



FENOLOGIA REPRODUTIVA E VEGETATIVA DE *Qualea multiflora* MART. EM CERRADÃO

Patricia Oliveira da Silva^{1*}, Sabrina Emanuella Silva Almeida², Thais Cristina de Sousa Oliveira², Gisele Cristina de Oliveira Menino³ & Rauander Douglas Ferreira Barros Alves⁴

¹ Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde. Departamento de Ciências-Agrárias, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias-Agronomia, Rodovia Sul Goiana s/n, caixa postal 66, CEP: 75.901 – 970, Rio Verde, GO, Brasil.

² Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde. Departamento de Biologia, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação, Rodovia Sul Goiana s/n, caixa postal 66, CEP: 75.901 – 970, Rio Verde, GO, Brasil.

³ Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde. Departamento de Biologia, Laboratório de Sistemática e Ecologia Vegetal (Herbário), Rodovia Sul Goiana s/n, caixa postal 66, CEP: 75.901 – 970, Rio Verde, GO, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-graduação de Biotecnologia e Biodiversidade, campus Colemar Natal e Silva, Rua 235, s/n, caixa postal 131, CEP: 74.001 – 970, Goiânia, GO, Brasil.

E-mails: patriciasilvaifgoiano@gmail.com (*autor correspondente); sabrinamanu8@gmail.com; thaiscristinasousasab@gmail.com; gisele.menino@ifgoiano.edu.br e rauander@gmail.com

Resumo: O conhecimento advindo da fenologia vegetal em ecossistemas naturais promove o entendimento da biodiversidade, produtividade, organização das comunidades vegetais e sobre as interações das plantas com a fauna, sendo de grande importância em programas de conservação. Entretanto, informações fenológicas de algumas espécies são insuficientes, este é o caso de *Qualea multiflora* Mart. Diante do exposto, este estudo teve o objetivo de descrever a sua fenologia reprodutiva e vegetativa em fitofisionomia de Cerradão, Estado de Goiás, Brasil. Para tal, foram marcados 15 indivíduos que foram visitados mensalmente entre julho de 2016 e junho de 2018 e os eventos reprodutivos (botão floral, antese, fruto imaturo e fruto maduro) e vegetativos (broto foliar, folha jovem, folha adulta e senescência) foram registrados. A intensidade e sincronia foram avaliadas e testada a sazonalidade e correlação de Spearman da fenologia com variáveis climáticas locais. A floração ocorreu na transição do período seco para o chuvoso e durante as chuvas. A frutificação foi registrada durante todos os meses de estudo e a maturação dos frutos na época mais seca. A brotação foliar, produção de folhas e senescência ocorreram na maioria dos meses de observação, com maior intensidade em meses secos e quentes. A folhagem adulta esteve presente durante todo o estudo. Este estudo evidencia que mesmo que *Q. multiflora* apresente comportamento fenológico semelhante ao já encontrado na literatura para espécies arbóreas do cerradão, há algumas particularidades, principalmente no corpo vegetativo.

Palavras-chave: floração; frutificação; pau-terra-liso; sazonalidade; sincronia.

REPRODUCTIVE AND VEGETATIVE PHENOLOGY OF *Qualea multiflora* MART. IN CERRADÃO. Knowledge of plant phenology in natural ecosystems promotes the understanding of biodiversity, productivity, organization of plant communities, and interactions between plants and fauna, being of great importance in conservation programs. However, phenological information of some species is insufficient, which is the case of *Qualea multiflora* Mart. In this context, this study describes reproductive and vegetative phenology

of *Qualea multiflora* Mart. in a phytophysiognomy of Cerrado biome (Cerradão), Goiás State, Brazil. For that, 15 individuals were accompanied monthly between July 2016 and June 2018 and reproductive events (flower budding, anthesis, unripe fruit and ripe fruit) and vegetative events (leaf budding, young leaf, adult leaf and senescent leaf) were registered. The intensity and synchrony were evaluated and we also tested the seasonality and Spearman correlation of phenology and local climatic variables. Flowering occurred in the transition from the dry period to the rainy season and during the rainy season. Fruiting was recorded during all studied months and fruit ripening occurred in the dry season. Leaf budding, leaf production and senescence occurred during most of observation period, with higher intensity in dry and hot months. Adult leaves were present throughout the study. This study shows that even though *Q. multiflora* presents phenological behavior similar to that already found in the literature for Cerradão tree species, there are some particularities, especially in the vegetative body.

Key-words: flowering; fruiting; pau-terra-liso; seasonality; synchronization.

INTRODUÇÃO

A fenologia é uma ciência que assumiu elevada importância nas últimas décadas como medida para estudar os impactos das mudanças climáticas nas espécies vegetais. Dessa forma, a fenologia é uma boa indicadora de alterações ambientais como variações na temperatura, precipitação e umidade relativa do ar, já que é fortemente influenciada por essas mudanças (Cleland *et al.* 2007, Pau *et al.* 2011). À medida que o clima aquece e os padrões climáticos se alteram, a biologia moderna busca quantificar os efeitos destas mudanças nas plantas (Pau *et al.* 2011), pois estas induzem alterações no desenvolvimento (Parmesan 2007, Burrows *et al.* 2011) e reprodução de muitas espécies vegetais. Os efeitos de tais mudanças nas plantas ocorrem em eventos como produção de brotos, floração e início da senescência; avançando ou ficando atrasados de acordo com as condições às quais estão expostas (Ellwood *et al.* 2019).

Além da sua relação com as mudanças climáticas, o conhecimento e a compreensão advindo dos estudos fenológicos das espécies arbóreas em ecossistemas naturais são de interesse básico nas pesquisas ecológicas sobre a biodiversidade, produtividade e organização das comunidades e sobre as interações das plantas com a fauna; sendo também de grande importância em programas de conservação de recursos genéticos, manejo florestal e planificação de áreas silvestres (Camacho & Orozco 1998). Entretanto, apesar do esforço empreendido, os dados sobre a fenologia das espécies vegetais são fragmentados, principalmente quando se trata das espécies do

Cerrado. Mesmo este sendo considerado a savana tropical mais rica em diversidade do mundo (Franco *et al.* 2005, Oliveira 2008, Carvalho *et al.* 2016) e um dos *hotspots* mundiais para a conservação dessa biodiversidade (Myers *et al.* 2000), um número ainda muito reduzido de espécies tem sua fenologia descrita em detalhes.

Entre as espécies que apresentam estudos fragmentados sobre sua fenologia está *Qualea multiflora* Mart. (Myrtales, Vochysiaceae), pois mesmo havendo alguns estudos sobre a espécie em questão (Varassin & Silva 1999, Silvério & Lenza 2010, Pilon *et al.* 2015), estes trabalhos descrevem a fenologia em nível de comunidade, destacando poucas informações fenológicas sobre a espécie, uma vez que o objetivo desses estudos é identificar padrões de reprodução ou enfolhamento na comunidade em geral. Newstrom *et al.* (1994), afirmam que os padrões fenológicos de plantas tropicais podem ser diferentes dependendo do nível (indivíduo, população ou comunidade) em que são analisados. Cada um dos níveis de organização tem seu próprio valor para a descrição da fenologia. E em ecossistemas com marcada sazonalidade climática, como o Cerrado, as plantas podem apresentar, como consequência, ampla diversidade de estratégias fenológicas, variando entre as diferentes fitofisionomias (Pilon *et al.* 2015).

Diante de tais informações, este estudo teve como objetivo: (i) descrever a fenologia reprodutiva e vegetativa de *Q. multiflora* em fisionomia cerradão, (ii) verificar se os eventos são correlacionados aos dados climáticos da área de estudo, (iii) averiguar se as fenofases são sazonais, (iv) verificar se as

intensidades de cada evento são diferentes entre os anos de avaliação e (v) comparar o comportamento fenológico obtido em cerrado com o já descrito para *Q. multiflora* e outras espécies do Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Este estudo foi desenvolvido em remanescente de Cerrado localizado na Fazenda Fontes do Saber, da Universidade de Rio Verde (17°47'12"S e 50°57'48"W), município de Rio Verde, Sudoeste do Estado de Goiás, Brasil. Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), a região apresenta clima do tipo "Aw" (tropical chuvoso), alternadamente úmido (de outubro a abril) e seco (de maio a setembro); climas dessa categoria incluem temperatura média no mês mais frio superior a 18 °C e precipitação pluviométrica inferior a 2.000 mm por ano. De acordo com os dados climáticos dos últimos 30 anos na área de estudo (Climatempo 2018), a temperatura mínima mensal variou de 14 a 19 °C, a média de 21 a 24,5 °C e a máxima de 28 a 31 °C. Os meses mais quentes foram agosto e setembro, apresentando temperatura máxima de 31 °C em ambos os meses, já os meses mais frios foram junho

e julho com temperatura mínima de 14 e 15 °C, respectivamente. Quanto à precipitação, os meses mais chuvosos foram dezembro e janeiro, com 278 e 265 mm de pluviosidade, respectivamente. Já os meses mais secos foram junho e julho com 13 e 15 mm de pluviosidade, respectivamente (Figura 1).

Fitofisionomia da área de estudo

A área de estudo possui aproximadamente 40 hectares e é constituída por duas fitofisionomias, cerrado *sensu stricto* e cerrado. Entretanto, o acompanhamento fenológico foi realizado apenas com indivíduos localizados em área de cerrado. No conceito de Coutinho (2006), o cerrado é uma formação florestal constituída por florestas tropicais estacionais escleromorfas semidecíduas mais abertas, arvoredos ou "woodlands". Carvalho *et al.* (2016) define o cerrado de forma mais completa, afirmando que corresponde a "floresta mesófila esclerófila", que se caracteriza por sub-bosque formado por pequenos arbustos e ervas, com poucas gramíneas, sendo esse ecossistema constituído pela presença preferencial de espécies que ocorrem no cerrado *sensu stricto* e também por espécies de florestas – particularmente, as de Mata Seca Semidecídua e de Mata de Galeria não-

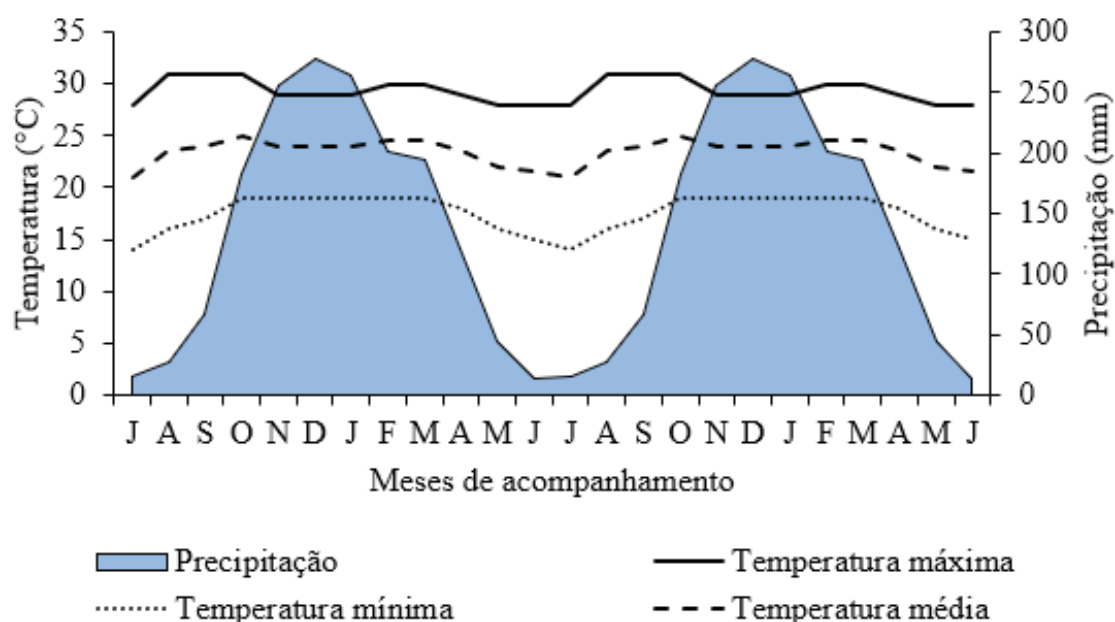


Figura 1- Dados climáticos de precipitação e temperatura dos últimos 30 anos do Município de Rio Verde, Goiás, Brasil. (Fonte: Climatempo, 2018). Área azul - precipitação, linha sólida – temperatura máxima, linha tracejada – temperatura média e linha pontilhada – temperatura mínima.

Figure 1- Precipitation and temperature climate data of the last 30 years of the municipality of Rio Verde, Goiás, Brazil. (Source: Climatempo, 2018). Blue area - rainfall, solid line - maximum temperature, dashed line - average temperature and dotted line - minimum temperature.

inundável (Carvalho *et al.* 2016). Dessa forma, do ponto de vista fisionômico é uma floresta, mas sua florística se assemelha ao cerrado *sensu stricto* (Prado-Júnior *et al.* 2012).

Espécie estudada

Qualea multiflora Mart., é uma espécie arbórea e nativa do Cerrado, que possui potencial medicinal e aptidão para regeneração de ambientes degradados. Conhecida como pau-terra-liso ou pau-terra-do-campo (Rissi & Cavassan 2013), pertence à família Vochysiaceae e possui grande distribuição pelo Cerrado. É característica de cerrado *sensu stricto*, ocorrendo nos estados da Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Tocantins e São Paulo (Barônio 2012). É utilizada na medicina popular para o tratamento de úlceras, gastrites, amebíase, diarreia com sangue, cólicas intestinais e inflamações (Santos *et al.* 2011). Em relação a sua fenologia, segundo Silvério e Lenza (2010), em cerrado *sensu stricto*, a espécie apresenta floração retardada (floração durante a estação chuvosa) e sua polinização é entomófila (Rissi & Cavassan 2013), a dispersão de sementes ocorre tanto no período seco quanto chuvoso e a síndrome de dispersão é anemocórica, pois as sementes são oblongas com ala lateral (Rissi & Cavassan 2013). Se tratando do grupo fenológico vegetativo, *Q. multiflora* se comporta como decídua, pois os indivíduos perdem as folhas completamente na estação seca.

Acompanhamento fenológico

O acompanhamento fenológico foi realizado em 15 indivíduos de *Q. multiflora*. Os critérios para a escolha de árvores foram a aparente ausência de doenças e infestações por parasitas, diâmetro na altura do peito acima de 10 cm e copa totalmente visível (Nogueira *et al.* 2013). Tais observações ocorreram mensalmente durante dois anos, tendo início em julho de 2016 e término em junho de 2018. A presença/ausência e intensidade das fenofases reprodutivas (botão, antese, fruto imaturo e maduro) e vegetativas (broto foliar, folha jovem, folha adulta e senescência) foram registradas. Foram considerados: (1) botões florais: desde o início da formação da estrutura floral até a abertura dos botões florais; (2) antese: representada pela abertura das flores até a queda das peças florais; (3) frutos verdes/imaturo: desde a formação do fruto

até o amadurecimento, visualizada pela presença de frutos de coloração verde; (4) frutos maduros: frutos totalmente desenvolvidos com coloração diferenciada e deiscentes; e fenologia vegetativa: (6) brotamento foliar: marcado pelo aparecimento de brotos, estrutura de coloração clara e sem formato definido; (7) folhas jovens: folhas com coloração diferenciada (avermelhada ou verde-clara), com formato pré-definido e expansão foliar não completa; (8) folhas adultas: folhas com todo potencial fotossintético, coloração escura, formato totalmente definido e folhas completamente expandidas; (9) senescência foliar: presença de folhas amarelas na copa, perda das folhas sob o vento e presença de folhas caídas sob a copa das árvores (Adaptado de Ferrera *et al.* 2017).

Utilizamos o índice de intensidade de Fournier para estimar a intensidade de cada evento fenológico (Fournier 1974). Este índice permite o cálculo mensal por meio da soma dos valores individuais das categorias de intensidade de todos os indivíduos em cada fenofase. Assim, permite avaliar individualmente cada fenofase, utilizando escala constituída por cinco categorias 0 = ausência do evento fenológico; 1 = presença do evento fenológico equivalente ao intervalo entre 1 % e 25 %; 2 = presença do evento fenológico c equivalente ao intervalo entre 26 % e 50 %; 3 = presença do evento fenológico equivalente entre 51 % e 75 %; e 4 = presença do evento fenológico equivalente ao intervalo entre 76 % e 100 %. Assim, calculamos o índice de intensidade de cada fenofase em cada mês, de acordo com a seguinte equação (Fournier 1974):

$$[(\Sigma i)/(4N)^{-1}]100$$

onde “ Σi ” representa a soma dos índices de intensidade de cada indivíduo e “N” o número de indivíduos.

Para avaliar a sincronia calculamos a porcentagem de indivíduos apresentando cada fenofase. As seguintes categorias dos eventos fenológicos foram consideradas: (i) *assincrônico* < 20 % dos indivíduos da população apresentando a fenofase; (ii) *pouco sincrônico* 20 -60 % dos indivíduos; e (iii) *muito sincrônico* > 60 % de indivíduos apresentando a fenofase (Bencke & Morellato 2002).

Estatísticas

Utilizamos a correlação de Spearman (Zar 1999) para verificar a existência ou não de correlação entre as intensidades e sincronias das fenofases estudadas e variáveis climáticas mensais (temperatura máxima, média e mínima e precipitação) dos últimos 30 anos da área de estudo. Os dados climáticos mensais foram adquiridos pelo Climatempo (2018) e as correlações foram calculadas por meio do *software* BioEstat 5.0 (Ayres *et al.* 2007).

Para testar sazonalidade de cada fenofase, foi aplicada a análise estatística circular usando o teste de Rayleigh. Este mesmo método foi usado para calcular o comprimento do vetor médio r , que é uma medida da concentração da fenofase em torno do ângulo médio variando de 0 a 1, em que 0 indica uniformidade total das observações e 1 indica a concentração total das observações ao redor do ângulo médio. O teste de Rayleigh indica se os eventos fenológicos são distribuídos homogeneamente ou uniformemente durante o período do estudo ou concentrado em poucos meses (pico); se os dados são continuamente distribuídos, não há sazonalidade (Morellato *et al.* 2010). A sazonalidade foi considerada significativa quando $p \leq 0,01$. A estatística circular foi calculada pelo *Software* Oriana 4.1 (Kovach Computing Services, Ilha de Anglesey, Reino Unido).

E para testar se houve diferença nas intensidades de cada evento entre os anos de avaliação, utilizou-se o teste de Tukey. Os anos foram considerados como os tratamentos, cada fenofase correspondeu às variáveis e os meses, as repetições. As diferenças foram consideradas significativas quando $p < 0,05$. Tal análise foi realizada através do *Software* Sisvar (Ferreira 2011).

RESULTADOS

Fenologia reprodutiva

A população de *Q. multiflora* apresentou botões florais em meses com baixas pluviosidades, enquanto a maior quantidade foi registrada durante a estação chuvosa para ambos os anos de observação (Figura 2a). Este evento foi *muito sincrônico* ($> 60\%$) na maioria dos meses de ocorrência (Figura 2b). Tanto a intensidade quanto a sincronia apresentaram correlação com todos os fatores climáticos avaliados (Tabela 1). Havendo

correlação altamente positiva entre a precipitação e a produção de botões ($\rho = 0,76$ sincronia e $\rho = 0,80$ intensidade, $p < 0,05$), já com as variações de temperatura a correlação foi fortemente negativa, máxima ($\rho = -0,55$ sincronia e $\rho = -0,65$ intensidade, $p < 0,05$), mínima ($\rho = -0,80$ sincronia e $\rho = -0,77$ intensidade, $p < 0,05$) e média ($\rho = -0,88$ sincronia e $\rho = -0,89$ intensidade, $p < 0,05$). O comprimento do vetor r foi próximo a 1 indicando elevada sazonalidade para o evento de botões florais em ambos os anos de observação, sendo significativo pelo teste de Rayleigh (Tabela 2).

A formação de flores (antese) ocorreu entre setembro e fevereiro para ambos os anos de estudo (Figura 2a), com pico em dezembro para o primeiro ano e janeiro para o segundo. O evento foi *muito sincrônico* ($> 60\%$) na maioria dos meses de ocorrência, principalmente nos meses que apresentaram as maiores pluviosidades (Figura 2b). A fenofase não se correlacionou significativamente com a temperatura máxima, mas houve correlação com outros fatores climáticos avaliados (Tabela 1). A correlação encontrada entre antese e precipitação não foi tão expressiva ($\rho = 0,49$ tanto para a sincronia quanto para a intensidade) quanto a encontrada para o evento e a temperatura mínima ($\rho = -0,89$ sincronia, $\rho = -0,88$ intensidade, $p < 0,05$) e média ($\rho = -0,81$ sincronia, $\rho = -0,86$ intensidade, $p < 0,05$). A fenofase de antese mostrou elevada sazonalidade para os dois anos de acompanhamento, sendo significativo pelo teste de Rayleigh (Tabela 2).

A análise da frutificação evidenciou que a espécie apresentou frutos imaturos durante todos os meses de observação, sendo o evento mais duradouro entre os demais avaliados. As maiores intensidades de frutificação ocorreram no início da redução da pluviosidade (Figura 2a). O evento foi *muito sincrônico* ($> 60\%$) na maioria dos meses em que ocorreu (Figura 2b). A correlação encontrada tanto para intensidade quanto para a sincronia foi inversa à registrada para os eventos de botão floral e antese. A correlação entre precipitação e frutos imaturos foi fortemente negativa ($\rho = -0,79$ sincronia e $\rho = -0,64$ intensidade), enquanto com a temperatura máxima e média foram positivas ($\rho = 0,52$ tanto para sincronia quanto intensidade, $\rho = 0,49$ e $\rho = 0,51$, respectivamente); com a temperatura mínima a correlação não foi significativa (Tabela 1). O evento de frutos imaturos foi sazonal para

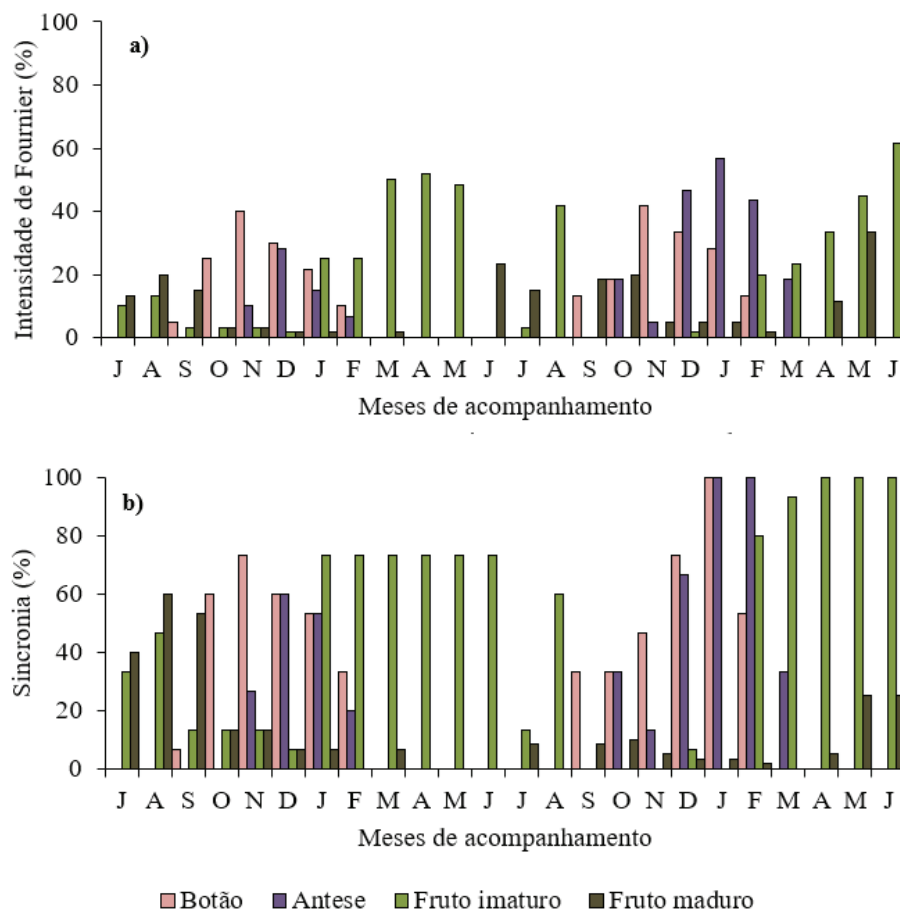


Figura 2 - Fenologia reprodutiva *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) em fisionomia de cerradão, município de Rio Verde, Goiás, entre julho de 2016 e junho de 2018. a) - Intensidade de Fournier, b) - Sincronia dos eventos reprodutivos. Coluna rosa – botão floral, coluna roxa – antese, coluna verde – fruto imaturo e coluna preta – fruto maduro.

Figure 2 - Reproductive phenology of *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) in cerrado physiognomy, municipality of Rio Verde, Goiás, between July 2016 and June 2018. a)-Fournier intensity, b)-Synchrony of reproductive events. Column rose - floral bud, column purple - anthesis, column green -immature fruit and column black -fruit ripe.

ambos os anos de estudo, sendo significativo pelo teste de Rayleigh (Tabela 2).

A maturação dos frutos foi registrada na maior parte dos meses de observação, entretanto, os maiores índices de intensidades ocorreram principalmente nos meses com as menores pluviosidades, entre julho e outubro para o primeiro ano de registro e de abril a junho para o segundo (Figura 2a). O evento foi *muito sincrônico* (> 60 %) apenas em agosto do primeiro ano de observação (Figura 2b). Não houve correlação significativa entre as variáveis climáticas estudadas e a fenofase de frutos maduros (Tabela 1). A fenofase frutos maduros se mostrou sazonal apenas para o primeiro ano de observação (Tabela 2).

De modo geral, as intensidades dos eventos reprodutivos de *Q. multiflora* entre os dois anos de avaliação, embora tenha apresentação variação, não foram suficientes a ponto de serem significativas pelo teste de Tukey.

Fenologia vegetativa

A produção de brotos foliares e folhas jovens foi registrada para a maioria dos meses de observação (Figura 3a). A intensidade e sincronia apresentaram correlação com todas as variáveis climáticas da área de estudo, com exceção da temperatura máxima (Tabela 1). Os eventos foram registrados durante meses secos e chuvosos, meses em que os eventos foram *muito sincrônicos* (Figura 3b). Ambos os

Tabela 1- Correlação dos fatores climáticos com os eventos fenológicos de 15 indivíduos de *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) em fragmento de Cerradão, em Rio Verde, GO. *valor significativo a 5% de probabilidade.

Table 1- Correlation of climatic factors with the phenological events of 15 individuals of *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) in a fragment of Cerradão, in Rio Verde, GO. * significant value 5% of probability

Fenofases/sincronia	Precipitação	T. máxima	T. mínima	T. média
Botão	0,76*	-0,55*	-0,80*	-0,89*
Antese	0,49*	-0,36	-0,89*	-0,81*
Fruto imaturo	-0,79*	0,52*	0,30	0,52*
Fruto maduro	0,26	-0,23	0,22	0,08
Broto	0,41*	-0,14	-0,40*	-0,44*
Folha jovem	0,48*	-0,24	-0,47*	-0,52*
Folha adulta	-0,05	-0,14	-0,09	-0,08
Senescência	-0,42*	0,30	-0,02	0,14
Fenofases/Fournier	Precipitação	T. máxima	T. mínima	T. média
Botão	0,80*	-0,60*	-0,77*	-0,88*
Antese	0,49*	-0,36	-0,88*	-0,86*
Fruto imaturo	-0,64*	0,49*	0,31	0,51*
Fruto maduro	0,04	-0,23	0,39	0,15
Broto	0,41*	-0,14	-0,36*	-0,38*
Folha jovem	0,54*	-0,30	-0,49*	-0,56*
Folha adulta	-0,36	0,24	-0,25	0,07
Senescência	-0,42*	0,23	0,04	0,19

Tabela 2 - Estatística circular dos eventos reprodutivos (de julho de 2016 a junho de 2018) de 15 indivíduos de *Qualea multiflora* em fisionomia cerradão, no município de Rio Verde, Goiás, Brasil. Os números 1 e 2 equivalem aos anos de estudo.

Table 2 - Circular statistics of the reproductive events (July 2016 to June 2018) of 15 individuals of *Qualea multiflora* in cerradão physiognomy, in Rio Verde, Goiás, Brazil. The numbers 1 and 2 are equivalent to the years of study.

Fenofases	Ângulo médio do vetor (°)	Desvio padrão circular (°)	Comprimento médio do vetor	Teste Rayleigh (p)
Botão 1	341,1	40,1	0,78	< 0,01
Botão 2	343,7	43,6	0,74	< 0,01
Antese 1	5,7	28,4	0,88	< 0,01
Antese 2	24,6	41,8	0,76	< 0,01
Fruto imaturo 1	106,9	58,8	0,59	< 0,01
Fruto imaturo 2	155,3	56,4	0,61	< 0,01
Fruto maduro 1	224,4	52,4	0,65	< 0,01
Fruto maduro 2	188,5	70,8	0,46	< 0,01

eventos apresentaram correlação positiva com a precipitação e negativa com a temperatura média (Tabela 1). O evento de brotos foliares foi sazonal somente para o primeiro ano de acompanhamento, enquanto o evento de folhas jovens apresentou baixa sazonalidade (Tabela 3).

A folhagem adulta esteve presente na maioria

dos meses de observação e sempre em elevadas quantidades (Figura 3a). Os maiores índices de intensidade foram registrados no meio da estação chuvosa. O evento foi *muito sincrônico* (> 60 %) na maioria dos meses de ocorrência (Figura 3b). O evento não se correlacionou com nenhuma das variáveis climáticas estudadas (Tabela 1). A fenofase

Tabela 3 - Estatística circular dos eventos vegetativos (de julho de 2016 a junho de 2018) de 15 indivíduos de *Qualea multiflora* em fisionomia cerradão, no município de Rio Verde, Goiás, Brasil. Os números 1 e 2 equivalem aos anos de estudo.

Table 3 - Circular statistics of the vegetative events (of July 2016 to June 2018) of 15 individuals of *Qualea multiflora* in cerradão physiognomy, in Rio Verde, Goiás, Brazil. The numbers 1 and 2 are equivalent to the years of study.

Fenofases	Ângulo médio do vetor (°)	Desvio padrão circular (°)	Comprimento médio do vetor	Teste Rayleigh (p)
Broto 1	292,1	54,2	0,64	<0,01
Broto 2	1,9	73,8	0,43	<0,01
Folha jovem 1	301,2	67,1	0,50	<0,01
Folha jovem 2	2,0	71,2	0,46	<0,01
Folha adulta 1	277,5	82,6	0,35	<0,01
Folha adulta 2	26,2	28,4	0,58	<0,01
Senescência 1	14,8	129,4	0,07	<0,01
Senescência 2	107,4	55,1	0,43	<0,01

de folhas adultas apresentou baixa sazonalidade para ambos anos de estudo (Tabela 2).

A senescência foliar também esteve presente na maioria dos meses de estudo, contudo, em baixas intensidades. O menor índice de intensidade ocorreu em setembro. O evento foi considerado *muito sincrônico* (> 60 %) na maioria dos meses, uma vez que todos os indivíduos marcados para a avaliação manifestavam a fenofase (Figura 3b). Houve correlação negativa significativa com a precipitação (Tabela 1). Este evento também apresentou baixa sazonalidade para os dois anos de acompanhamento (Tabela 2).

As diferenças nas intensidades das fenofases vegetativas de *Q. multiflora* entre os anos de avaliação também não foram significativas pelo teste utilizado.

DISCUSSÃO

Discussão geral da fenologia e sazonalidade

De modo geral, a produção de botões florais e flores (antese) ocorreu principalmente na transição do período seco para o chuvoso e durante as chuvas, respectivamente, enquanto os frutos imaturos estiveram presentes em maior quantidade na transição da estação chuvosa para a seca, com maturação no período de seca, como já havia descrito Silvério e Lenza (2010) para *Q. multiflora* e semelhante ao encontrado por Ferreira *et al.* (2017) para *Q. parviflora*, em cerrado *sensu stricto*. Já os eventos vegetativos foram registrados na maioria dos meses de observação, diferente do registrado

por Pilon *et al.* (2015).

Em termos de correlação com os dados climáticos, claramente, os resultados apontam que os eventos reprodutivos são mais afetados. As correlações encontradas entre as variáveis climáticas e as fenofases reprodutivas foram muito fortes quando comparadas com as vegetativas. Isso ocorreu porque os eventos vegetativos foram registrados em maior número de meses do que os reprodutivos, indicando que as condições climáticas do local favorecem o desenvolvimento vegetativo da espécie, mesmo que em baixas quantidades, ao longo de praticamente o ano todo. Isso é reflexo da elevada sazonalidade dos eventos reprodutivos e da baixa sazonalidade dos eventos vegetativos como mostra a análise estatística circular. Resultados semelhantes aos deste estudo foram registrados para *Baccharis platypoda* DC. por Fonseca *et al.* (2017) em cerrado rupestre.

Para Mohandass *et al.* (2018) a reprodução das plantas tropicais é dependente tanto de fatores abióticos quanto bióticos. O florescimento e a frutificação das plantas podem sincronizar com os eventos climáticos para otimizar a prole (Borchert *et al.* 2004). Isso demonstra que a fenologia reprodutiva está altamente correlacionada com as condições climáticas em ambientes sazonais e secos (Stevenson *et al.* 2008). Por outro lado, atividades sazonais de polinizadores, predadores ou dispersores de sementes também podem estar associadas aos mecanismos de reprodução das plantas (Wright *et al.* 1994). O evento de floração pode coincidir com o pico temporal de

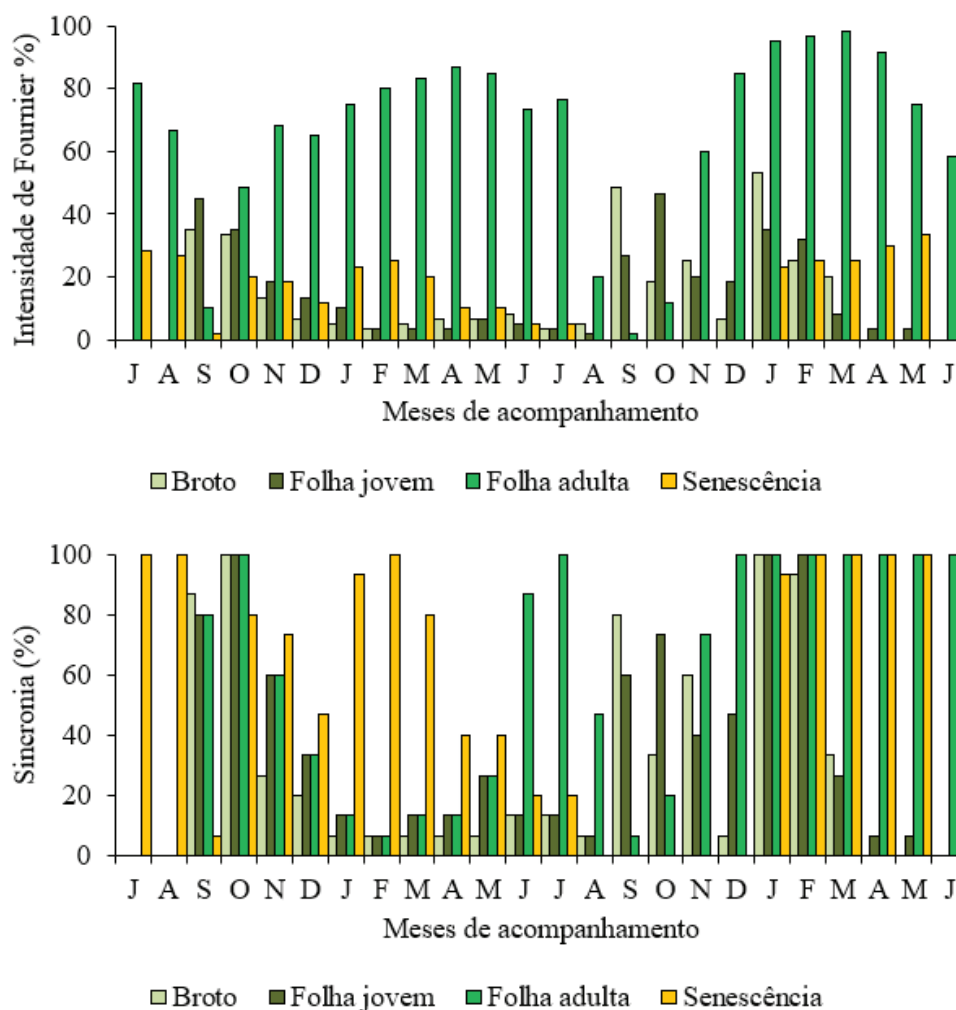


Figura 3 - Fenologia vegetativa de *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) em fisionomia de cerrado, município de Rio Verde, Goiás, entre julho de 2016 e junho de 2018. a) - Intensidade de Fournier e b) - Sincronia dos eventos vegetativos. Coluna verde claro – broto foliar, coluna marrom – folha jovem, coluna verde escuro – folha adulta e coluna amarela – senescência.

Figure 3 – Vegetative phenology of *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae) in cerrado physiognomy, Rio Verde municipality, Goiás, between July 2016 and June 2018. a) - Intensity of Fournier and b) - Synchrony of vegetative events. Column Light green - bud, column brown - young leaf, column dark green - adult leaf and column yellow - senescence.

polinizadores, enquanto o pico de frutificação pode coincidir com o período em que os dispersores são mais abundantes (Poulin *et al.* 1999). E essa dependência de condições específicas faz com que a sazonalidade na reprodução de algumas espécies seja mais pronunciada quando comparada com os eventos vegetativos.

Fenologia reprodutiva

Os botões florais e flores sendo formados na transição do período seco para o chuvoso e durante as chuvas está de acordo com o encontrado por

Silvério e Lenza (2010) em cerrado *sensu stricto* do Mato Grosso; e também com Lacerda *et al.* (2018), uma vez que espécies decíduas do Cerrado apresentam esse comportamento nessa época do ano. Os resultados encontrados nesse estudo também corroboram Silvério e Lenza (2010), em termos de correlação positiva com a precipitação. Esse comportamento pode estar associado ao fato de as flores de *Q. multiflora* serem polinizadas por insetos, sendo as abelhas grandes os principais polinizadores dessa espécie (Rissi & Cavassan 2013); segundo Quirino e Machado (2014), a

maioria das espécies melitófilas (polinizadas por abelhas) apresentam floração na estação chuvosa ou transição. Além disso, a estação chuvosa é a melhor época para florescer devido a maior umidade relativa do ar que melhora a transferência e a fertilização do pólen (Omondi *et al.* 2016). Ferreira *et al.* (2017) ao acompanhar a fenologia de *Q. parviflora* obteve resultados inversos aos de *Q. multiflora* em termos de correlação entre a floração e precipitação, embora tenha registrado a floração coincidindo com o início das chuvas. Se tratando de correlação com a temperatura, os resultados encontrados por este estudo estão parcialmente de acordo com os obtidos por Silvério e Lenza (2010), já que os mesmos autores registraram correlação negativa apenas com a temperatura máxima.

As maiores quantidades de frutos de *Q. multiflora* ocorreram na transição do período chuvoso para o seco neste estudo. Esse mesmo resultado foi encontrado por Lacerda *et al.* (2018) em uma savana no nordeste do Brasil, para *Schefflera burchellii* (Seem.) Frodin & Fiaschi (Araliaceae). Esses mesmos autores afirmam que esse comportamento pode ser reflexo da exigência de fornecimento de água para o desenvolvimento de frutos e dispersão facilitada pelas condições da estação seca seguinte, quando há menos cobertura de folhas, facilitando dispersão de sementes. Além disso, os frutos imaturos de *Q. multiflora* foram os órgãos mais duradouros entre os reprodutivos, resultados semelhantes ao encontrado para *Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart., *Kyelmeiera regalis* Saddi e *Q. parviflora*, ambas espécies anemocóricas (Guilherme *et al.* 2011, Ranieri *et al.* 2012, Ferreira *et al.* 2017).

Espécies anemocóricas, como *Q. multiflora*, dependem diretamente da força e frequência dos ventos para liberar sementes (Conceição *et al.* 2007) e, portanto, dependem da época mais seca e da maior ocorrência de ventos. Estas condições ocorrem na área de estudo entre junho e agosto. A frutificação de espécies anemocóricas tende a ter correlação negativa com a precipitação e positiva com a temperatura média (Nunes *et al.* 2012), como registrado neste estudo, permitindo que as sementes dispersas venham a perder umidade e se tornem mais leves para serem espalhadas pelos ventos (Batalha *et al.* 1997). Época que também permite a diminuição do teor de água do fruto e semente (Felsemburgh *et al.* 2016). Griz e Machado

(2001) afirmam que a maturação dos frutos e as condições adequadas para dispersão estão intimamente sincronizadas nas espécies de florestas tropicais, devido às diferenças pronunciadas das condições bióticas e abióticas entre as estações seca e chuvosa. Além disso, a maturação dos frutos na época menos úmida também pode estar relacionada às condições menos propícias aos predadores de frutos e parasitas (Rathcke & Lacey 1985), pois durante a estação chuvosa, as sementes de muitas espécies do Cerrado são atacadas por larvas de insetos (Oliveira & Silva 1993, Soares *et al.* 2013) que empupam dentro dos frutos, emergindo os insetos adultos quando os frutos se abrem durante os eventos de dispersão de sementes (Oliveira & Silva 1993).

Fenologia vegetativa

Quando se compara as épocas de maior concentração de brotação e enfolhamento de *Q. multiflora* com a literatura, verifica-se que estes resultados estão de acordo com o encontrado. Já que a formação de novos órgãos vegetativos ocorreu em maior quantidade nos meses mais quentes (transição do período seco para o chuvoso) (Hatfield & Prueger 2015). O aumento da temperatura na região estudada parece indicar a aproximação do período chuvoso, estimulando o brotamento para recomposição da copa (Silvério & Lenza 2010). Os resultados encontrados por Dalmolin *et al.* (2015) para *Vochysia divergens* Pohl. e *Curatella americana* L, espécies estas que também ocorrem na área deste estudo, corroboram essa ideia. Estes resultados sugerem ainda que a estação seca é um gatilho chave para abscisão foliar e emergências de folhas e ramos em várias espécies arbóreas do Cerrado brasileiro (Dalmolin *et al.* 2015). No entanto, apenas a época de maior concentração está de acordo com outras espécies, pois *Q. multiflora* apresentou enfolhamento (brotação e folhas jovens) quase que continuamente, até mesmo em meses frios.

Silvério e Lenza (2010) caracterizaram a fenologia vegetativa de *Q. multiflora* como decídua em cerrado *sensu stricto*, espécies dessa categoria permanecem completamente sem folhas por período geralmente superior a um mês (Camargo *et al.* 2018), assim como observado por Pilon *et al.* (2015) para essa espécie em condições de cultivo em área de Cerrado. Entretanto, devido a constante produção de folhas apresentada por *Q. multiflora*

nesse estudo, em nenhum momento a população estudada apresentou desfolhamento total. Segundo Silvério e Lenza (2010), algumas espécies podem apresentar variação na fenologia dependendo do ambiente e região em que se localizam, pois o tipo de solo e as variações climáticas de cada região são fatores que influenciam não só no período, mas também a intensidade dos eventos fenológicos das espécies vegetais, de modo que possam ser encontrados resultados distintos. Além disso, essa variação fenológica pode fazer com que os eventos se correlacionem de diferentes formas com variáveis climáticas (Silva 2016). Exemplos dessa natureza foram encontrados para outras espécies da savana brasileira, como *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), *Davilla elliptica* A. St.-Hil. (Dilleniaceae) por Silvério e Lenza (2010) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae) por Fagundes *et al.* (2016).

A alteração de comportamento foliar pode estar relacionada com o fato de a manutenção da folhagem ser de extrema importância para as plantas, pois são esses os órgãos responsáveis pela maximização da captação de luz (Wright & van Schaik 1994). E em ambiente onde a luz é reduzida, como na área de estudo, por se tratar de uma fisionomia florestal, as árvores são altas, e dessa forma, a competição por esse recurso é extremamente alta. Embora uma resposta geral possa ser encontrada para espécies decíduas, padrões alternativos podem emergir e refletir diferentes estratégias de absorção de água, armazenamento e alocação de recursos no grupo de espécies decíduas (Wolfe & Kursar 2015).

O amarelecimento das folhas é um dos sinais de senescência devido a degradação das clorofilas nos cloroplastos (Ougham *et al.* 2005). E geralmente tende a ocorrer na estação seca, já que durante o período de estiagem, a perda das folhas é um mecanismo da planta para diminuir sua área de transpiração durante o período de estresse, e o processo decíduo nas florestas tropicais está relacionado ao período menos chuvoso, para manutenção da planta durante um possível déficit hídrico (Freitas *et al.* 2013). Neste estudo, embora as maiores quantidades ocorreram principalmente nos meses mais secos e quentes do ano a senescência de *Q. multiflora* foi registrada ao longo de todos os meses.

Este estudo evidencia que mesmo que *Q. multiflora* apresente comportamento fenológico

semelhante ao já encontrado na literatura para espécies arbóreas do cerrado, há algumas particularidades, principalmente no corpo vegetativo. E já que os eventos vegetativos não são tão influenciados pelas variações climáticas como os reprodutivos, a sazonalidade é menos pronunciada do que as fenofases reprodutivas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde e ao Laboratório de Sistemática e Ecologia vegetal.

REFERÊNCIAS

- Ayres, M., Ayres Júnior, M., Ayres, D.L. e Santos, A.A. 2007. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Ong Mamiraua. Belém, PA. Bioestat 5.0: p. 364.
- Barônio, G.J. 2012. Pilosidade foliar reduz herbivoria em folhas jovens e maduras de *Qualea multiflora* Mart. em cerrado *stricto sensu*. Neotropical Biology and Conservation. 7(2):122–128. DOI: 10.4013/nbc.2012.72.06
- Batalha, M. A., Aragaki, S., & Mantovani, W. 1997. Variações fenológicas das espécies do cerrado em Emas (Pirassununga, SP). Acta Botânica Brasileira, 11(1), 61–78. DOI:10.1590/S0102-33061997000100007.
- Bencke, C. S. C., & Morellato, L. P. C. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. Revista Brasileira de Botânica, 25(3), 269–275. DOI: 10.1590/S0100-84042002000300003.
- Borchert, R. S., Meyer, S. A., Felger, R. S., & Porter-Bolland, L. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. Global Ecology and Biogeography, 13(5), 409–425. DOI: 10.1111/j.1466-822X.2004.00111.x
- Burrows, M. T., Schoeman, D. S., Buckley, L. B., Moore, P., Poloczanska, E. S., Brander, K. M., & Brown, C. 2011. The pace of shifting climate in marine and terrestrial ecosystems. Science, 334(6056), 652–655. DOI: 10.1126 / science.1210288.
- Camacho, M., & Orozco, L. 1998. Patrones fenológicos de doce especies arbóreas del bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 46(3), 533–542.

- Camargo, M.G.G., Carvalho, G.H., Alberto, B.B., Reys, P., & Morellato, L.P.C. 2018. Leafing patterns and leaf exchange strategies of a cerrado woody Community. *Biotropica*, 50(3), 442–454. DOI:10.1111/btp.12552.
- Carvalho, M.A.F.; Bittar, P.A.; Souza, P.B., & Ferreira, R.Q.S. 2016. Florística, fitossociologia e estrutura diamétrica de um remanescente florestal no município de Gurupi, Tocantins. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 11(4), 59–66.
- Cleland, E. E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H. A., & Schwartz, M. D. 2007. Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology and Evolution*, 22 (7), 357–365. DOI: 10.1016/j.tree.2007.04.003
- Climatempo. 2018. Disponível em: <http://www.climatempo.com.br/climatologia/4861/rioverde>. Acesso em: Março de 2018
- Conceição, A.A., Funch, L.S., & Pirani, J.R. 2007. Reproductive phenology, pollination and seed dispersal syndromes on sandstone outcrop vegetation in the “Chapada Diamantina”, northeastern Brazil: population and community analyses. *Revista Brasileira de Botânica*, 30 (3), 475–485. DOI:10.1590/S010084042007000300012
- Coutinho, L.M. 2006. O conceito de bioma. *Acta Botânica Brasílica*, 20(1), 13–23. DOI: 10.1590/S0102-33062006000100002
- Dalmolin, A.C., Lobo, F.A., Vourlitis, G., Silva, P.R., Dalmagro, H.J., Antunes, J.R., & Ortiz, C.E.R. 2015. Is the dry season an important driver of phenology and growth for two Brazilian savanna tree species with contrasting leaf habits? *Plant Ecology*, 216(3), 407–417. DOI: 10.1007/s11258-014-0445-5
- Ellwood, E.R.; Pearson, K.D., & Nelson, G. 2019. Emerging frontiers in phenological research. *Applications in Plant Sciences*, 7(3), 1–2. DOI: 10.1002/aps3.1234
- Fagundes, M., Xavier, R.C., Ramos, L.F.L., Siqueira, W.K., Reis-Junior, R., & Souza, M.L. 2016. Does inter-plant variation in sprouting time affect the growth/reproduction trade-off and herbivory in a tropical tree species? *Acta Botânica Brasílica*, 30(4), 602–608. DOI: 10.1590./0102-33062016abb0236
- Felsemburgh, C.A., Peleja, V.L., & Carmo, J.B. 2016. Fenologia de *Aniba parviflora* (Meins.) Mez. em uma região do estado do Pará, Brasil. *Biota Amazônia*, 6(3), 31–39. DOI: 10.18561/21795746/biotaamazonia.v6n3p31-39
- Ferreira, D.F. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6): 1039–1042. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- Ferreira, K.R., Fina, B.G., Rêgo, N. H., Rui, R.F., & Kusano, D.M. 2017. Fenologia de *Qualea parviflora* Mart. (Vochysiaceae) em um remanescente de cerrado *sensu stricto*. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 15–22.
- Ferrera, T. S., Pelissaro, T.M., Eisinger, S. M., Righi, E.Z., & Buriol, G. A. 2017. Fenologia de espécies nativas arbóreas na região central do Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 27(3), 753–766.
- Fonseca, D.C., Oliveira, M.L.R., Pereira, I. M., Cabral, C.M., Moura, C.C., & Machado, E.L.M. 2017. Phenological strategies of dioecious species in response to the environmental variations of rupestrian grasslands. *Cerne*, 23(4), 517–527. DOI: 10.1590/01047760201723042388
- Fournier, L.A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24(1), 422–423.
- Franco, A. C., Bustamante, M., Caldas, L. S., Goldstein, G., Meinzer, F. C., Kozovits, A. R., Rundel, P., & Coradin, V. T. R. 2005. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees*, 19(3), 326–335. DOI: 10.1007/s00468-004-0394-z
- Freitas, J. L., Santos, A. C., Silva, R. B. L., Rabelo, F. G., Santos, E. S., & Silva, T. L. 2013. Fenologia reprodutiva da espécie *Carapa guianensis* Aulb. (Andirobeira) em ecossistemas de terra firme e várzea, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, 3(1), 31–38. DOI: 10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n1p31-38
- Guilherme, F.A., Salgado, A.A., Costa, E.A., & Zortéa, M. 2011. Fenologia de *Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart. (Bignoniaceae) na região urbana de Jataí, Goiás. *Bioscience Journal*, 27(1), 138–147.
- Griz, L. M. S., & Machado, I. C. S. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 17(2), 303–321. DOI: 10.1017/S0266467401001201
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. 2015. Temperature

- extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10(A), 4–10. DOI:10.1016/j.wace.2015.08.001
- Köppen, W., & Geiger, R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- Lacerda, D. M. A., Rossatto, D. R., Ribeiro - Novaes, E. K. M. D., & Almeida Junior, E. B. 2018. Reproductive phenology differs between evergreen and deciduous species in a Northeast Brazilian savana. *Acta Botânica Brasílica*, 32(3), 367–375. DOI: 10.1590/0102-33062017abb0343
- Mohandass, D., Campbell, M. J., Chen, X. S., & Li, Q. L. 2018. Flowering and fruiting phenology of woody trees in the tropical-seasonal rainforest, Southwestern China. *Current Science*, 114(11), 2313–2322. DOI: 10.18520/cs/v114/i11/2313-2322
- Morellato, L. P. C., Alberti, L. F., & Hudson, I. L. 2010. 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*. Springer, New York, p. 339–359.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858. DOI: 35002501
- Newstrom, L. E., Frankie, G. W., & Baker, H. G. 1994. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest Trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, 26 (2), 141–159. DOI: 10.2307/2388804
- Nogueira, F. C. B., Filho, A. J. S. P., Gallão, M. I., Bezerra, A. M. E., & Filho, S. M. 2013. Fenologia de *Dalbergia cearensis* Ducke (Fabaceae) em um fragmento de floresta estacional, no semiárido do Nordeste, Brasil. *Revista Árvore*, 37(4), 657–667. DOI:10.1590/S0100-67622013000400009.
- Nunes, Y. R. F., Luz, G. R., & Braga, L. L. 2012. Fenologia das populações de espécies arbóreas em florestas tropicais secas do sudeste do Brasil. Em: Zhang, X. (Ed). *Fenologia e mudança climática*. InTech. p. 125–142.
- Oliveira, P. E. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. In *Cerrado: ambiente e flora*. Em: S. M. Sano & S. P. Almeida (Eds). EMBRAPA - Cerrados, Planaltina, p.169–188.
- Oliveira, P. E., & Silva, J. C. S. 1993. Reproductive biology of two species of *Kielmeyera* (Guttiferae) in Cerrados of Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 9(1), 67–79.
- Omondi, S. F., Odee, D. W., Ongamo, G. O., Kanya, J. I., & Khasa, D. P. 2016. Synchrony in Leafing, Flowering, and Fruiting Phenology of *Senegalia senegal* within Lake Baringo Woodland, Kenya: Implication for Conservation and Tree Improvement. *International Journal of Forestry Research*, 2016 (4), 1–11 DOI:10.1155/2016/6904834
- Ougham, H. J., Morris, P., & Thomas, H. 2005. The colors of autumn leaves as symptoms of cellular recycling and defenses against environmental stresses. *Current Topics in Developmental Biology*, 66(1), 135–160. DOI:10.1016/S0070-2153(05)66004-8
- Parmesan, C. 2007. Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. *Global Change Biology*, 13(9), 1860–1872. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2007.01404.x
- Pau, S., Wolkovich, E. M., Cook, B. I., Davies, T. J., Kraft, N. J., Bolmgren, K., Betancourt, J. L., & Cleland, E. E. 2011. Predicting phenology by integrating ecology, evolution and climate science. *Global Change Biology*, 17(12), 3633–3643. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02515.x
- Pilon, N. A. L., Udulutsch, R. G., & Durigan, G. 2015. Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. *Hoehnea*, 42(3): 425–443. DOI: 10.1590/2236-8906-07/2015
- Poulin, B., Wright, S. J., Lefebvre, G., & Calderon, O. 1999. Interspecific synchrony and asynchrony in the fruiting phenologies of congeneric bird-dispersed plants in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 15(2), 213–227. DOI: 10.1017/S0266467499000760
- Prado-Júnior, J. A., Vale, V. S., Lopes S. F., & Dias Neto, O. C. 2012. Comparação florística, estrutural e ecológica da vegetação arbórea das fitofisionomias de um remanescente urbano de cerrado. *Bioscience Journal*, 28(3), 456–471.
- Quirino, Z. G. M., & Machado, I. C. 2014. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. *Brazilian Journal of Biology*, 74(1), 62–71. DOI:10.1590/1519-6984.17212
- Ranieri, B. D., Negreiros, D., Lana, T. C., Pezzini, F. E., & Fernandes, G. W. 2012. Fenologia reprodutiva,

- sazonalidade e germinação de *Kielmeyera regalis* Saddi (Clusiaceae), espécie endêmica dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, 26(3): 632–641. DOI: 10.1590/S0102-33062012000300012
- Rathcke, B., & Lacey, E. P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16(1), 179–214. DOI: 10.1146/annurev.es.16.110185.001143
- Rissi, M. M., & Cavassan, O. 2013. Uma proposta de material didático baseado nas espécies de Vochysiaceae existentes em uma trilha no cerrado de Bauru – SP. *Biota Neotropica*, 13(1), 27–41. DOI: 10.1590/S1676-06032013000100003
- Santos, F. V., Nasser, A. L., Biso, F. I., Moreira, L. M., Santos, V. J., Vilegas, W., & Varanda, E. A. 2011. Genotoxicity of polar and apolar extracts obtained from *Qualea multiflora* and *Qualea grandiflora*. *Journal of Ethnopharmacology*, 138(1), 105–100. DOI: 10.1016/j.jep.2011.08.062
- Silva, P. O. 2016. Estratégias fenológicas reprodutivas de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. (Annonaceae) em área de Cerrado. *Cerne*, 22(1), 129–136. DOI: 10.1590/01047760201622012059
- Silvério, D. V., & Lenza, E. 2010. Fenologia de espécies lenhosas em um cerrado típico no Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*, 10(3), 205–216. DOI: 10.1590/S167606032010000300024.
- Soares, M. P., Silva, P. O., Sá, J. L., Reys, P., Dourado, D. M., & Santos, T. M. 2013. Fenologia de *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae) em um fragmento de cerrado sensu stricto em Rio Verde, Goiás. *Revista do Instituto Florestal*, 25(1), 107–113.
- Stevenson, P. R., Castellanos, M. C., Cortes, A. I., & Link, A. 2008. Flowering patterns in a seasonal tropical lowland forest in western Amazonia. *Biotropica*, 40(5), 559–567. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2008.00417.x
- Varassin, I. G., & Silva, W. R. 1999. Padrões estacionais de frutificação e germinação de sementes em cerrado, Minas Gerais. *Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão*, 10 (1), 13–28.
- Wolfe, B. T., & Kursar, T. A. 2015. Diverse patterns of stored water use among saplings in seasonally dry tropical forests. *Oecologia*, 179(4), 925–936. DOI: 10.1007/s00442-015-3329-z.
- Wright, S. J., & Van, Schaik, C. P. 1994. Light and the phenology of Tropical Trees. *American Naturalist*, 143(1), 192–199.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. Prentice Hall, New Jersey.

Submitted: 3 May 2019
Accepted: 10 October 2019
Published online: 24 October 2019
Associate Editor: Nuria Pistón