



## FENOLOGIA REPRODUTIVA DE RUBIACEAE JUSS. NA MATA ATLÂNTICA PARAIBANA

*Letícia Keyla França de Andrade*<sup>1\*</sup>, *Edito Romão da Silva Neto*<sup>1</sup>, *Túlio de Sá*<sup>2</sup> & *Zelma Glebya Maciel Quirino*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Educação e Meio Ambiente, Curso de Ecologia, Laboratório de Ecologia Vegetal, CEP: 58297-000, Rio Tinto, PB, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, CEP: 50670-901, Recife, PE, Brasil.

E-mails: leticiakeylaf@gmail.com (\*autor correspondente); editoromao@gmail.com; tulio\_filgueira@hotmail.com; zelmaglebya@gmail.com

---

**Resumo:** Estudos fenológicos auxiliam na compreensão dos padrões reprodutivos e vegetativos das plantas, de modo a contribuir para o conhecimento da dinâmica no ambiente. Nós estudamos os padrões fenológicos reprodutivos de cinco espécies de Rubiaceae em uma área de Mata Atlântica, avaliamos suas síndromes de dispersão e efeitos de variáveis climáticas sobre as fenofases de floração e frutificação. Monitoramos quinzenalmente indivíduos reprodutivos de cinco espécies durante fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 (um ano). Para cada fenofase nós calculamos a intensidade de Fournier e sincronia intrapopulacional. Testes de Spearman foram utilizados para correlacionar as fenofases reprodutivas e as variáveis climáticas, precipitação, temperatura e fotoperíodo. A identificação das síndromes de dispersão foi baseada em análises morfológicas seguindo a classificação de van der Pijl. A comunidade de Rubiaceae apresentou padrão contínuo para a floração e frutificação. No entanto, ao analisar padrões fenológicos por espécie, nota-se maior concentração das fenofases e sincronia para as populações na estação chuvosa. Produção de flores e frutos apresentaram correlações positivas com a temperatura e precipitação média histórica. Zoocoria foi a síndrome de dispersão predominante entre as espécies avaliadas, indicando a importância da família Rubiaceae como recurso alimentar ao longo do ano para a comunidade de frugívoros. Acreditamos que o alto grau de sincronismo entre as fenofases pode estar relacionado a fatores como temperatura e precipitação que regulam de forma similar a ocorrência das fenofases.

**Palavras-chave:** Floração; frutificação; precipitação; temperatura; zoocoria.

**REPRODUCTIVE PHENOLOGY OF RUBIACEAE (JUSS.) SPECIES IN THE ATLANTIC FOREST, PARAÍBA STATE:** Phenological studies help determine the reproductive and vegetative patterns of plants, contributing to knowledge about dynamics in an environment. We studied the reproductive phenological patterns of five Rubiaceae species in an Atlantic Forest area, evaluating their seed dispersal syndromes and the effects of climatic variables on flowering and fruiting phenology. We monitored reproductive individuals of five species biweekly from February 2015 to February 2016 (one-year period). For each reproductive phenophase, we evaluated the Fournier index and intrapopulational synchronicity. Spearman's rank correlation was used to determine possible correlations between phenological phenophases and rainfall, temperature and photoperiod. Seed dispersal syndromes were based on morphological analysis and Van der Pijl classification. The Rubiaceae community showed a continuous pattern of flowering and fruiting. However, when analysing

phenological patterns by species, there was a higher concentration of phenophases and synchronicity of populations in the rainy season. Flowering and fruiting were positively correlated with temperature and historical average rainfall. Zoochory was the predominant seed dispersal syndrome, indicating the importance of the Rubiaceae family as a year-round resource for frugivorous communities. Temperature and rainfall regulate the reproductive phenophases similarly, resulting in a high level of synchrony between them.

**Keywords:** Flowering; fruiting; rainfall; temperature; zoochory.

## INTRODUÇÃO

Fenologia é uma linha da ecologia que estuda os eventos biológicos e suas mudanças ao longo do tempo, a fim de monitorar e entender o tempo de ocorrência das variáveis biológicas, como por exemplo, a floração, frutificação, eventos migratórios de aves (Rosenzweig *et al.* 2008). Nas plantas, o comportamento fenológico é alterado de acordo com determinadas mudanças das condições ambientais (Morellato & Leitão-Filho 1992). Variações no padrão climático são as principais causas dessas mudanças, participando assim em alterações no desenvolvimento das plantas, mudanças na distribuição geográfica e na fenologia das espécies (Parmesan & Yohe 2003, Walther *et al.* 2005, Ellwood *et al.* 2019). Dessa forma, compreender o comportamento fenológico das espécies de plantas em diferentes cenários de mudanças climáticas é essencial para conservação da biodiversidade e ecossistemas (Newstrom *et al.* 1994).

Estudos fenológicos são importantes porque reúnem informações a respeito dos recursos nutritivos para polinizadores e dispersores, além de identificar a variação temporal desses recursos das comunidades vegetais (Morellato & Leitão Filho 1992, Newstrom *et al.* 1994). O entendimento das redes ecológicas está associado a estudos no comportamento fenológico das comunidades, como por exemplo, a sincronização da floração das espécies de plantas (Aldridge *et al.* 2011) e o padrão de frutificação (Griz & Machado 2001, Batalha & Martins 2004). Uma vez alterada, essas redes ecológicas podem desestruturar toda a comunidade oriundo das mudanças fenológicas (Correa-Lima *et al.* 2020).

Rubiaceae Juss., com aproximadamente 650 gêneros e 13.200 espécies, destaca-se como uma das maiores famílias dentre as Angiospermas, ocupando o quarto lugar em diversidade (Delprete

& Jardim 2012). A família é bem representada no Brasil, ocorrendo cerca de 130 gêneros e 2000 espécies, e conhecida por possuir uma ampla distribuição e significativo potencial medicinal (Lima *et al.* 2010) e econômico, como por exemplo o café (Souza & Lorenzi 2008). Estudos sobre os ciclos reprodutivos de espécies de Rubiaceae indicam que, geralmente, as populações apresentam floração sazonal, com pico de produção de flores na estação chuvosa ou seca, e frutificação mais frequente na estação chuvosa (Almeida & Alves 2000, San Martin-Gajardo & Morellato 2003, Coelho & Barbosa 2004, Lopes & Buzato 2005, Pereira *et al.* 2006, Fonseca *et al.* 2008, Santos *et al.* 2008, Pelissaro 2012, Liuth *et al.* 2013, Ferreira & Consolaro 2013, Ribeiro *et al.* 2018). Apesar dessas espécies apresentarem padrões similares e mesmo com a quantidade de estudos no Bioma Mata Atlântica, ainda não se conhece se esses padrões encontrados nos trabalhos supracitados apresentam os mesmos padrões fenológicos nas espécies de Rubiaceae estudadas na Paraíba.

Por apresentar grande número de espécies nos sub-bosques das florestas tropicais, a família exerce influência na estrutura da vegetação (Gentry & Emmons 1987, Lopes & Buzato 2005). Além disso, possui papel importante como fonte de recursos para a fauna que se alimenta de pólen, néctar e frutos (Mesquita-Neto *et al.* 2015, Faria & Araujo 2016, Raju & Rao 2016, Mesquita-Neto *et al.* 2018), revelando a importância de estudar a fenologia das espécies de Rubiaceae nesse bioma e ressaltando que é primordial na busca da compreensão do funcionamento destes ecossistemas.

A Mata Atlântica constitui um dos mais importantes biomas do Brasil, considerado *hotspot* mundial a região apresenta uma alta diversidade biológica (Cunha & Guedes 2013). Em contrapartida, a porcentagem das suas espécies vem decrescendo em função da fragmentação de áreas naturais, direcionando a um declínio da

diversidade biológica (Mori *et al.* 1982, Tabarelli *et al.* 1999, Ribeiro *et al.* 2009, Souza *et al.* 2014, Silva *et al.* 2014, Fortunato & Quirino 2016). Sob esta perspectiva, estudos fenológicos da família Rubiaceae são importantes por contribuírem para a elaboração de estratégias visando à conservação de ecossistemas e manutenção da fauna dependente dos recursos provenientes das suas espécies vegetais.

Desta forma, o presente trabalho contribuirá para a ampliação do conhecimento sobre os padrões fenológicos (floração e frutificação) em espécies arbustivas da família Rubiaceae no Jardim Botânico Benjamim Maranhão da Mata Atlântica paraibana. Assim, estabelecemos os seguintes objetivos específicos: i) determinar os padrões de floração e de frutificação para a família ii) analisar se existe sincronia intrapopulacional; iii) correlacionar os eventos fenológicos com as variáveis climáticas – precipitação, temperatura e comprimentos do dia fotoperíodo; e iv) classificar as espécies quanto às síndromes de dispersão

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no Jardim Botânico Benjamim Maranhão (JBBM). A área possui extensão com cerca de 330 ha, inseridos na área da Mata do Buraquinho (519,75 ha), situado no município de João Pessoa, PB (07°06'S e 34°52'W). Apresenta altitude média de 45 m, pertencendo à formação do baixo planalto costeiro, Grande Grupo Barreiras (Oliveira & Melo 2009). É considerado uma das áreas com representação mais significativa de Mata Atlântica do estado da Paraíba, destacando-se por sua extensão, importância ecológica (Barbosa 1996) e agindo como refúgio para diversas espécies de fauna que compõem este bioma. Em 2014 foi transformada em Unidade de Conservação (Decreto Estadual Nº 35.195, de 23 de julho de 2014), na categoria de proteção integral, como Refúgio de Vida Silvestre (RVS). A cobertura vegetal é classificada como Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas (IBGE 2012), apresentando não somente componentes da flora de Mata Atlântica, como também espécies da flora amazônica (IBGE 2012).

De acordo com a classificação de Köppen, a região está inserida no tipo climático As' (Alvares

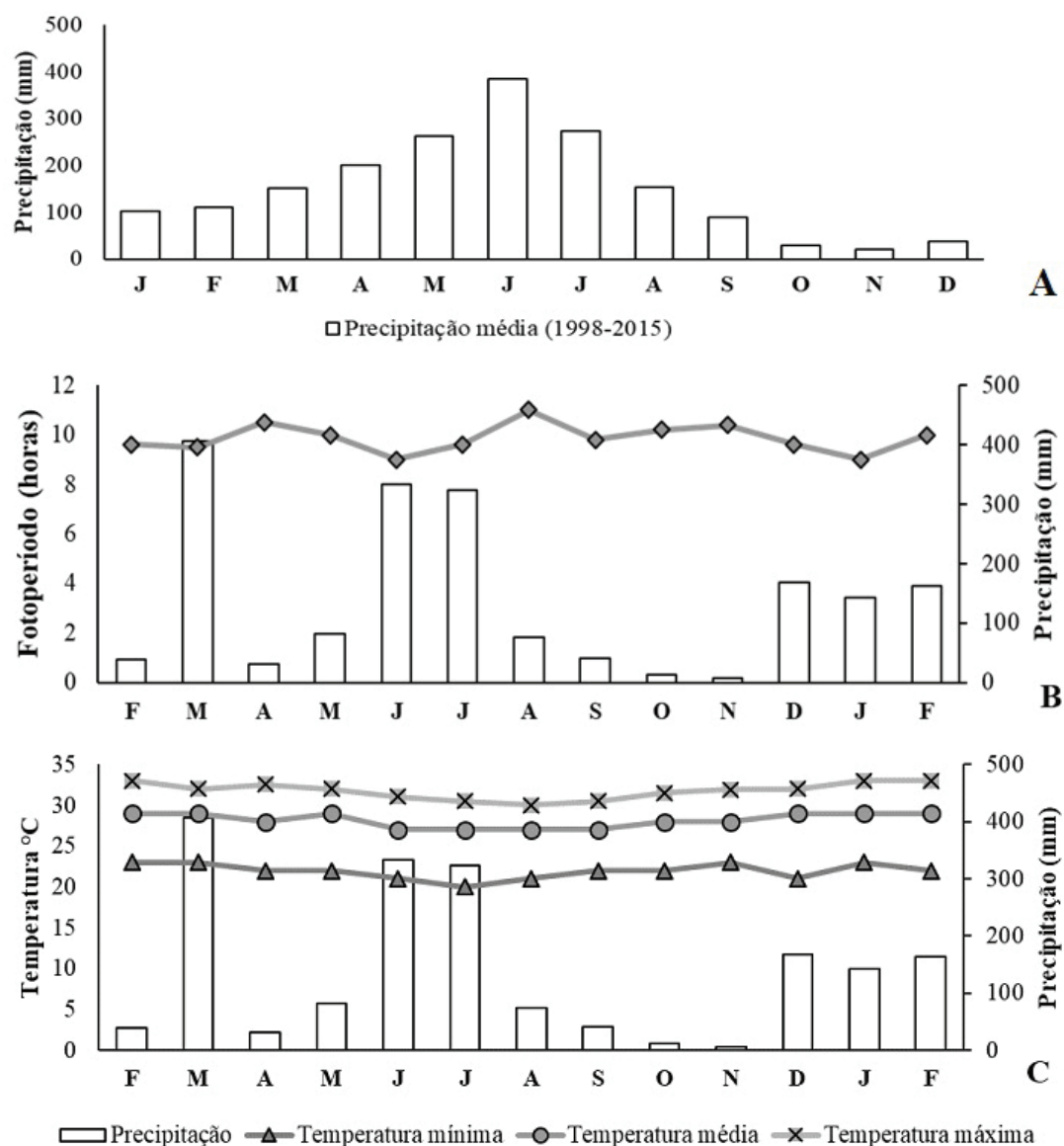
*et al.* 2013), caracterizada pelo clima quente e úmido, com estação seca no verão e chuvosa no inverno, precipitação média anual de 1700 mm, temperatura média anual de 25 °C e umidade relativa do ar anual de 80 % (Lima & Heckendorff 1985). O período chuvoso estende-se de março a agosto e a estação seca, entre os meses de setembro e fevereiro (Figura 1).

### Fenologia reprodutiva

Indivíduos de espécies da família Rubiaceae de hábito arbustivo situados na área de estudo foram marcados e acompanhados para a caracterização da fenologia reprodutiva, com realização de observações quinzenais entre os meses de fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016. O número de indivíduos por espécie variou de 8 a 30, dependendo da abundância da espécie no Jardim Botânico.

*Chiococca alba* Hitchc. (N = 10): arbusto terrestre de origem nativa presente nas 5 regiões brasileiras e nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (Zappi 2015); *Cordia sessilis* Kuntze. (N = 12): arbusto terrestre de origem nativa presente nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste e nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Zappi 2015); *Palicourea marcgravii* A.St.-Hil. (N = 8): arbusto terrestre, de origem nativa presente nas regiões brasileiras e nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Taylor 2015); *Psychotria colorata* Müll. Arg. (N = 20): arbusto terrestre, de origem nativa presente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (BFG 2015); *Psychotria hoffmannseggiana* Müll. Arg. (N = 30): Arbusto ou sub-arbusto terrestre de origem nativa, presente nas cinco regiões brasileiras e nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Taylor *et al.* 2015).

Os padrões de floração e frutificação foram determinados de acordo com a classificação proposta por Newstrom *et al.* (1994). O registro das fenofases de floração (botões e flores em antese) e frutificação (frutos imaturos e maduros) seguiu os critérios de Fournier (1974), uma análise semi-quantitativa que objetiva estimar a porcentagem das fenofases para cada indivíduo. Os valores obtidos em campo são transcritos em uma escala composta por cinco categorias (0 a 4) com



**Figura 1.** Caracterização climática do Jardim Botânico Benjamim Maranhão: precipitação média histórica da área de estudo (1998-2016); fotoperíodo e temperatura média (2015-2016). Fontes de dados: AESA e INMET.

**Figure 1.** Climatic characterization of the Botanical Garden Benjamim Maranhão: average rainfall (1998-2016), photoperiod and average temperature of the study area (2015-2016).

intervalo percentual de 25 %. Em cada mês faz-se a soma dos valores de intensidade dos indivíduos e divide-se pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O resultado é multiplicado por 100 para transformar o dado em porcentagem:

$$[(\sum \text{Fournier}) \cdot (4N)^{-1}]100$$

Para verificar a sincronia das diferentes fenofases nas populações, foi utilizado o índice de sincronia

(Z) de Augspurger (1983). Este método consiste em indicar a porcentagem de indivíduos em uma população que está manifestando determinado evento fenológico:

$$Z = X_i/N$$

onde  $X_i$  representa o número de indivíduos com presença para a fenofase e N o número de indivíduos total analisados na população.

### **Síndromes de dispersão**

Utilizou-se a classificação de Pijl (1972) para a caracterização das síndromes de dispersão, cujos dados foram agrupados quanto aos caracteres morfológicos dos frutos (tipo de fruto, tamanho, forma, cor do diásporo, deiscência). Para as análises biométricas (comprimento do fruto; largura do fruto; massa do fruto; comprimento da semente; largura da semente; massa da semente), 50 frutos de cada espécie foram coletados, armazenados e encaminhados ao Laboratório de Ecologia Vegetal da UFPB – *campus* IV para posterior análise. As medições dos frutos e sementes foi realizada com paquímetro digital, balança de precisão e auxiliada pelo programa ImageJ para obtenção das medidas quando necessário.

### **Correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas**

A normalidade da distribuição dos dados fenológicos foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk 1965). Em seguida, calculou-se a correlação de Spearman ( $r_s$ ) com a finalidade de correlacionando a precipitação, temperatura e fotoperíodo nos meses de estudo e nos meses anteriores com a produção de flores e frutos utilizando o programa BioEstat 5.2 (Ayres 2007). Dados referentes à precipitação foram obtidos na Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba (AESAs) e de temperatura e fotoperíodo no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Histogramas circulares com intervalos mensais convertidos em ângulos (12 intervalos de aproximadamente 30°) foram construídos no programa Oriana 4.0 para determinar a frequência da ocorrência das fenofases (Morellato *et al.* 2010). A partir da análise estatística circular obtiveram-se os seguintes parâmetros: ângulo médio ( $\mu$ ) e sua conversão para data média do evento (mês); o vetor  $r$ , que indica a ausência ou presença de sazonalidade para determinado evento fenológico; e o limite de confiabilidade (Teste de Rayleigh) para cada variável fenológica, registrando se existe uniformidade na distribuição dos dados.

## **RESULTADOS**

### **Fenologia reprodutiva**

As cinco espécies apresentaram dois padrões de

floração: anual (*Chiococca alba*, *Cordia sessilis* e *Psychotria colorata*) e sub-anual (*Palicourea marcgravii* e *Psychotria hoffmannseggiana*). Para a frutificação foram destacados dois padrões: anual (*Chiococca alba*, *Cordia sessilis* e *Psychotria colorata*) e contínuo (*Palicourea marcgravii* e *Psychotria hoffmannseggiana*).

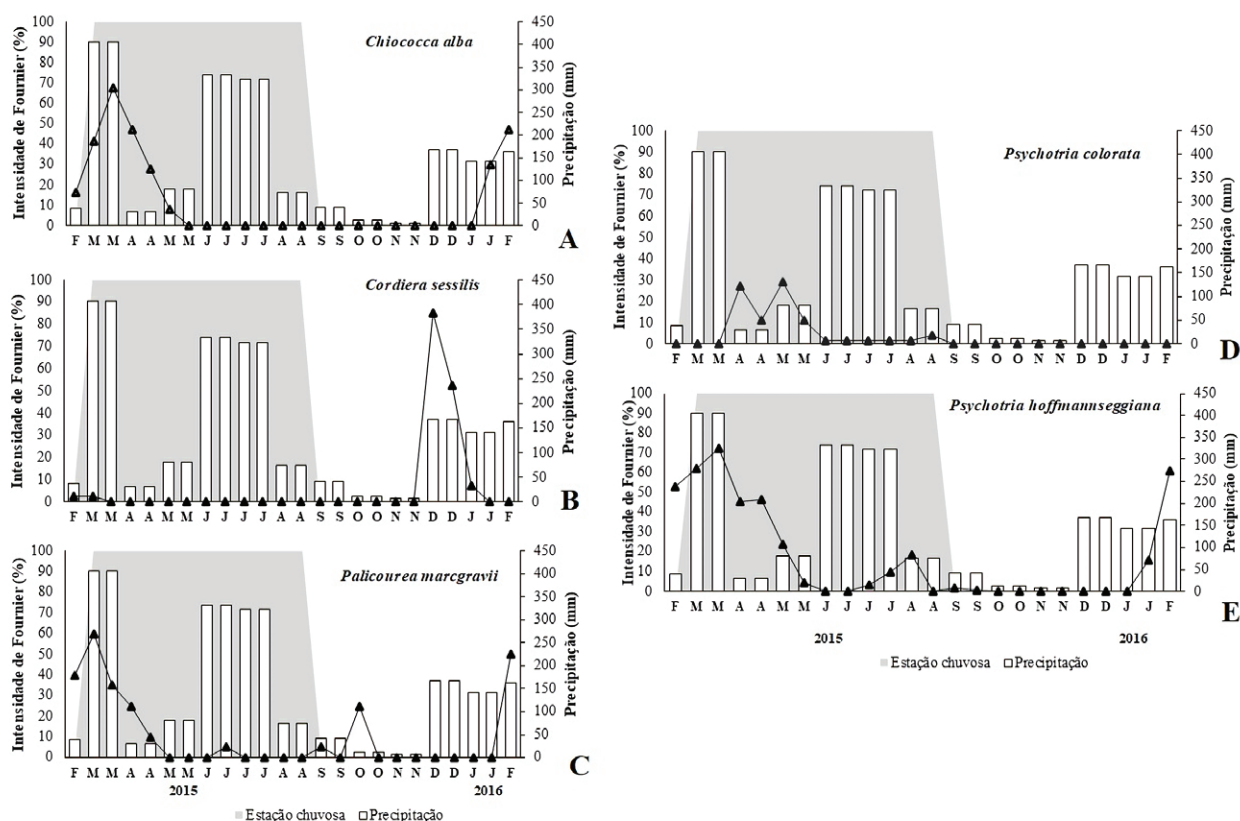
*Chiococca alba* apontou um ciclo reprodutivo anual intermediário para a produção de flores e frutos, iniciando a floração no final da estação seca e atingindo o pico para esta fenofase na estação chuvosa, no mês de março (Figura 2A). A frutificação iniciou-se na estação chuvosa, reduzindo a intensidade conforme se aproximou da estação seca, com maior presença de frutos maduros nos meses de julho e agosto (Figura 3A).

*Cordia sessilis* apresentou floração anual de curta duração e frutificação anual intermediária, predominantes na estação seca (Figura 2B). Para a floração, obteve maior porcentagem no mês de dezembro. A frutificação atingiu o pico na produção de frutos maduros nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 3B).

*Palicourea marcgravii* possui uma floração sub-anual, ocorrendo três eventos durante o estudo, sendo o primeiro o mais duradouro. A fenofase de floração iniciou no final da estação seca, atingindo maior intensidade na estação chuvosa (março – Figura 2C). A frutificação foi contínua, iniciando a produção de frutos no final da estação seca e com uma maior quantidade de frutos maduros registrada em setembro (Figura 3C).

*Psychotria colorata* exibiu uma floração anual de curta duração durante a estação chuvosa que se estendeu de abril a agosto, com pico nos meses de abril e maio (Figura 2D). A espécie apresentou frutificação anual de duração intermediária, com início na estação chuvosa e obtendo maior produção de frutos maduros entre os meses de junho e julho (Figura 3D).

*Psychotria hoffmannseggiana* obteve uma floração sub-anual, com ocorrência de dois eventos durante o ano (Figura 2E). O primeiro teve início no final da estação seca, atingindo o pico para esta fenofase no mês de maior precipitação do estudo (março), durante a estação chuvosa. O segundo evento iniciou-se no mês de julho, na estação chuvosa, atingindo o pico em agosto. No entanto, notou-se uma menor produção de flores



**Figura 2.** Intensidade de Fournier para a fenofase reprodutiva de floração das espécies *Chiococca alba* (A), *Cordiera sessilis* (B), *Palicourea marcgravii* (C), *Psychotria colorata* (D) e *Psychotria hoffmannseggiana* (E) no Jardim Botânico Benjamim Maranhão, PB. O preenchimento cinza é representado pelo período de estação chuvosa.

*Figure 2.* Fournier's intensity for reproductive phenophase of flowering for *Chiococca alba* (A), *Cordiera sessilis* (B), *Palicourea marcgravii* (C), *Psychotria colorata* (D) and *Psychotria hoffmannseggiana* (E) in Botanical Garden Benjamim Maranhão, PB. The gray fill is represented by the rainy season.

em comparação ao primeiro evento. A frutificação foi contínua (ausência desta fenofase apenas em janeiro), apresentando maior concentração de frutos no período chuvoso, onde a intensidade de frutos maduros foi representativa no mês de julho (Figura 3E).

*Chiococca alba*, *P. marcgravii* e *P. hoffmannseggiana* apresentaram maiores valores para o índice de sincronia ( $Z > 0,50$ ) das suas populações para a floração no início da estação chuvosa (março), período marcado pelo aumento considerável de precipitação no estudo. A população de *C. sessilis* expressou maior sincronia para a fenofase na estação seca (dezembro;  $Z = 0,80$ ) e a população de *P. colorata* na estação chuvosa (abril e maio, com  $Z = 0,80$ ). Quanto à frutificação, as populações de *C. alba*, *P. marcgravii*, *P. colorata* e *P. hoffmannseggiana* foram mais sincrônicas durante a estação chuvosa, destacando os meses de abril a agosto ( $Z > 0,50$ ), enquanto *C. sessilis*

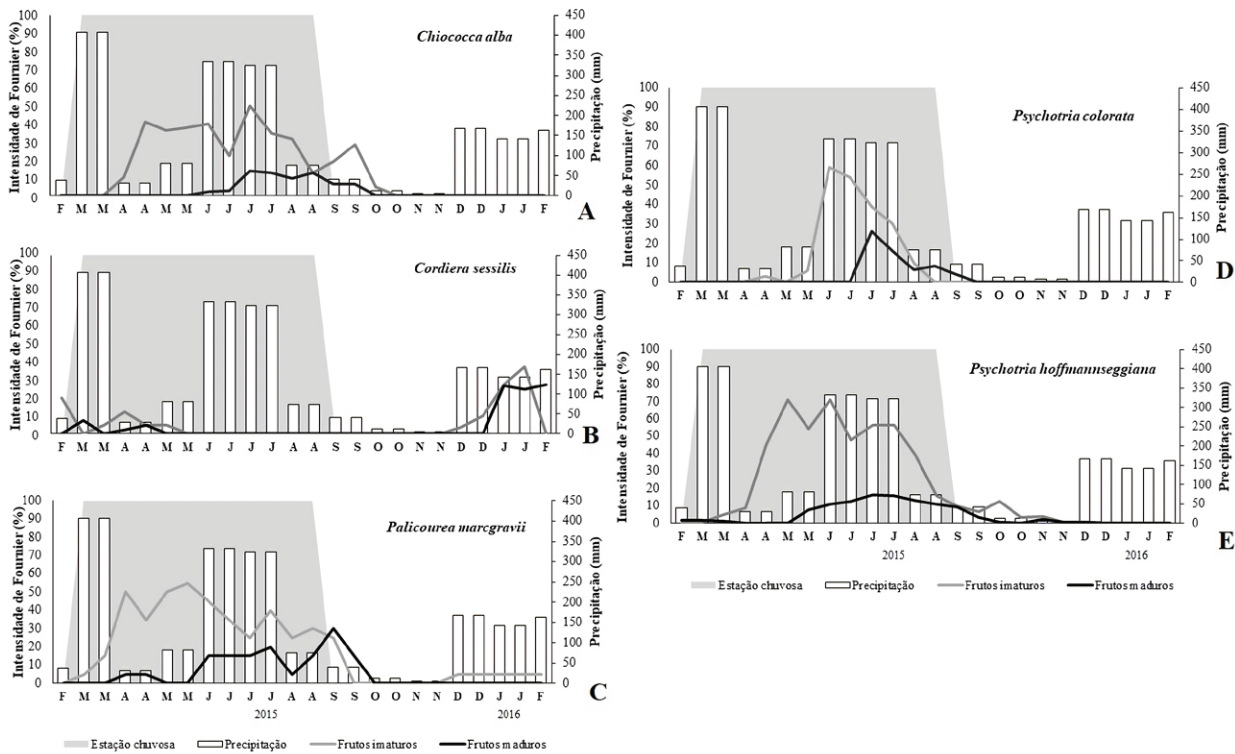
obteve o valor do índice de sincronia ( $Z$ ) mais representativo na estação seca (fevereiro;  $Z = 0,80$ ).

### Síndromes de dispersão

As espécies analisadas possuem frutos carnosos dos tipos baga (80%) e drupa (20%), com colorações variadas quando maduros, ausência de odores fortes e contendo de uma a onze sementes pequenas, indicando o grupo dos animais como consumidores. Os dados amostrados exibem uma uniformidade intrapopulacional na biometria dos frutos e sementes das espécies, sem ocorrer variância significativa entre os resultados analisados (Tabela 1).

### Correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas

Foi observada uma correlação positiva para a floração de *C. alba* e *C. sessilis* com a temperatura



**Figura 3.** Intensidade de Fournier para a fenofase reprodutiva de frutificação das espécies *Chiococca alba* (A), *Cordia sessilis* (B), *Palicourea marcgravii* (C), *Psychotria colorata* (D) e *Psychotria hoffmannseggiana* (E) no Jardim Botânico Benjamim Maranhão, PB. O preenchimento cinza é representado pelo período de estação chuvosa.

**Figure 3.** Fournier's intensity for reproductive phenophase of fruiting for *Chiococca alba* (A), *Cordia sessilis* (B), *Palicourea marcgravii* (C), *Psychotria colorata* (D) and *Psychotria hoffmannseggiana* (E) in Botanical Garden Benjamim Maranhão, PB. The gray fill is represented by the rainy season.

média do período de estudo. Não houve correlação significativa para nenhuma espécie entre a floração, o fotoperíodo e a precipitação do período do estudo (Tabela 2).

Constatou-se uma correlação positiva para a temperatura e produção de frutos nas espécies *C. sessilis*, e correlação negativa e significativa para *P. colorata*, *P. hoffmannseggiana* e *C. alba* (Tabela 2). A intensidade de frutos maduros da família foi maior em meses de alta precipitação, correlacionando-se significativa e positivamente com a pluviosidade do mês anterior apenas para *C. alba* (Tabela 2).

De acordo com as combinações dos padrões fenológicos reprodutivos e a sazonalidade, este estudo distinguiu duas estratégias fenológicas para as cinco espécies avaliadas (Tabela 3): i) floração e frutificação sazonais na estação chuvosa (*C. alba*, *P. marcgravii*, *P. colorata* e *P. hoffmannseggiana*); e ii) floração e frutificação sazonais na estação seca (*C. sessilis*).

## DISCUSSÃO

### Fenologia reprodutiva

O padrão contínuo na produção de flores e frutos apresentado pela comunidade da família Rubiaceae ocorreu devido às épocas distintas da reprodução das espécies anuais e sub-anuais. Esta característica pode ter evoluído como uma estratégia para evitar a sobreposição de nichos entre as espécies que necessitam de recursos semelhantes para o seu desenvolvimento reprodutivo, diminuindo, por consequência, a competição por guildas de polinizadores e dispersores (Cruz *et al.* 2006, Reznik *et al.* 2012, Ferreira & Consolaro 2013, Liuth *et al.* 2013, Fortunato & Quirino 2016).

Ao analisar as respostas fenológicas das espécies que se reproduziram durante a estação chuvosa, nota-se uma sobreposição para a floração e frutificação. A ocorrência de floração nas diferentes estações confirma que nem sempre o

**Tabela 1.** Média, variância e desvio padrão da biometria de frutos e sementes das espécies da família Rubiaceae presentes no JBBM. CF: Comprimento do fruto; LF: Largura do fruto; PF: Massa do fruto; CS: Comprimento da semente; LS: Largura da semente; PS: Massa da semente.

**Table 1.** Mean, variance and standard deviation for biometry of fruits and seeds of Rubiaceae species in JBBM. CF: Fruit length; LF: Fruit width; PF: Fruit weight; CS: Seed length; LS: Seed width; PS: Seed weight.

Espécies		CF (mm)	LF (mm)	PF (mg)	CS (mm)	LS (mm)	PS (mg)
<i>Chiococca alba</i>	<b>Média</b>	4,70	2,65	17	3,9	0,82	1,8
	<b>Variância</b>	0,44	0,06	0,005	0,06	0,08	1,12E-07
	<b>Desvio Padrão</b>	0,66	0,25	0,009	0,20	0,05	0,00014
<i>Cordia sessilis</i>	<b>Média</b>	19,20	33,10	77,9	4,30	2,23	1,12
	<b>Variância</b>	1,25	2,10	3,4	0,11	0,20	1,23E-07
	<b>Desvio Padrão</b>	1,50	1,41	2,27	0,50	0,72	0,0004
<i>Palicourea marcgravii</i>	<b>Média</b>	5,22	8,10	24	2,20	2,70	1,05
	<b>Variância</b>	3,45	2,50	1,6	0,07	0,19	1,07E-07
	<b>Desvio Padrão</b>	2,33	2,10	2,1	0,30	0,32	0,00028
<i>Psychotria colorata</i>	<b>Média</b>	13,76	7,81	27,8	4,65	1,76	1,32
	<b>Variância</b>	4,68	1,31	0,0006	0,08	0,18	1,04E-07
	<b>Desvio Padrão</b>	2,16	1,14	0,025	0,30	0,42	0,00032
<i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	<b>Média</b>	6,13	6,68	0,022	2,71	1,67	0,8
	<b>Variância</b>	2,25	1,90	6,48E-05	0,09	0,04	2,17E-08
	<b>Desvio Padrão</b>	1,50	1,38	0,008	0,30	0,02	0,00014

desenvolvimento das estruturas reprodutivas está vinculado à disponibilidade de água no ambiente, uma vez que é comum que as espécies da família Rubiaceae floresçam durante todo o ano nos fragmentos de Mata Atlântica (San Martin-Gajardo & Morellato 2003, Fortunato & Quirino 2016).

As espécies que expressaram alta sincronia intraespecífica para a floração na estação chuvosa demonstram notável ligação da produção de flores com o aumento da precipitação, importante para a formação e desenvolvimento dos órgãos reprodutivos. Como resultado, essa estratégia pode ocasionar um aumento na floração que será capaz de proporcionar maior atração de agentes polinizadores entomófilos (Moeller 2004, Belo *et al.* 2013).

A diferença de um mês entre os picos de floração de *P. colorata* e *P. hoffmannseggiana* pode não ser o tempo suficiente para se evitar uma possível competição por polinizadores, tendo em vista que

é comum a presença de sincronia de floração entre espécies simpátricas (sincronopatria) no gênero (Mesquita-Neto *et al.* 2018). A sincronopatria pode beneficiar ou prejudicar o sucesso reprodutivo dessas espécies de plantas, visto que é comum o compartilhamento de polinizadores em espécies cogêneres (Gross *et al.* 2000). Por exemplo, algumas espécies sincronopátricas de cactaceae apresentam estratégias reprodutivas diferentes para garantir a frutificação (Ferreira *et al.* 2018). Em outras espécies sincronopátricas de *Psychotria* o compartilhamento de polinizadores parece não ter efeito negativo no fluxo intraespecífico de pólen e no sucesso reprodutivo das plantas (Mesquita-Neto *et al.* 2018).

Muitos estudos com espécies simpátricas que apresentam sincronia de floração relatam aumento na frequência e diversidade dos polinizadores e do sucesso reprodutivo que esses grupos de plantas podem apresentar (Zjhra 2008, Phillips *et al.* 2013).



**Tabela 2.** Correlação de Spearman ( $r_s$ ) entre os dados de precipitação, temperatura, fotoperíodo e as fenofases reprodutivas das espécies da família Rubiaceae no Jardim Botânico Benjamim Maranhão, PB (\* $p < 0,05$ ).

**Table 2.** Spearman correlation ( $r_s$ ) between the rainfall data, temperature, photoperiod and reproductive phenophases of the family Rubiaceae in Botanical Garden Benjamim Maranhão, PB (\* $p < 0.05$ ).

Espécie	Precipitação	Precipitação do mês anterior	Temperatura	Fotoperíodo
<b>Floração</b>				
<i>Chiococca alba</i>	0,16	0,15	<b>0,66*</b>	-0,07
<i>Cordia sessilis</i>	0,26	0,11	<b>0,41*</b>	-0,4
<i>Palicourea marcgravii</i>	0,06	0,25	0,39	-0,03
<i>Psychotria colorata</i>	0,04	0,42	-0,19	0,34
<i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	0,21	0,37	0,39	0,001
<b>Frutificação</b>				
<i>Chiococca alba</i>	0,11	<b>0,57*</b>	<b>-0,58*</b>	0,17
<i>Cordia sessilis</i>	0,18	0,13	<b>0,88*</b>	-0,29
<i>Palicourea marcgravii</i>	0,30	0,46	-0,34	-0,07
<i>Psychotria colorata</i>	0,32	0,46	<b>-0,62*</b>	-0,04
<i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	0,13	0,35	<b>-0,62*</b>	0,13

**Tabela 3.** Análise estatística circular para a ocorrência de sazonalidade nas fenofases reprodutivas de cinco espécies da família Rubiaceae no Jardim Botânico Benjamim Maranhão, PB. \*Somatório do número total de observações ao longo do ano.

**Table 3.** Circular statistical analyses for the occurrence of seasonality of reproductive phenophases for five species from Rubiaceae in Botanical Garden Benjamim Maranhão, PB. \*Total number of observations during the year.

Espécie	Fenofase	Número de observações*	Data média (mês)	Ângulo médio do vetor	Comprimento médio do vetor $r$	Desvio padrão circular	Teste Rayleigh (z)	Teste Rayleigh (p)
<i>Chiococca alba</i>	Floração	51	Mar	75,5°	0,76	41,69°	25,17	< 0,001
	Frutificação	69	Jun	175,5°	0,66	51,58°	29,86	< 0,001
<i>Cordia sessilis</i>	Floração	28	Nov	325,8°	0,88	28,18°	24,10	< 0,001
	Frutificação	36	Fev	34,6°	0,71	47,42°	20,04	< 0,001
<i>Palicourea marcgravii</i>	Floração	24	Mar	73,3°	0,73	44,75°	12,33	< 0,001
	Frutificação	66	Jun	170,5°	0,49	67,31°	15,27	< 0,001
<i>Psychotria colorata</i>	Floração	43	Mai	128,9°	0,83	33,98°	28,31	< 0,001
	Frutificação	62	Jun	167,9°	0,89	26,77°	48,81	< 0,001
<i>Psychotria hoffmannseggiana</i>	Floração	194	Mar	77,7°	0,64	53,15°	66,80	< 0,001
	Frutificação	304	Jul	181,3°	0,63	54,38°	115,43	< 0,001

No gênero *Psychotria*, estudos fenológicos que evidenciam a simpatria e semelhança nos padrões de floração são comuns (Teixeira & Machado 2004, Lopes & Buzato 2005, Ramos & Santos 2005, Silva 2007, Santos *et al.* 2008, Novaes 2010, Koch *et al.* 2010, Mesquita-Neto *et al.* 2015, Borges 2017). Com isso, estudar o comportamento reprodutivo do gênero vem sendo um bom modelo para inferir padrões e mecanismos gerais de especiação nos trópicos (Mesquita-Neto *et al.* 2015).

A fenofase de frutificação para as espécies não foi sazonal, com registro de ao menos uma delas frutificando em todos os meses do estudo. A disponibilidade de frutos zoocóricos não segue um único tipo de padrão nas regiões neotropicais, ocorrendo na estação chuvosa e na estação seca (Morellato & Leitão-Filho 1992, Penhalber & Mantovani 1997, San Martín-Gajardo & Morellato 2003, Oliveira 2008, Reis *et al.* 2012), o que corrobora com os resultados encontrados.

*Chiococca alba*, *P. marcgravii*, *P. colorata* e *P. hoffmannseggiana* apresentaram longos períodos com frutos imaturos. Para Stephenson (1981), Lopes & Buzato (2005) e Santos & Ferreira (2013), a baixa porcentagem na intensidade de Fournier para frutos maduros pode estar associada ao aborto, à rápida remoção por animais frugívoros, levando em consideração o intervalo realizado para coleta de dados adotado pela metodologia, ou simplesmente uma consequência do longo período necessário para maturação dos frutos. Além disso, existem espécies que investem energeticamente numa menor quantidade de frutos; dessa forma, as espécies de Rubiaceae podem apresentar estratégias que otimizem a qualidade dos frutos carnosos produzidos por seus indivíduos de modo a ampliar a eficiência no processo de dispersão dos diásporos (Stephenson 1981).

A baixa frutificação também pode estar relacionada com a presença de polimorfismo floral e com o sistema reprodutivo dessas plantas. Com exceção de *C. sessilis*, as espécies do presente estudo apresentam dimorfismo floral como um caráter ancestral denominado de distilia (Ganders 1979), na qual comumente os morfos florais apresentam autoincompatibilidade, tornando assim a espécie vegetal altamente dependente dos agentes polinizadores para se reproduzir sexualmente (Ganders 1979, Robbrecht 1988, Hamilton 1990, Paillet *et al.* 1998).

Por frutificar durante a estação seca, a espécie *C. sessilis* é indispensável para a manutenção da fauna de frugívoros residentes no JBBM ao fornecer recurso em uma época de maior escassez (Silva & Pedroni 2014). Para *P. colorata* e *P. hoffmannseggiana*, a frutificação entre o segundo e terceiro trimestre do ano pode estar relacionada ao momento mais propício para germinação de suas sementes, como o relatado por Marques & Oliveira (2008) para espécies zoocóricas de sub-bosque.

### **Síndromes de dispersão**

Os caracteres morfológicos estudados indicam que as espécies apresentam a síndrome zoocoria (van der Pijl 1972). Esta é uma classificação comum encontrada para arbustos e árvores na família Rubiaceae, que possui uma relação relevante com agentes dispersores bióticos (Bieber *et al.* 2012). A partir dos dados biométricos é possível inferir uma divergência para as espécies consumidoras e potenciais dispersoras dos frutos amostrados. Portanto, para *C. sessilis*, espécie que apresentou frutos de maior proporção, aves grandes e mandibuladoras de diásporos, cujos tamanhos e capacidade de abertura do bico são maiores, irão apresentar maior eficiência na dispersão, como o sugerido por Mueller *et al.* (2014) através da associação de características morfológicas dos dispersores aos diversos tipos de frutos carnosos das famílias botânicas.

### **Correlação dos eventos fenológicos com variáveis climáticas**

Há correlação positiva entre a frutificação e o mês anterior da precipitação apenas para a espécie *C. alba*, mas não com a precipitação do período do estudo, sugerindo assim que a fenofase é ajustada a um padrão pluviométrico de longo tempo. Porém, ritmos endógenos são fatores que atuam constantemente como determinantes na produção de frutos, de modo que esta possibilidade deve ser investigada (Almeida & Alves 2000).

A análise estatística circular demonstrou que *C. alba*, *P. marcgravii* e *P. hoffmannseggiana* apresentam estratégias fenológicas bastante semelhantes, com datas médias de floração e frutificação comuns ou próximas, indicando que estas espécies podem vir a sofrer competição, facilitação ou efeito neutro (Hochkirch *et al.* 2012, Pauw 2012) por visitantes florais e

consumidores dos frutos. As espécies *C. alba* e *P. hoffmannseggiana* são classificadas como melitófilas e zoocóricas, o que aumenta as chances da ocorrência de partilha dos agentes polinizadores e dispersores de seus diásporos (Santos *et al.* 2009, Ferreira & Consolaro 2013).

Concluimos que a síndrome de dispersão predominante foi a zoocoria, indicando que as espécies da família Rubiaceae são recurso alimentar importante para frugívoros. Acreditamos que o alto grau de sincronismo entre as fenofases pode estar relacionado a fatores como temperatura e precipitação que regulam de forma similar a ocorrência das fenofase. A Mata do Buraquinho é considerada um dos remanescentes de Mata Atlântica mais importantes do estado paraibano. Ao apresentar disponibilidade de recursos (pólen, néctar e frutos carnosos) nas duas estações do ano, Rubiaceae possui um papel essencial neste ambiente. Desta forma, estudos que envolvam a definição de padrões fenológicos para espécies da família Rubiaceae no Jardim Botânico Benjamim Maranhão são primordiais para a compreensão das suas relações ecológicas e uma ferramenta chave para fomentar estratégias de conservação, visando a manutenção da fauna nativa e das interações bióticas presentes no ecossistema.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, E.M. & Alves, M.A.S. 2000. Fenologia de *Psychotria nuda* e *P. brasiliensis* (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 14(4), 335–346. DOI: 10.1590/S0102-33062000000300010
- Aldridge, G., Inouye, D.W., Forrest, J., Barr, W.A. & Miller-Rushing, A.J. 2011. Emergence of a mid-season period of low floral resources in a montane meadow ecosystem associated with climate change. *Journal of Ecology*, (99), 905–913.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., de Moraes, G., Leonardo, J. & Sparovek, G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507
- Augsburger, C. K. 1983. Phenology, flowering synchrony and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotropica*, 15, 257–267. DOI: 10.2307/2387650
- Ayres, M., Ayres Jr, M., Ayres, D. L. & Santos, A. D. 2007. BioEstat 5.0. Imprensa Oficial do Estado do Pará, p. 32.
- Barbosa, M. R. V. 1996. Estudo florístico e fitossociológico da Mata do Buraquinho, remanescente da Mata atlântica em João Pessoa, PB. Doctoral thesis. Universidade Estadual de Campinas. p. 135.
- Batalha, M. A. & Martins, M. R. 2004. Reproductive phenology of the cerrado plant community in Emas National Park (central Brazil). *Australian Journal of Botany* (2), 149–161.
- Belo, R. M., Negreiros, D., Fernandes, G. W., Silveira, F. A., Ranieri, B. D. & Morellato, P. C. 2013. Fenologia reprodutiva e vegetativa de arbustos endêmicos de campo rupestre na Serra do Cipó, Sudeste do Brasil. *Rodriguésia*, 64(4), 817–828. DOI: 10.1590/S2175-78602013000400011
- Bieber, A. G. D., Silva, P. S. D. & Oliveira, P. S. 2013. Attractiveness of fallen fleshy fruits to ants depends on previous handling by frugivores. *Ecoscience*, 20(1), 85–89. DOI: 10.2980/20-1-3573
- Borges, J. P. R. 2017. Fluxo de pólen heteroespecífico entre espécies sincronopátricas de *Psychotria* L. (Rubiaceae). Master thesis. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal da Universidade Federal de Goiás. p. 46.
- Calle, Z., Schlumpberger, B. O., Piedrahita, L., Leftin, A., Hammer, S. A., Tye, A. & Borchert, R. 2010. Seasonal variation in daily insolation induces synchronous bud break and flowering in the tropics. *Trees*, 24(5), 865–877. DOI: 10.1007/s00468-010-0456-3
- Cobra, S. S., Nascimento, F., Antoniazzi, S. A., Krause, W. & Silva, C. A. 2015. Biologia reprodutiva de *Cordia macrophylla* (K. Schum.) Kuntze (Rubiaceae), espécie dioica da região sudoeste do estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista Ceres*, 62(6), 516–523. DOI: 10.1590/0034-737X201562060002
- Coelho, P.C. & Barbosa, A. A. A. 2004. Biologia reprodutiva de *Psychotria poeppigiana* Mull. Arg. (Rubiaceae) em mata de galeria. *Acta Botanica Brasilica*, 18(3), 481–489. DOI: 10.1590/S0102-33062004000300008
- Correa-Lima, A. P. A., Varassin, I. G., Barve, N. & Zwiener, V. P. 2019. Spatio-temporal effects of climate change on the geographical distribution and flowering phenology of hummingbird-

- pollinated plants. *Annals of botany* 124(3), 389–398.
- Cruz, D. D., Mello, M. A. R. & Shuys, M. V. 2006. Phenology and floral visitors of two sympatric *Heliconia* species in the Brazilian Atlantic forest. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 201(7), 519–527. DOI: 10.1016/j.flora.2005.12.001
- Cunha A.A., Guedes F.B. 2013. Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas. *Série Biodiversidade*, 49. Brasília: MMA. p. 216.
- Delprete, P. G. & Jardim, J. G. 2012. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. *Rodriguésia*, 63(1), 101–128. DOI: 10.1590/S2175-78602012000100009
- 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
- Faria, R. R. & Araujo, A. C. 2016 Flowering Phenology and Floral Visitors in Distylous Populations of *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae) in Brazilian Cerrado. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 101(4), 636–648. DOI: 10.3417/2013019
- Fernandes, G.W., Oki, Y., Sá, C.E.M., Sales, N.M., Quintino, A.V., Mendes, C.F.A. & Caires, T.B. 2012. Impact of the hailstorm across plant taxa: leaf fall in a mountain environment. *Neotropical Biology and Conservation*, 7, 8–15. DOI: 10.4013/nbc.2012.71.02
- Ferreira, C. M. & Consolaro, H. 2013. Fenologia e síndromes de polinização e dispersão de espécies de sub-bosque em um remanescente florestal urbano no Brasil central. *Bioscience Journal*, 29(1), 1708–1720.
- Ferreira, B. H. S., Gomes, A. C., Souza, C. S., Fabri, J. R. & Sigrist, M. R. 2018. Pollination and reproductive system of synchronopatric species of Cactaceae (Cactoideae) subject to interspecific flow of pollen: an example of ecological adaptation in the Brazilian Chaco. *Plant Biology*, 20(1), 101–112.
- Fonseca, L. C. N., Almeida, E. M. & Alves, M. A. S. 2008. Fenologia, morfologia floral e visitantes de *Psychotria brachypoda* (Müll. Arg.) Britton (Rubiaceae) em uma área de Floresta Atlântica, Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(1), 63–69. DOI: 10.1590/S0102-33062008000100008
- Fortunato, M.E.M. & Quirino, Z.G.M. 2016. Efeitos da fragmentação na fenologia reprodutiva de espécies arbóreas presentes em borda e interior de Mata Atlântica Paraibana. *Rodriguésia*, 67(3), 603–614. DOI: 10.1590/2175-7860201667305
- Fournier, L. A. 1974. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles tropicales. *Turrialba*, 24, 422–423.
- Freire, J. M., Azevedo, M. C., Cunha, C. F., Silva, T. F. & Resende, A. S. 2013. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em área fragmentada de Mata Atlântica em Itaboraí, RJ. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33(75), 243–252. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.75.454
- Ganders, F. R. 1979. The biology of heterostyly. *New Zealand Journal of Botany*, 17(4), 607–635. DOI: 10.1080/0028825X.1979.10432574
- Gentry, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica*, 6, 64–68. DOI: 10.2307/2989698
- Gentry, A.H. & Emmons, L.H. 1987. Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forests. *Biotropica*, 19, 216–227. DOI: 10.2307/2388339
- Griz, L.M.S & Machado, I.C. 2001. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, (17), 303–321.
- Gross, C., L. Mackay & Whalen, M. A. 2000. Aggregated flowering phenologies among three sympatric legumes. *Plant Ecology* 148: 13–21.
- Hamilton, C. W. 1990. Variations on a distylous theme in Mesoamerican *Psychotria* subgenus *Psychotria* (Rubiaceae). *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 55, 65–75.
- Hochkirch, A., Mertes, T. & Rautenberg, J. 2012. Conspecific flowers of *Sinapis arvensis* are stronger competitors for pollinators than those of the invasive weed *Bunias orientalis*. *Naturwissenschaften*, 99(3), 217–224. DOI: 10.1007/s00114-012-0888-2
- IBGE, 1992. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro.
- Koch, A. K., Silva, P. C. & Silva, C. A. 2010. Biologia reprodutiva de *Psychotria carthagenensis* (Rubiaceae), espécie distílica de fragmento florestal de mata ciliar, Centro-Oeste do Brasil.

- Rodriguésia, 61(3), 551–558. DOI: 10.1590/2175-7860201061314
- Lima, P. J. & Heckendorff, W. D. 1985 - Climatologia. In: Governo do Estado da Paraíba (eds). Atlas geográfico do Estado da Paraíba. pp. 34–43. Secretaria da Educação. João Pessoa - PB: Grafset.
- Lima, L.F., Lima, P.B., Almeida-Jr, E.B. & Zickel, C.S. 2010. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae). Biota Neotropica, 10(1), 156–160. DOI: 10.1590/S1676-06032010000100015
- Liuth, H. S., Talora, D. C. & Amorim, A. M. 2013. Phenological synchrony and seasonality of understory Rubiaceae in the Atlantic Forest, Bahia, Brazil. Acta Botanica Brasilica, 27(1), 195–204. DOI: 10.1590/S0102-33062013000100019
- Lopes, L. E. & Buzato, S. 2005. Biologia reprodutiva de *Psychotria suterella* Muell. Arg. (Rubiaceae) e a abordagem de escalas ecológicas para a fenologia de floração e frutificação. Revista Brasileira de Botânica, 28, 785–795. DOI: 10.1590/S0100-84042005000400013
- Marques, M. C. M & Oliveira, P. E. A. M. 2008. Seasonal rhythms of seed rain and seedling emergence in two tropical rain forests in southern Brazil. Plant Biology, 10, 596–603. DOI: 10.1111/j.1438-8677.2008.00061.x
- Mesquita-Neto, J.N., Silva-Neto, C.M. & Franceschinelli, E.V. 2015. Theoretical predictions of plant-pollinator interactions in sympatric species of *Psychotria* (Rubiaceae) in Cerrado of Brazil. Plant Ecology and Evolution, 148 (2), 229–236. DOI: 10.5091/plecevo.2015.983
- Mesquita-Neto, J. N., Borges, J. P., Sá, T. F., Oliveira Teixeira, T. P., Ferreira, I. N., Furtado, M. T. & Franceschinelli, E. V. 2018. Pollen flow and pollinator sharing among synchronopatric species of *Psychotria* (Rubiaceae). Plant systematics and evolution, 304(8), 943–953. DOI: 10.1007/s00606-018-1527-y
- Moeller, D.A. 2004. Facilitative interactions among plants via shared pollinators. Ecology, 85, 3289–3301. DOI: 10.1890/03-0810
- Morellato, L.P.C. & Leitão Filho, H.F. 1992. Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato, L.P.C. (Ed.). História natural e preservação de uma área florestal no sudoeste do Brasil. pp. 111–140. Campinas - SP: Editora da UNICAMP.
- Morellato, L. P. C. 1995. As estações do ano na floresta. In: Morellato, L.P.C. & Leitão-Filho, H.F. (Eds.). Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana. pp. 37–41. Campinas -SP: Editora da UNICAMP.
- 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. pp. 357–371. Dordrecht, Springer.
- Mori, S. A., Lisbo, A. G. & Kallunki, J. A. 1982. Fenologia de uma mata higrófila sul-baiana. Theobroma, 12, 217–230.
- Mueller, T., Lenz, J., Caprano, T., Fiedler, W. & Böhning-Gaese, K. 2014. Large frugivorous birds facilitate functional connectivity of fragmented landscapes. Journal of applied ecology, 51(3), 684–692. DOI: 10.1111/1365-2664.12247
- Nery, F. D. S. G., Ribas, K. C. Z. & Koehler, H. S. 2014. Enraizamento de *Psychotria nuda* (Cham. & Schltdl.) Wawra (Rubiaceae) nas quatro estações do ano. Ciência Florestal, 24(1), 243–250. DOI: 10.5902/1980509813341
- 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, 141–159. DOI: 10.2307/2388804
- Novaes, R. L. M., Menezes Jr, L. F. Duarte, A. C. & Façanha, A. C. S. 2010. Consumo de *Psychotria suterella* Muell. Arg. (Rubiaceae) por morcegos no sudeste do Brasil. Chiroptera Neotropical, 16(1), 535–538.
- Oliveira, A.S. 2008. Fenologia e Biologia Reprodutiva de cinco espécies de *Psychotria* L. (Rubiaceae), em um remanescente florestal urbano, Araguari, MG. Master thesis. Universidade Estadual de Campinas. p. 64.
- Oliveira, S. & Melo, R. 2009. As trilhas do Jardim Botânico Benjamim Maranhão (João Pessoa - PB) como recurso para interpretação ambiental. Caderno Virtual de Turismo, 9 (2), 113–125.
- Pailler, T., Humeau, L., Figier, J. & Thompson, J. D. 1998. Reproductive trait variation in the functionally dioecious and morphologically heterostylous island endemic *Chassalia corallioides* (Rubiaceae). Biological Journal of the Linnean Society, 64(3), 297–313. DOI: 10.1111/j.1095-8312.1998.tb00335.x

- Parmesan, C., Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* (421), 37–42
- Paraíba. 2014. Decreto Estadual Nº 35.195, de 23 de julho de 2014. Cria o Refúgio de Vida Silvestre da Mata do Buraquinho, no município de João Pessoa.
- Pauw, A. & Louw, K. 2012. Urbanization drives a reduction in functional diversity in a guild of nectar-feeding birds. *Ecology and Society*, 17(2), 1–8.
- Pelissaro, T. M. 2012. Fenologia e biologia floral de três espécies simpátricas de *Psychotria* L. (Rubiaceae) em floresta estacional em Santa Maria, RS, Brasil. Master thesis. Universidade Federal de Santa Maria. p. 76.
- Penhalber, E. F. & Mantovani, W. 1997. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. *Revista brasileira de Botânica*, 20(2), 205–220. DOI: 10.1590/S0100-84041997000200011
- Pereira, Z. V., Vieira, M. F. & Carvalho-Okano, R. M. 2006. Fenologia reprodutiva, morfologia floral e sistema de incompatibilidade em espécies distílicas de Rubiaceae em fragmento florestal do Sudeste brasileiro. *Revista brasileira de Botânica*, 29(3), 471–480. DOI: 10.1590/S0100-84042006000300014
- Phillips, R. D., Xu, T., Hutchinson, M. F., Dixon, K. W. & Peakall, R. 2013. Convergent specialization—the sharing of pollinators by sympatric genera of sexually deceptive orchids. *Journal of Ecology*, 101(3), 826–835. DOI: 10.1111/1365-2745.12068
- Pijl, L. van der. 1972. Principles of dispersal in higher plants. Springer Verlag. New York. p. 161.
- Ramos, F.N. & Santos, F.A.M. 2005. Phenology of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae) in Atlantic forest fragments: regional and local scale. *Canadian Journal of Botany*, 83, 1305–1316. DOI: 10.1139/b05-106
- Raju, A. J. S. & Rao, M. M. 2016. Flowering phenology, breeding system, pollinators and fruiting behaviour of *Pavetta tomentosa* (Rubiaceae) Roxb. Ex Sm., a keystone shrub species in the southern eastern ghats forest, Andhra Pradesh, India. *Annali di Botanica*, 6, 85–96. DOI: 10.4462/annbotrm-13160
- Reis, V., Gois, D., Barbosa, E., Souza, H. T. & Melo, R. 2012. Fitoindicação como método comparado de avaliação de mudanças ambientais em remanescentes florestais e áreas urbanas de Sergipe. *Revista Sociedade & Natureza*, 24(3), 535–544. DOI: 10.1590/S1982-45132012000300012
- Reznik, G., Pires, J. P. A. & Freitas, L. 2012. Efeito de bordas lineares na fenologia de espécies arbóreas zoocóricas em um remanescente de Mata Atlântica. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1), 65–73. DOI: 10.1590/S0102-33062012000100008
- Ribeiro, K. T., Nascimento, J. S., Madeira, J. A. & Ribeiro, L. C. 2009. Aferição dos limites da Mata Atlântica na Serra do Cipó, MG, Brasil, visando maior compreensão e proteção de um mosaico vegetacional fortemente ameaçado. *Natureza & Conservação*, 7(1), 30–48.
- Ribeiro, C., Ferreira Jr, J. C., Dubet, D. M. & Carneiro, E. 2018. Fenologia e visitantes florais de *Psychotria nuda* (Rubiaceae) em um fragmento urbano de Mata Atlântica no sul do Brasil. *Neotropical Biology & Conservation*, 13(3), 192–201.
- Robbrecht, E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contributions to a new subfamilial classification. *Nationale Plantentuin van België*. p. 272.
- 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. 2008. Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change. *Nature*, (453), 353–357.
- San Martín-Gajardo, I. & Morellato, L.P.C. 2003. Fenologia de Rubiaceae do sub-bosque em floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 26, 299–309. DOI: 10.1590/S0100-84042003000300003
- Santos, O. D. A., Webber, A. C. & Costa, F. R. C. 2008. Reproductive biology of *Psychotria spectabilis* Steyrm. and *Palicourea cf. virens* (Poepp. & Endl.) Standl. (Rubiaceae) in a moist tropical forest at Manaus, Amazonas State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 22(1), 275–285. DOI: 10.1590/S0102-33062008000100025
- Santos, M. F. D. O., Queiroz, E. P. & Pigozzo, C. M. 2009. Síndromes de polinização em fragmento urbano de Mata Atlântica do 19 Batalhão de Caçadores, Cabula, Salvador, Bahia. *Candombá – Revista Virtual*, 5(1), 26–39.
- Santos, P. L. & Ferreira, R. A. 2013. Phenology of *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae)

- in São Cristóvão, Sergipe, Brazil. *Revista Árvore*, 37(1), 129–136. DOI: 10.1590/S0100-67622013000100014
- Silva, A. C. 2007. Biologia reprodutiva de três espécies distílicas de *Psychotria* L. e efeitos da fragmentação florestal no sucesso reprodutivo e na diversidade genética de *Psychotria hastisepala* Müll. Arg. (Rubiaceae). Doctoral thesis. Universidade Federal de Viçosa. p. 63.
- Silva, G. B. M. & Pedroni, F. 2014. Frugivoria por aves em área de Cerrado no município de Uberlândia, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 38(3), 433–442. DOI: 10.1590/S0100-67622014000300005
- Silva, L. G., Santos, S. & Moraes, F. 2014. Fragmentação da Mata Atlântica de interior: análise de paisagem do corredor verde sul-americano e florestas do alto Paraná. *Boletim de Geografia*, 32(3), 61–68. DOI: 10.4025/bolgeogr.v32i3.21881
- Souza, V. C. & Lorenzi, H. 2008. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II*. Instituto Plantarum, Nova Odessa. p. 640.
- Souza, C. G., Zanella, L., Borém, R. A. T., de Carvalho, L. M. T., Alves, H. M. R. & Volpato, M. M. L. 2014. Análise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental coqueiral, Coqueiral–MG. *Ciência Florestal*, 24(3), 631–644. DOI: 10.1590/1980-509820142403011
- Stephenson, A. G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual review of ecology and systematics*, 12(1), 253–279. DOI: 10.1146/annurev.es.12.110181.001345
- Tabarelli, M., Mantovani, W. & Peres, C. 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. *Biological Conservation*, 91, 119–127. DOI: 10.1016/S0006-3207(99)00085-3
- Talora, D. C. & Morellato, L. P. C. 2000. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 23, 13–26. DOI: 10.1590/S0100-84042000000100002
- Teixeira, L. A. G. & Machado, I. C. 2004. Biologia da polinização e sistema reprodutivo de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). *Acta botanica brasílica* 18(4), 853–862. DOI: 10.1590/S0102-33062004000400016
- Walther, G. R., Berger, S., Sykes, M. T. 2005. An ecological ‘footprint’ of climate change. *Proceedings of the Royal Society B*, (272), 1427–1432.
- Wright, S. J. 1991. Seasonal drought and the phenology of understory shrubs in a tropical moist forest. *Ecology*, 72(5), 1643–1657. DOI: 10.2307/1940964
- Zar, J. H. 1999. *Bioestatistical analysis*. Prentice-hall, New Jersey. p. 663.
- Zjhra, M. L. 2008. Facilitating sympatric species coexistence via pollinator partitioning in endemic tropical trees of Madagascar. *Plant systematics and evolution*, 271(3-4), 157–176. DOI: 10.1007/s00606-007-0628-9

*Submitted: 21 August 2019*

*Accepted: 14 May 2020*

*Published on line: 01 June 2020*

*Associate Editor: Pedro Villa*