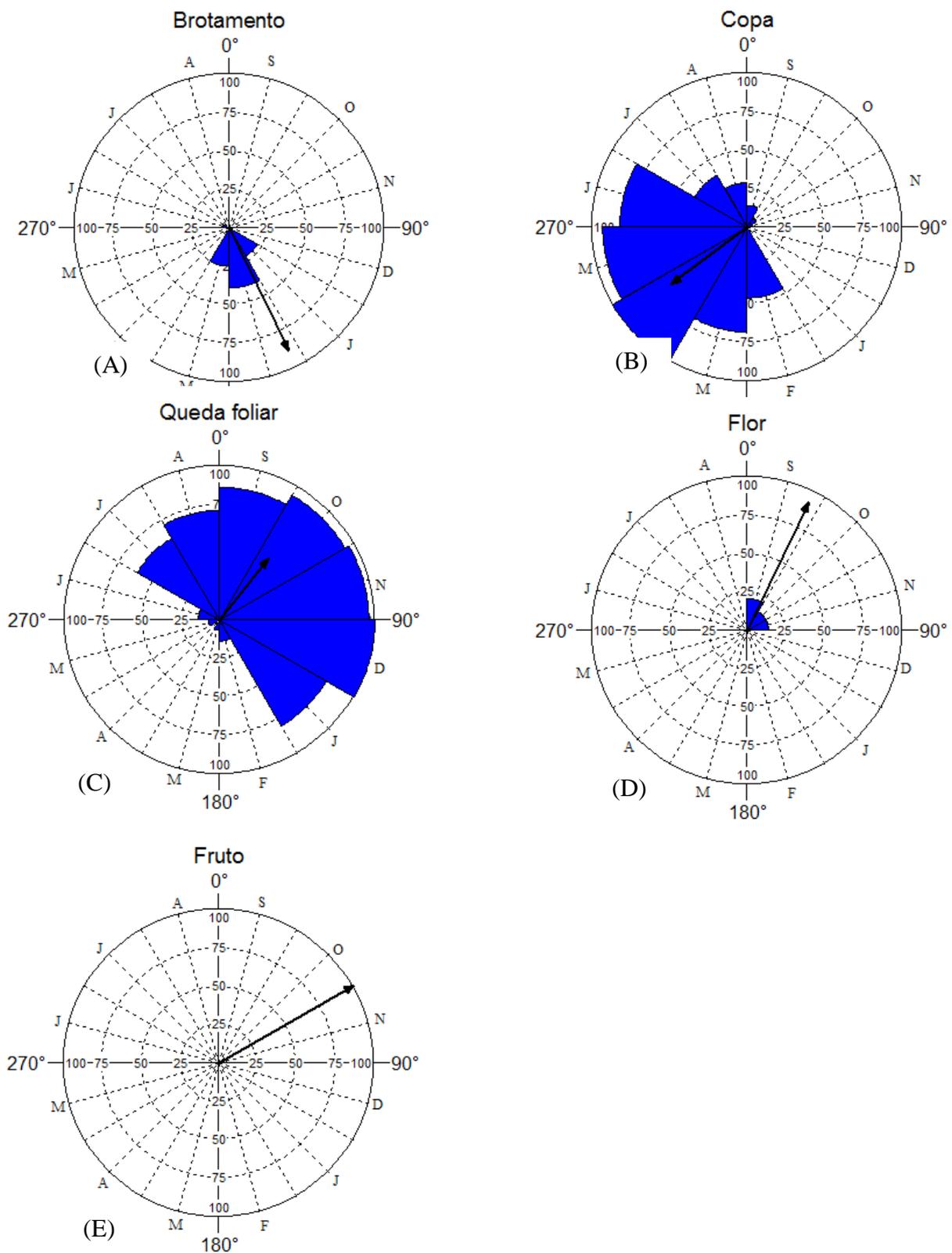


Figura 9. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Myracrodruon urundeuva*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

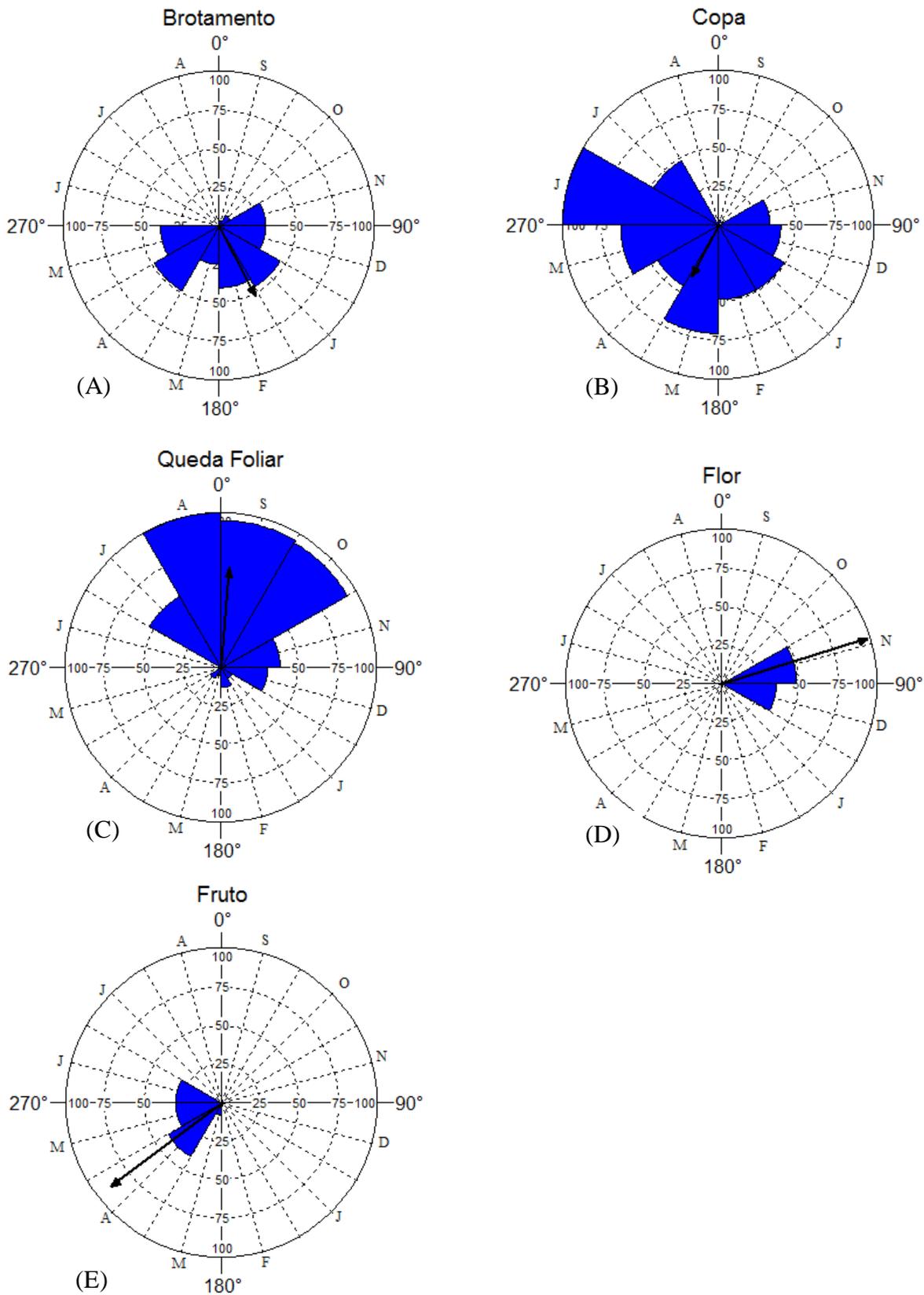


Figura 10. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Commiphora leptophloeos.*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

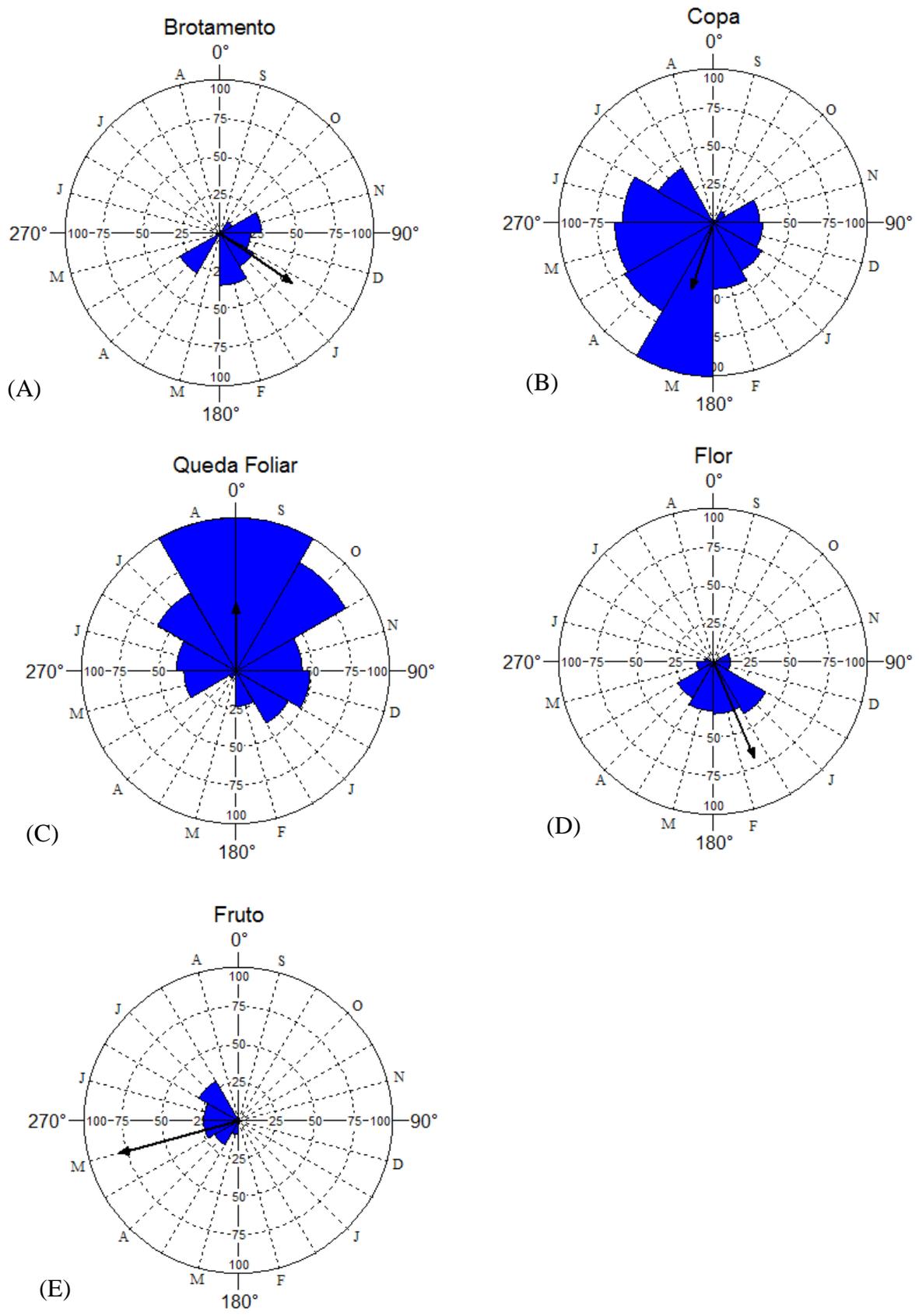


Figura 11. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Jatropha mollissima*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

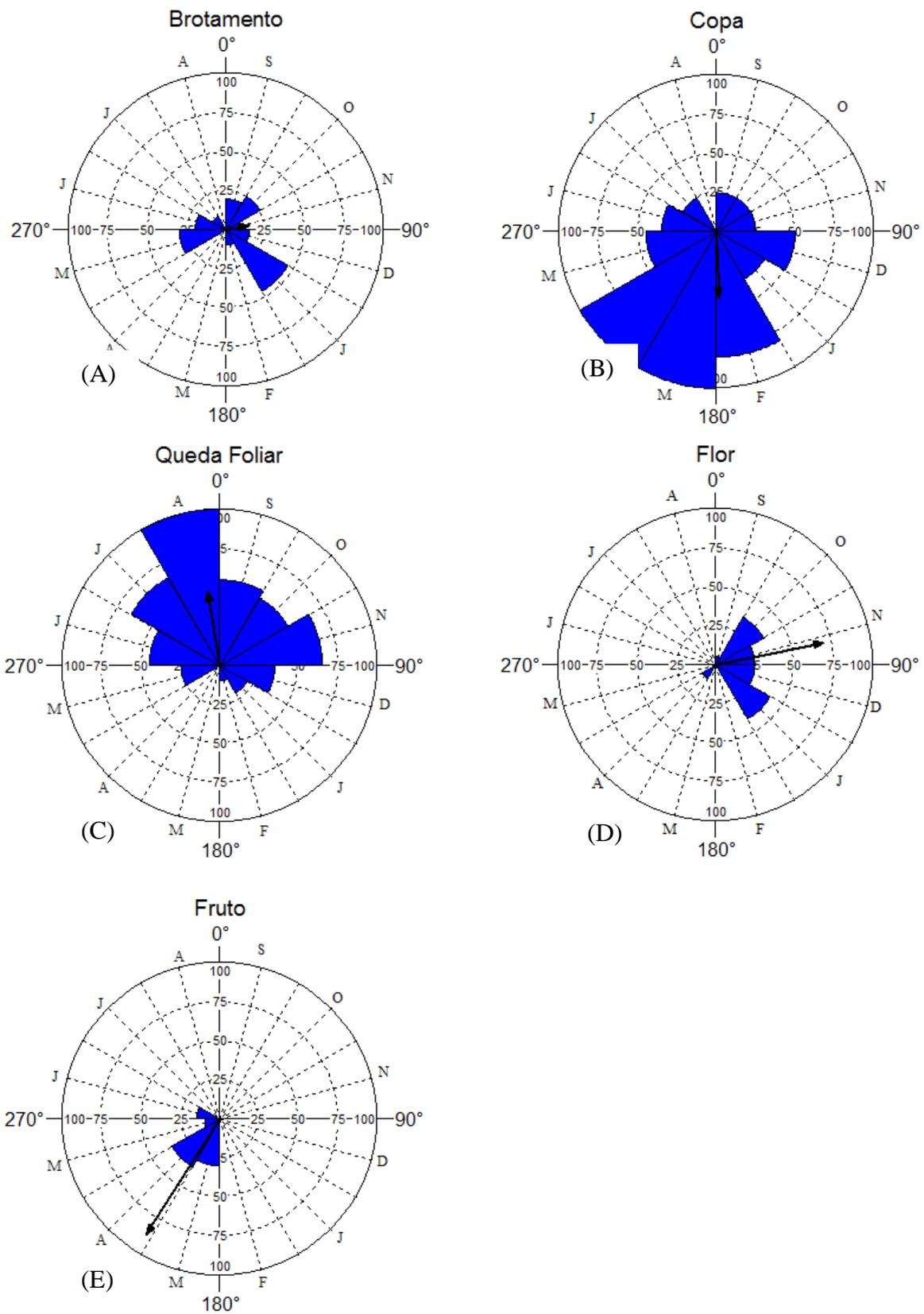


Figura 12. Histograma circular baseado na intensidade das fenofases de *Spondias tuberosa*, durante o período de setembro de 2016 a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE

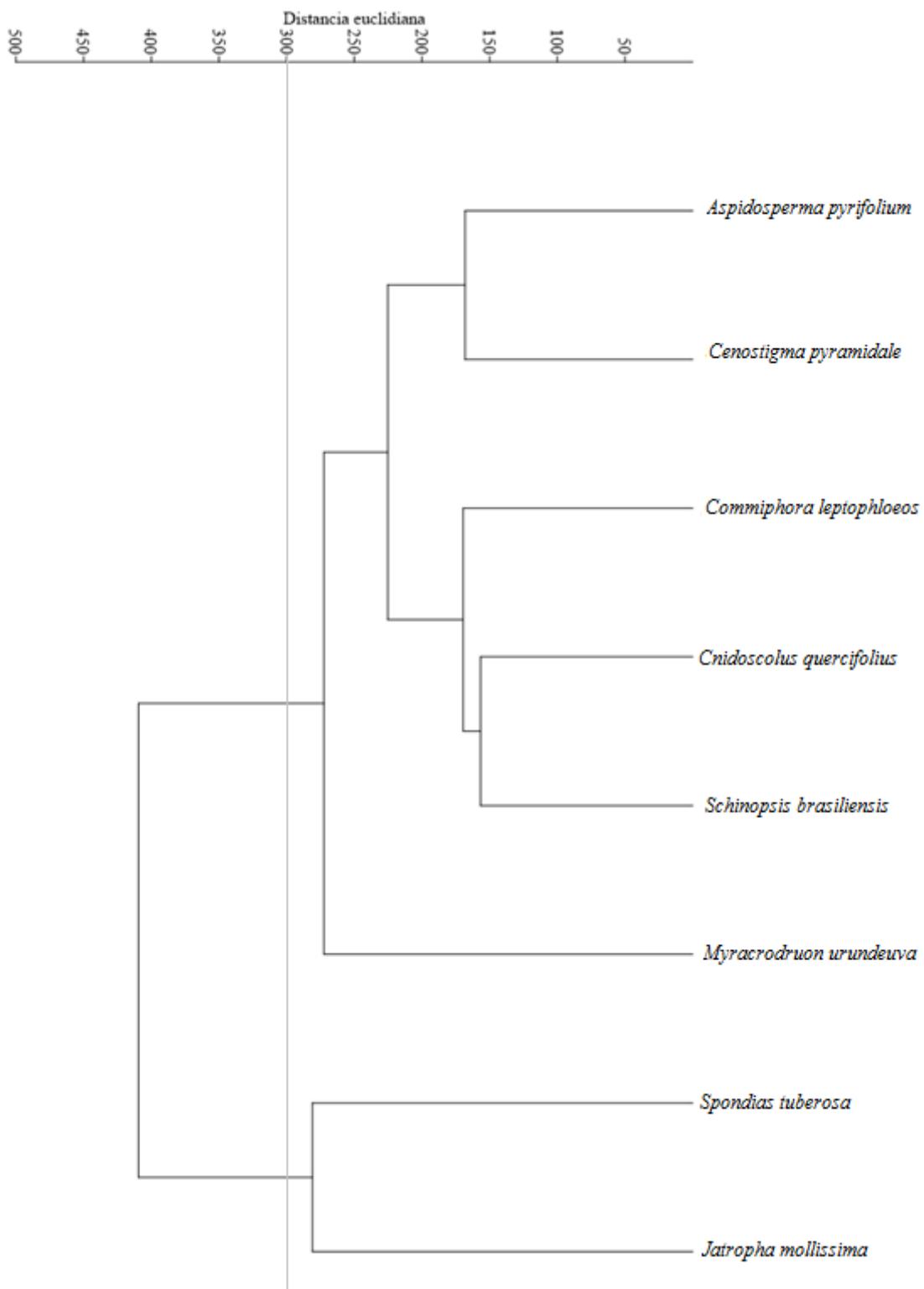


Figura 13. Análise de Cluster dos atributos funcionais de espécies lenhosas na fazenda Algodões, Floresta - PE.

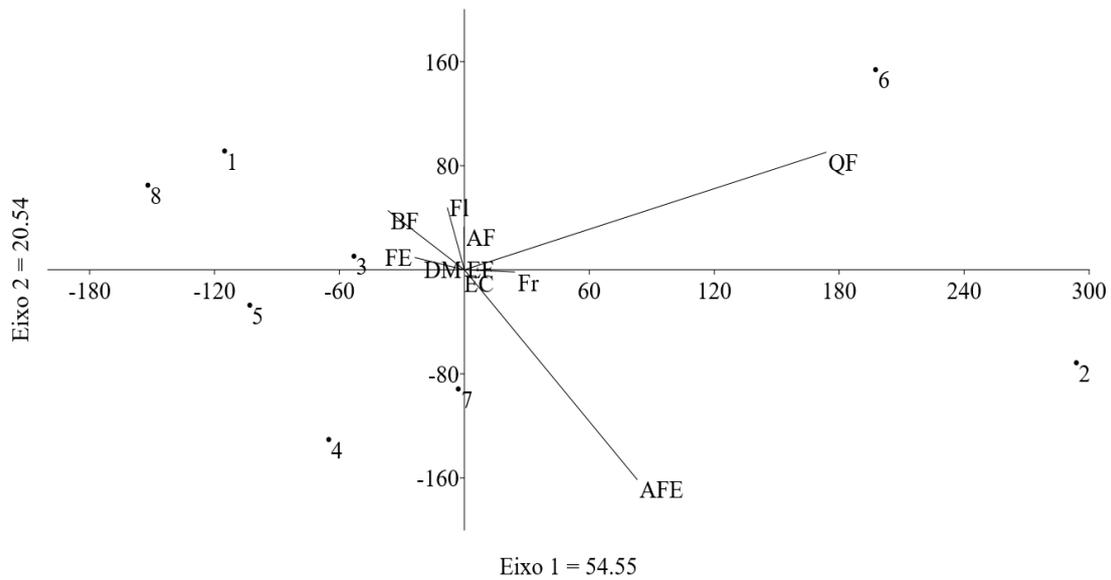


Figura 14. Análise de componentes principais (PCA) das características das espécies amostradas. ((1) *Cenostigma pyramidale*, (2) *Spondias tuberosa*, (3) *Aspidosperma pyrifolium*, (4) *Commiphora leptophloeos*, (5) *Cnidocolus quercifolius*, (6) *Jatropha mollissima*, (7) *Schinopsis brasiliensis*, (8) *Myracrodruon urundeuva*, BF= Brotamento foliar, FE = Folha expandida, FL = Flor, FR = Fruto, QF = Queda foliar, EF = Espessura foliar, TF = Tamanho foliar, AF = Área foliar, AFE = Área foliar específica, MS = Matéria seca, EC = Espessura da casca, DM = Densidade de madeira, QAsat = Quantidade de água saturada).

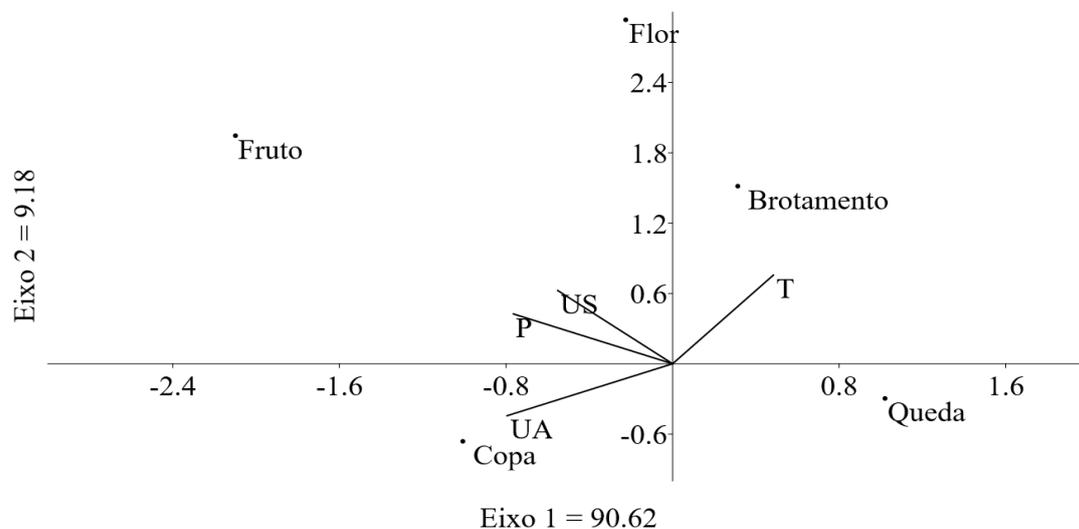


Figura 15. Análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis abióticas (UA = umidade relativa do ar, US = umidade do solo, P = precipitação, T = temperatura), e sua relação com as fenofases: brotamento, copa e queda foliar, floração e frutificação no grupo 1.

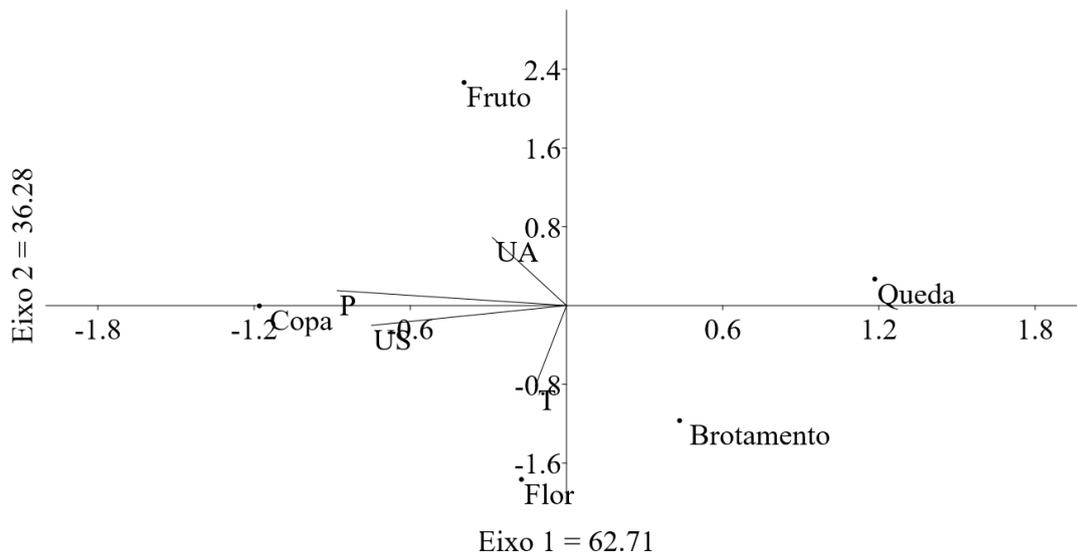


Figura 16. Análise de correspondência canônica (CCA) das variáveis abióticas (UA = umidade relativa do ar, US = umidade do solo, P = precipitação, T = temperatura), e sua relação com as fenofases: brotamento, copa e queda foliar, floração e frutificação no grupo 2.

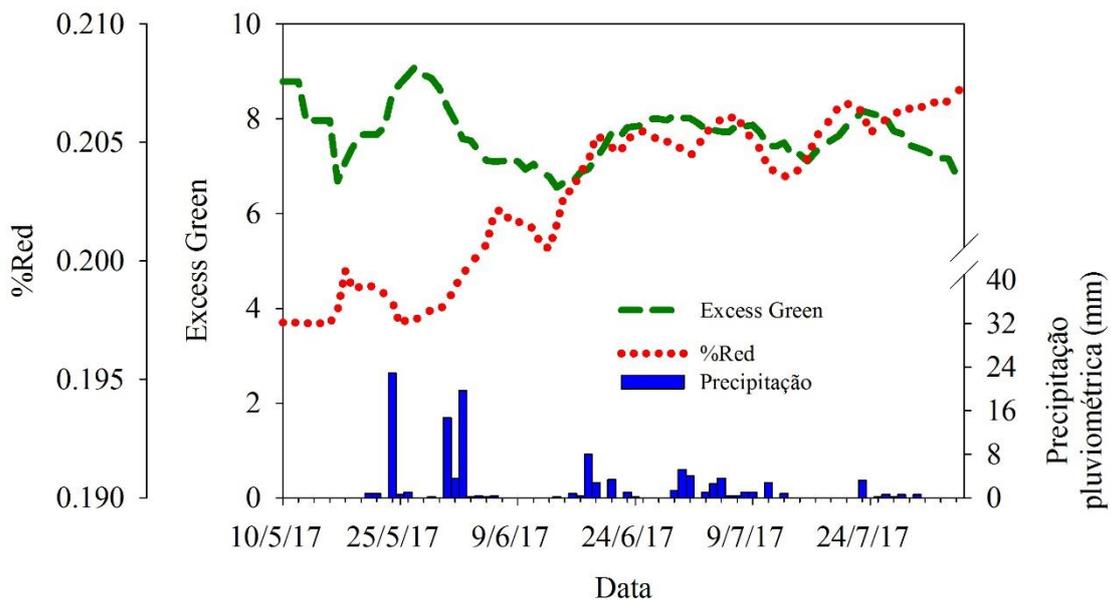


Figura 17. Precipitação pluvial, excesso de verde e índice de vermelho obtidos pela câmera hemisférica no período de maio a agosto de 2017 na Fazenda Algodões, Floresta – PE.