



MARLY ANTONIELLE DE ÁVILA

FENOLOGIA DE *Mauritia flexuosa* E *Mauritiella armata* EM AMBIENTES EXTRA AMAZÔNICOS

**LAVRAS- MG
2019**

MARLY ANTONIELLE DE ÁVILA

**FENOLOGIA DE *Mauritia flexuosa* E *Mauritiella armata* EM
AMBIENTES EXTRA AMAZÔNICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia, para a obtenção do título de Doutor.

Dr. Rubens Manoel dos Santos
Orientador

Dra. Yule Roberta Ferreira Nunes
Dra. Islaine F. P. Azevedo
Co-orientadoras

**LAVRAS – MG
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Ávila, Marly Antonielle de.

Mauritia flexuosa e *Mauritiella armata*: de floresta ombrófila a
espécies-chaves no semiárido mineiro / Marly Antonielle de Ávila.
- 2019.

112 p. : il.

Orientador: Rubens Manoel dos Santos.

Co-orientadora: Yule Roberta Ferreira Nunes, Islaine Franciely
Pinheiro de Azevedo.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Buriti. 2. Xiriri. 3. Fenologia. I. Santos, Rubens Manoel dos.
II. Nunes, Yule Roberta Ferreira. III. Azevedo, Islaine Franciely
Pinheiro de. IV. Título.

MARLY ANTONIELLE DE ÁVILA

**FENOLOGIA DE *Mauritia flexuosa* E *Mauritiella armata* EM
AMBIENTES EXTRA AMAZÔNICOS**

**PHENOLOGY OF *Mauritia flexuosa* AND *Mauritiella armata* IN EXTRA
AMAZON ENVIRONMENTS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ecologia, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 26 fevereiro de 2019.

Dra. Letícia Vieira	UFLA
Dr. Eduardo van den Berg	UFLA
Dra. Graciene da Silva Mota	UFLA
Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro	UNIMONTES

Prof. Dr. Rubens Manoel dos Santos
Orientador

Dra. Yule Roberta Ferreira Nunes
Dra. Islaine Franciely Pinheiro de Azevedo
Co-orientadoras

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela minha mãe!

À minha mãe, por ser a minha base e estar sempre disposta a me ajudar em todos os momentos. Às minhas irmãs e sobrinhos que sempre foram um incentivo.

Ao meu esposo e ao meu filho Davi, que sempre me fizeram refletir todos os dias a não desistir, mesmo diante das dificuldades.

Aos meus orientadores Rubens e Yule, pela oportunidade e pela confiança depositadas em mim. À minha Co-orientadora, Isla, com a qual aprendi um pouco de fenologia antes de desenvolver esse projeto, e mais ainda durante, principalmente na etapa final.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação da Ufla, que sempre se mostraram prestativos e compreensivos. Ao Juliano (secretário da pós), que tirava todas as minhas dúvidas e que me auxiliou muito no decorrer do doutorado.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciências Florestais e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa durante o doutorado. Ao CNPq pelo apoio de pesquisa (306375/2016-8); e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelas bolsas de estudo.

À Nathalle Fagundes, meu “anjo da guarda” em Lavras, que me recebeu na sua casa de “braços abertos”. Sempre disposta, ajudou muito na impressão de documentos, buscando assinaturas, entregando-os na secretaria (ufa!), sem falar na entrega das cópias da tese aos professores da banca. Ainda tirava um tempinho para dividir comigo o horário do almoço e do lanche dentro da Ufla. À

Graciene Mota, sempre preocupada e atenciosa. Foram poucos os momentos que passamos juntas, mas com certeza serão sempre lembrados!

Às equipes de campo, que compartilharam comigo momentos inesquecíveis (bons e ruins), em especial à Adriana e Joicy que foram fundamentais na coleta de dados.

Aos estagiários do Laboratório de Ecologia Vegetal que fizeram parte em algum momento de uma dessas equipes: João Figueiredo, João Baiano, Cristina, Ozorino, Joyce Alves, Ricardo e Odirlei. Obrigada!

À professora Rúbia (ICA/UFMG), pelo auxílio com a análise de dados fenológicos, ao Cléber (UFLA) que me ajudou com análise de dados do primeiro capítulo, pelas caronas e companhia quando íamos à sorveteria ou lanchonete na Ufla; à professora Dora (Unimontes) pelas palavras de incentivo e carinho e à amiga e colega Josy Carvalho, sempre prestativa!

Agradeço também aos moradores do entorno às veredas onde estudamos, principalmente ao Sr. Santino e sua esposa Cristina que nos deram suporte e orientações nas áreas.

E um agradecimento especial às veredas do norte Minas Gerais, que no Cerrado, abrigam a exuberante palmeira *M. flexuosa* acompanhada da palmeira *M. armata*, que a cada dia nos instiga a novas descobertas.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

As palmeiras são espécies vegetais encontradas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Sua história biogeográfica está relacionada principalmente a regiões quentes e úmidas, e são consideradas espécies-chaves pelos serviços ecossistêmicos prestados. No Cerrado brasileiro, as palmeiras *Mauritia flexuosa* L.f. (buriti) e *Mauritiella armata* (Mart.) Burret (xiriri) compartilham as veredas como habitat e são reconhecidas como espécies-chaves desses ambientes e fundamentais nesse ecossistema, contribuindo com a diversidade e manutenção de água no domínio Cerrado. Muitas pesquisas envolvendo palmeiras já foram realizadas, embora existam lacunas em relação à ecologia do buriti e, principalmente do xiriri. Os estudos fenológicos e de biologia reprodutiva são considerados importantes ferramentas para o entendimento dos fatores que influenciam a reprodução e a sobrevivência das espécies vegetais. No primeiro capítulo, investigou-se o comportamento reprodutivo e aspectos da biologia floral e reprodutivos de *Mauritiella armata*, e avaliou-se a correlação entre as fenofases reprodutivas da espécie com as variáveis climáticas locais. No segundo capítulo, abordou-se o comportamento fenológico vegetativo e reprodutivo da palmeira *M. flexuosa*, durante 35 meses de observações, os quais foram correlacionados com as variáveis ambientais locais. Ainda nesse capítulo, discutimos sobre o comportamento fenológico do buriti na região do norte de Minas, de clima sazonal, e o comportamento em seu centro de origem (Amazônia). As duas palmeiras estudadas fazem parte de uma importante fitofisionomia do Cerrado e contribuem de forma econômica e ecológica ao ecossistema.

Palavras-chave: Biologia Floral. Biologia Reprodutiva. Buriti. Xiriri. Veredas.

GENERAL ABSTRACT

Palm trees are plant species found in the tropical and subtropical regions of the world. Its biogeographic history is mainly associated with warm and humid regions, and it is considered a key species due to the ecosystemic services it provides. In the Brazilian Cerrado, the *Mauritia flexuosa* L.f. (buriti) and *Mauritiella armata* (Mart.) Burret (xiriri) palms share the swamps as habitats and are recognized as an important species in these environments, considered fundamental in this ecosystem and contributing with the diversity and maintenance of water in the Cerrado domain. Many types of research involving palm trees have already been conducted despite the existence of gaps regarding the ecology of the buriti and, especially, the xiriri. Phenological and reproductive biology studies are considered essential tools to understand the factors that influence the reproduction and survival of plant species. In the first chapter, we investigated the reproductive behavior and floral and reproductive biology aspects of *Mauritiella armata*. We also evaluated the correlation between the reproductive phenophases of the species and the local climatic variables. In the second chapter, we studied the vegetative and reproductive phenological behavior of the *M. flexuosa* palm for 35 months, correlating them with local environmental variables. Also in this chapter, we discussed the phenological behavior of the *buriti* in a seasonal climate of the northern region of Minas Gerais, Brazil, and its behavior in its center of origin (the Amazon). Both studied palms are part of an essential phytophysiognomy of the Cerrado and contribute economically and ecologically to the ecosystem.

Keywords: Floral Biology. Reproductive Biology. Buriti. Xiriri. Swamps.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1	INTRODUÇÃO GERAL	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
	REFERÊNCIAS	17
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	23
	ARTIGO 1 - FENOLOGIA E ASPECTOS REPRODUTIVOS DE <i>Mauritiella armata</i> (MART.) BURRET (ARECACEAE): ESPÉCIE CHAVE DE VEREDA, SUDESTE DO BRASIL	23
1	INTRODUÇÃO	25
2	MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1	Área de estudo	29
2.2	Espécie estudada	32
2.3	Fenologia Reprodutiva	32
2.4	Biologia floral e reprodutiva	35
2.5	Biometria das estruturas reprodutivas	36
3	Resultados	39
3.1	Fenologia reprodutiva	39
3.2	Biologia floral e reprodutiva	43
3.3	Biometria das estruturas reprodutivas	44
4	DISCUSSÃO	49
5	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A - RELAÇÃO ENTRE A UMIDADE DO SOLO E OS PICOS DE FLORAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO DE <i>M. armata</i> EM VEREDAS NO NORTE DE MINAS GERAIS	67
	ARTIGO 2 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE <i>Mauritia</i> <i>flexuosa</i> EM CLIMA SAZONAL: RESPOSTAS DIFERENCIAIS AOS FATORES AMBIENTAIS LOCAIS	69
1	INTRODUÇÃO	71
2	MATERIAL E MÉTODOS	75
3	RESULTADOS	81
3.1	Comportamento fenológico do buriti	81
3.2	Efeito das variáveis ambientais na fenologia do buriti	85
4	DISCUSSÃO	95
5	CONCLUSÃO	101
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
	REFERÊNCIAS	105

ANEXO A - RESULTADO DO MODELO LINEAR GENERALIZADO (GLM) REALIZADO PARA AVALIAR O EFEITO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DAS ÁREAS ESTUDADAS NO NORTE DE MINAS GERAIS.....	110
ANEXO B - MATRIZ DE INTERAÇÕES PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE AS QUATRO VEREDAS ESTUDADAS NO NORTE DE MINAS GERAIS. AD = ÁGUA DOCE; AL = ALMESCLA; PN = PANELAS; RC = RIACHO CLARO; NF = NOTA FINAL	111
ANEXO C - COMPORTAMENTOS FENOLÓGICOS REPRODUTIVOS DE <i>M. FLEXUOSA</i> EM DIFERENTES LOCALIDADES. ES = ESTAÇÃO SECA, EU = ESTAÇÃO ÚMIDA, TSU = TRANSIÇÃO SECA-ÚMIDA, TUS = TRANSIÇÃO ÚMIDA-SECA. FLORAÇÃO (BOTÕES+FLORES) E FRUTIFICAÇÃO (FRUTOS MADUROS).....	112

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os padrões fenológicos em florestas tropicais variam de acordo com a disponibilidade de recursos bióticos (polinizadores e predadores) e abióticos (luz e água), diferindo das regiões temperadas em relação à grande diversidade florística proveniente da dinâmica reprodutiva que apresentam. Os ciclos reprodutivos das plantas afetam tanto a planta em si (competição por polinizadores e dispersores), quanto os animais que dependem dos seus recursos.

Embora já seja conhecida a relação entre mudanças climáticas e fenologia, sua importância e implicações para a conservação e manejo de recursos são pouco compreendidos. Estudos fenológicos são de extrema importância para entendermos as interações entre espécies e a função da comunidade. Além disso, esses estudos demandam planejamento e financiamento em longo prazo.

Estudar a época da produção de folhas, flores e/ou frutos nos permite evidenciar os padrões que podem ocorrer em determinada espécie e também, as associações com as variáveis climáticas. Além disso, apresenta grande relevância para a conservação e manejo de recursos naturais como sincronia entre a floração e polinização ou a época de frutificação e dispersor de sementes, a conectividade e o fluxo de genes através de movimentos de pólen e sementes em paisagens fragmentadas, e a previsão de efeitos da mudança climática sobre a distribuição de espécies e processos ecossistêmicos.

Os trabalhos envolvendo a relação entre fenologia, habitat e sazonalidade para *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) são poucos. A espécie é dioica e supra anual, amplamente distribuída na América do Sul e associadas a planícies (altitudes inferiores a 1000m de altitude) de climas quentes/úmidos,

indispensáveis para um ótimo desenvolvimento. *M. flexuosa* é conhecida por diversos nomes que variam de acordo com o país, os mais usuais são "morighe" (Venezuela), "burití" (Brasil), "cananguncho" (Colômbia), "aguaje" (Peru), "palmeira real" (Bolívia), "ita" (Guiana) e "morete" (Equador). Assim, as comunidades características dominadas pela espécie são chamadas de "morigheais", "buritizais", "canangunchais", "aguajais" dentre outros.

M. flexuosa é intensamente utilizada por humanos. Todas as partes da planta, da raiz aos frutos, apresentam alguma utilização para os moradores da região onde ocorre, desde a construção de móveis e casas à produção de sucos, doces e cosméticos. Também disponibiliza uma grande quantidade de frutos para a fauna (aves e mamíferos) principalmente na época de escassez de outros alimentos.

A palmeira *Mauritiella armata* (xiriri) é uma espécie que se encontra entre a vegetação ocorrente nas veredas, juntamente com *Mauritia flexuosa*, e pode ser considerada uma espécie indicadora de ambientes degradados nas áreas alagadas de ecótonos entre o Domínio do Cerrado e Floresta Amazônica. Pouco se sabe sobre esta espécie, principalmente sobre a sua função ecológica no ecossistema. É notavelmente importante elucidar o comportamento ecológico dessas espécies de palmeiras e gerar dados que possam contribuir para o entendimento ecossistêmico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As palmeiras fazem parte de um grupo de plantas que inclui muitas espécies-chaves e pode ser um bom sistema modelo para avaliar melhor as consequências mais amplas do clima e do uso da biodiversidade tropical, ecossistemas e serviços (EISERHARDT et al., 2011). Embora venha aumentando as pesquisas envolvendo palmeiras desde Henderson (1986) (ARAÚJO; LOPES, 2012; BAKER; COUVREUR, 2013; BAKER; DRANSFIELD, 2000, 2016; BARFOD; HAGEN; BORCHSENIUS, 2011; BJORHOLM et al., 2005; BROKAMP et al., 2001; COUVREUR; BAKER, 2013; COUVREUR; FOREST; BAKER, 2011; DRANSFIELD et al., 2005; EISERHARDT et al., 2011; GALEANO et al., 2015; KAHN, 1991; HENDERSON et al., 2000a, 2000b; LIMA et al., 2003; MARTINS et al., 2014; MONTÚFAR et al., 2011; NADOT et al., 2016; PINTAUD et al., 2008; RULL; MONTOYA, 2014; SVENNING et al., 2008; ZAMBRANA et al., 2007), ainda carecem de informações sobre as funções ecológicas da família. Poucos são os estudos já concluídos envolvendo aspectos fenológicos, reprodutivos e produção de frutos (BARFOD; HAGEN; BORCHSENIUS, 2011; CABRERA; WALLACE, 2007; CALDERÓN, 2002; GENINI; GALETTI; MORELLATO, 2009; HENDERSON, 1986; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013; KHORSAND ROSA; KOPTUR, 2013; LISTABARTH, 1999, 2001; MENDES et al., 2017; PERES, 1994; STORTI, 1993; URREGO et al., 2016).

A subfamília Calamoideae, é grupo monofilético das palmeiras que consiste em 22 gêneros e aproximadamente 640 espécies, com alta variabilidade morfológica (HENDERSON, 2002). A variação entre os gêneros de Calamoideae está presente na forma da folha, floração e estrutura da inflorescência, e composição da díade (UHL; DRANSFIELD, 1988). Alguns táxons representativos de florestas tropicais úmidas, sobretudo as palmeiras, são

pouco abordados em estudos sobre reprodução (MAZZOTTINI-DOS-SANTOS et al., 2015).

Em pesquisas ecológicas, estudos fenológicos são muito utilizados para caracterizar os ecossistemas devido aos parâmetros ecológicos utilizados (LIETH, 1974). Vários trabalhos indicam como principal fator de controle e regulação de eventos fenológicos de plantas o clima (MORELLATO; CAMARGO; GRESSLER, 2013). O entendimento sobre as variações fenológicas é essencial para subsidiar programas de conservação e orientar a adoção de estratégias de manejo e manutenção de populações e ecossistemas, uma vez que a variação fenológica pode ser um indicador das respostas dos organismos vegetais às condições climáticas e edáficas de uma determinada região (FOURNIER, 1974).

Para plantas de forma geral, locais onde o clima é altamente sazonal, como em regiões temperadas e nos trópicos secos, a fenologia de comunidades inteiras tende a seguir um padrão semelhante de ano para ano, embora modificações ocorram devido a diferenças climáticas entre os anos (FENNER, 1998). Pequenas alterações nas médias mensais de comprimento do dia durante o ano já proporcionaram efeitos nos processos de desenvolvimento em espécies de plantas tropicais (LARCHER, 2000). Eventos como precipitação, temperatura e umidade relativa influenciam tanto a fenologia vegetativa como a reprodutiva de espécies vegetais, podendo apresentar relação da atividade fenológica com a uma estação seca mais pronunciada, como ocorre no norte de Minas Gerais, de clima semiárido (AZEVEDO et al., 2014).

Em populações naturais, padrões fenológicos podem variar devido à heterogeneidade dos fatores ambientais e diferenças entre genótipo ou plasticidade fenotípica (RATHCKE; LACEY, 1985). A floração e a frutificação são eventos cruciais da história evolutiva das plantas e críticos para o sucesso reprodutivo das mesmas (MORELLATO et al., 2016). O conhecimento da

floração e da frutificação permite prever períodos de reprodução das plantas, seus ciclos de crescimento e outras características de grande importância no manejo florestal (FOURNIER, 1974). Além disso, por meio da fenologia é possível conhecer como é organizada a distribuição temporal dos recursos (flores e frutos), entender a dinâmica de reprodução e regeneração das plantas e a relação entre as plantas e os animais (CALVIN; PIÑA-RODRIGUES, 2005).

A partir de estudos fenológicos (GENINI; GALETTI; MORELLATO, 2009; HENDERSON et al., 2000a; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013; MARIANO et al., 2016; MENDES et al., 2017; PIRES et al., 2016) e de biologia da polinização (HENDERSON et al., 2000b; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013) percebe-se que diferentes populações podem apresentar respostas diferentes, dependendo do ambiente onde se encontram e do grau de interferências humanas; daí a necessidade de se investigar como as espécies vegetais estão respondendo às mudanças do meio.

As variáveis climáticas, como precipitação e temperatura, têm influenciado os períodos de floração e frutificação em palmeiras (CABRERA; WALLACE, 2007; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013; LISTABARTH, 1999; MENDES et al., 2017; PERES, 1994; URREGO et al., 2016). Dentre os trabalhos específicos para *M. flexuosa* estão os de Khorsand Rosa e Koptur (2013) e Storti (1993). Para *M. armatta* esses estudos são inexistentes.

M. flexuosa é uma palmeira dioica, com indivíduos que possuem apenas inflorescências estaminadas ou inflorescências pistiladas e polinização cruzada como sistema obrigatório para que ocorra a produção de frutos (STORTI, 1993). Seus frutos são fontes de recurso alimentar tanto para a fauna local como para os moradores da região de ocorrência, utilizados na subsistência e complementação de renda financeira. *M. armata* também é uma palmeira dioica, pertencente à mesma tribo de *M. flexuosa* (Mauritiinae) e apreciada pela população local, que

utiliza os frutos na alimentação. Não há registros de informações ecológicas sobre a espécie *M. armata*, tampouco sobre sua função no ecossistema.

Desta forma, investigações que gerem conhecimento sobre as espécies *M. flexuosa* e *M. armata* são de grande relevância, devido à importância que elas desempenham no ambiente e também para a manutenção e exploração das mesmas de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. R.; LOPES, M. A. Diversity of use and local knowledge of palms (Arecaceae) in eastern Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 21, p. 487-501, 2012.
- AZEVEDO, I. F. P. et al. Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 47-59, 2014.
- BAKER, W. J.; COUVREUR, T. L. P. Global biogeography and diversification of palms sheds light on the evolution of tropical lineages: I., historical biogeography. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 40, p. 274-285, 2013.
- BAKER, W. J.; DRANSFIELD, J. Beyond Genera Palmarum: progress and prospects in palm systematics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 182, p. 207-233, 2016.
- BAKER, W. J.; DRANSFIELD, J. Phylogeny, character evolution, and a new classification of the calamoid palms. **Systematic Botany**, Kent, v. 25, n. 2, p. 297-322, 2000.
- BARFOD, A. S.; HAGEN, M.; BORCHSENIUS, F. Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). **Annals of Botany**, London, v. 108, p. 1503-1516, 2011.
- BJORHOLM, S. et al. Environmental and spatial controls of palm (Arecaceae) species richness across the Americas. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 14, p. 423-429, 2005.
- BROKAMP, G. et al. Trade in palm products in North-Western South America. **The Botanical Review**, Bronx, v. 77, n. 4, p. 571-606, 2001.
- CABRERA, W. H.; WALLACE, R. Patrones fenológicos de ocho especies de palmeras en un bosque amazónico de Bolivia. **Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental**, Santa Cruz, v. 21, p. 1-18, 2007.
- CALDERÓN, M. E. P. Patrones de caída de frutos em *Mauritia flexuosa* L. f. y fauna involucrada em los procesos de remoción de semillas. **Acta Botanica Venezuelica**, Caracas, v. 25, n. 2, p. 119-142, 2002.

CALVIN, G. P.; PINÃ-RODRIGUES, F. C. M. Fenologia e produção de sementes de *Euterpe edulis* Mart. em trecho de floresta de altitude o município de Miguel Pereira-RJ. **Revista da Universidade Rural**, Seropédica, v. 25, n. 1, p. 22-40, 2005.

COUVREUR, T. L. P.; BAKER, W. J. Tropical rain forest evolution: palms as a model Group. **BioMedCentral Biology**, London, v. 11, p. 1-4, 2013.

COUVREUR, T. L. P.; FOREST, F.; BAKER, W. J. Origin and global diversification patterns of tropical rain forests: inferences from a complete genus-level phylogeny of palms. **BioMedCentral Biology**, London, v. 9, p. 1-12, 2011.

DRANSFIELD, J. et al. A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae. **Kew Bulletin**, London, v. 60, n. 4, p. 559-569, 2005.

EISERHARDT, W. L. et al. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**, London, v. 108, p. 1391-1416, 2011.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medicin de características fenológicas en arboles. **Turrialba**, San José, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

GALEANO, A. et al. Environmental drivers for regeneration of *Mauritia flexuosa* L.f. in Colombian Amazonian swamp forest. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 23, p. 47-53, 2015.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora**, London, n. 204, p. 131-145, 2009.

HENDERSON, A. **Evolution and ecology of palms**. Bronx: The New York B. G. Press, 2002.

HENDERSON, A. A review of Pollination studies in the Palmae. **The Botanical Review**, Bronx, v. 52, p. 221-259, 1986.

HENDERSON, A. et al. Flowering phenology of a palm community in a central Amazon forest. **Brittonia**, Bronx, v. 52, p. 149-159, 2000a.

HENDERSON, A. et al. Pollination of *Bactris* (Palmae) in an Amazon forest. **Brittonia**, Bronx, v. 52, n. 2, p. 160-171, 2000b.

KAHN, F. Palms as key swamp forest resources in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 38, p. 133-142, 1991.

KHORSAND ROSA, R.; BARBOSA, R. I.; KOPTUR, S. How do habitat and climate variation affect phenology of the Amazonian palm, *Mauritia flexuosa*? **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 29, n. 3, p. 255-259, 2013.

KHORSAND ROSA, R.; KOPTUR, S. New findings on the pollination biology of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in Roraima, Brazil: linking dioecy, wind, and habitat. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 100, n. 3, p. 613-662, 2013.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rimas Artes e Textos, 2000. 531 p.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: _____. **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer Verlag, 1974. p. 3-19.

LIMA, E. S. et al. Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central - DF. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 3, p. 361-370, 2003.

LISTABARTH, C. Palm pollination by bees, beetles and flies: why pollinator taxonomy does not matter: the case of *Hyospathe elegans* (Arecaceae, Arecoideae, Arecaceae, Euterpeinae). **Plant Species Biology**, Hoboken, v. 16, p. 165-181, 2001.

LISTABARTH, C. The palms of the Surumoni area (Amazonas, Venezuela): II., phenology and pollination of two flooded forest palms, *Mauritiella aculeata* and *Leopoldinia pulchra*. **Acta Botanica Venezuelica**, Caracas, v. 22, n. 1, p. 153-165, 1999.

MARIANO, G. C. et al. Modeling plant phenology database: blending near-surface remote phenology with on-the-ground observations. **Ecological Engineering**, New York, v. 91, p. 396-408, 2016.

MARTINS, R. C.; FILGUEIRAS, T. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Use and diversity of palm (Arecaceae) resources in Central Western Brazil. **The Scientific World Journal**, Cairo, v. 2014, p. 1-15, 2014.

MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, H. C. et al. Floral structure in *Acrocomia aculeata* (Arecaceae): evolutionary and ecological aspects. **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 301, p. 1425-1440, 2015.

MENDES, F. N. et al. Reproductive phenology of *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) in a coastal restinga environment in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 1, p. 29-37, 2017.

MONTÚFAR, R. et al. Disturbance and resilience in Tropical American Palm populations and communities. **The Botanical Review**, Bronx, v. 77, p. 426-461, 2011.

MORELLATO, L. P. C.; CAMARGO, M. G. G.; GRESSLER, E. A review of plant phenology in South and Central America. In: SCHWARTZ, M. D. (Ed.). **Phenology: an integrative environmental science**. Dordrecht: Springer, 2013. p. 91-113.

MORELLATO, L. P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, Essex, n. 195, p. 60-72, 2016.

NADOT, S. et al. The palm family (Arecaceae): a microcosm of sexual system evolution. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 182, p. 376-388, 2016.

PERES, C. A. Composition, density, and fruiting phenology of Arborescent Palms in an Amazonian Terra Firme Forest. **Biotropica**, Washington, v. 26, n. 3, p. 285-294, Sept. 1994.

PINTAUD, J. C. et al. Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. **Revista Peruana de Biología**, Lima, v. 15, n. 1, p. 7-29, 2008.

PIRES, H. C. G. et al. Padrão fenológico de *Attalea amaripa* (Aubl.) Mart. em Áreas de pastagens na Amazônia Oriental. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 170-179, 2016.

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

RULL, V.; MONTOYA, E. *Mauritia flexuosa* palm swamp communities: natural or human-made?: a palynological study of the Gran Sabana region (northern South America) within a neotropical context. **Quaternary Science Reviews**, Oxford, v. 99, p. 17-33, 2014.

STORTI, E. F. Biologia floral de *Mauritia flexuosa* Lin. Fil, na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 23, n. 4, p. 371-381, 1993.

SVENNING, J. C. et al. High tropical net diversification drives the New World latitudinal gradient in palm (Arecaceae) species richness. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 35, p. 394-406, 2008.

UHL, C.; DRANSFIELD, J. Genera Palmarum, a new classification of Palms and its implications. **Advances in Economic Botany**, Bronx, v. 6, p. 1-19, 1988.

URREGO, L. E. et al. Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 217, p. 1207-1218, 2016.

ZAMBRANA, N. Y. P. et al. Diversity of palm uses in the western Amazon. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 16, p. 2771-2787, 2007.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

**ARTIGO 1 - FENOLOGIA E ASPECTOS REPRODUTIVOS DE
Mauritiella armata (MART.) BURRET (ARECACEAE): ESPÉCIE CHAVE
DE VEREDA, SUDESTE DO BRASIL**

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo
com o Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

RESUMO

Pesquisou-se a fenologia reprodutiva e aspectos da biologia floral e reprodutiva de *Mauritiella armata*, uma espécie-chave de florestas higrófilas no sudeste do Brasil. O comportamento fenológico reprodutivo foi observado em dois anos consecutivos e testada a relação entre as fenofases e as variáveis ambientais. Aspectos da biologia floral, sistema sexual e biometria das inflorescências, flores pistiladas e estaminadas foram avaliados em diferentes indivíduos. A floração ocorreu na estação seca e início da chuvosa, e a frutificação na estação chuvosa. A dioícia, como sistema sexual, foi confirmada e houve sincronia de floração entre os sexos. As fenofases reprodutivas responderam às variações ambientais, tanto em relação ao período próximo da expressão da fenofase, como respostas decorrentes de variações ambientais anteriores - seis a oito meses antes da fenofase. As inflorescências masculinas foram maiores e apresentam maior número de flores, em contrapartida, as flores femininas foram maiores, em inflorescências menores. Foi observada alta viabilidade polínica, não houve produção de frutos sem fertilização e os aspectos florais indicaram entomofilia. A produção de frutos média é de 795 frutos por inflorescência, que representou 20% da quantidade de flores produzidas.

Palavras-chave: Comportamento reprodutivo. Biologia floral. Palmeira. Cerrado.

ABSTRACT

Research on reproductive phenology and aspects of the floral and reproductive biology of *Mauritiella armata*, a key species of swamp forests in southeastern Brazil. The reproductive phenological behavior was observed in two consecutive years and tested a relation between phenophases and environmental variables. Aspects of floral biology, sexual system and biometry of inflorescences and pistillate and staminate flowers was collected in different individuals. The flowering was observed in the dry season and the beginning of the rainy season, and the fruiting in the rainy season. The dioecious, as a sexual system, was confirmed and there was synchronization of flowering between the sexes. The reproductive phenophases responded to environmental variations, both in relation to the period near the expression of the phenophase, as responses resulting from previous environmental variations - six to eight months before the phenophase. The male inflorescences were larger and had a greater number of flowers; in contrast, the female flowers were larger in smaller inflorescences. It was observed high pollen viability, no fruit production without fertilization and floral aspects indicated entomophilia. The average fruit production is 795 fruits per inflorescence, which represented 20% of the amount of flowers produced.

Key words: Reproductive behavior. Floral biology. Palm tree. Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

As palmeiras são amplamente distribuídas na região tropical e apresentam grande diversidade e importância ecológica (EISERHARDT et al., 2011; HENDERSON, 2002; MOORE, 1973). As Arecaceae proveem importantes recursos para comunidades de frugívoros e polinizadores (BARFOD; HAGEN; BORCHSENIUS, 2011), influenciam os padrões de regeneração natural (PETERS et al., 2004) e são partes essenciais da biomassa e produtividade dos ecossistemas (GOODMAN et al., 2013). Além disso, apresentam grande potencial econômico e social na região de ocorrência (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995), devido à diversidade de produtos, especialmente aqueles relacionados aos seus frutos e sementes (CYMERYYS; PAULA-FERNANDES; RIGAMONTE-AZEVEDO, 2005; MARTINS; FILGUEIRAS; ALBUQUERQUE, 2014) são, então, consideradas espécies-chave em diversos ecossistemas tropicais (EISERHARDT et al., 2011; HENDERSON, 2002).

A maioria das espécies de palmeiras apresentam preferência por climas úmidos (EISERHARDT et al., 2011). Entretanto, o Cerrado brasileiro, que exibe um clima caracteristicamente sazonal, com verões chuvosos e quentes e invernos secos e frios (SILVA et al., 2008), é rico em espécies desta família, apresentando cerca de 60 espécies (MENDONÇA et al., 2008). Esse domínio, representado essencialmente por formações savânicas, exibe também vegetações associadas aos cursos d'água, tipicamente pantanosas, conhecidas como veredas, caracterizadas pela ocorrência da palmeira *Mauritia flexuosa* L. f. -*buriti* ou *aguaje* (RIBEIRO; WALTER, 2008). As veredas são sistemas complexos e, dependendo do seu estágio evolutivo, apresentam formações florestais associadas, as florestas higrófilas (BOAVENTURA, 2007; NUNES et al., 2015). Em algumas veredas, a ocorrência da espécie considerada como irmã genérica

de *M. flexuosa*, *Mauritiella armata* (Mart.) Burret, é marcante. Similar a *M. flexuosa*, *M. armata* apresenta grande importância ecológica e social, principalmente em relação a utilização de seus frutos, como alimento pela fauna e pelas populações tradicionais (MARTINS; FILGUEIRAS; ALBUQUERQUE, 2014). Entretanto, estudos sobre a ecologia de *M. armata* são inexistentes.

Estudos sobre reprodução e fenologia são essenciais para a compreensão do funcionamento do ecossistema (LIETH, 1974; MORELLATO et al., 2016). O conhecimento sobre as espécies-chave de ecossistemas, principalmente aquelas utilizadas de forma extrativista, tem sido prejudicado pela falta de pesquisas básicas (SILVA; SCARIOT, 2013). O acompanhamento fenológico permite avaliar o comportamento de uma população, como sincronia das fenofases vegetativas e reprodutivas e as influências ambientais sobre o ciclo de vida de uma espécie (FENNER, 1998). Do mesmo modo, aspectos da biologia reprodutiva e parâmetros biométricos das estruturas reprodutivas são de fundamental importância para o planejamento de estratégias de manejo sustentado.

Pesquisas que auxiliem estratégias de manejo sustentado das espécies de palmeiras do Cerrado são poucos (SILVA; SCARIOT, 2013) e no ambiente de veredas são exclusivos para *M. flexuosa* (SAMPAIO; SCHMIDT; FIGUEIREDO, 2008; SCARIOT; LLERAS; HAY, 1995). Deste modo, existe uma lacuna de conhecimento sobre a biologia de *M. armata*, o que representa um problema para sua conservação. Assim, objetivou-se neste estudo, descrever a fenologia reprodutiva e aspectos da biologia floral e reprodutiva de *M. armata*. Neste sentido, avaliou-se as mudanças da fenologia reprodutiva em relação às variáveis ambientais (precipitação, temperatura, comprimento do dia e umidade do ar e do solo), o sistema sexual e reprodutivo, variações biométricas das inflorescências e flores entre indivíduos pistilados e estaminados e

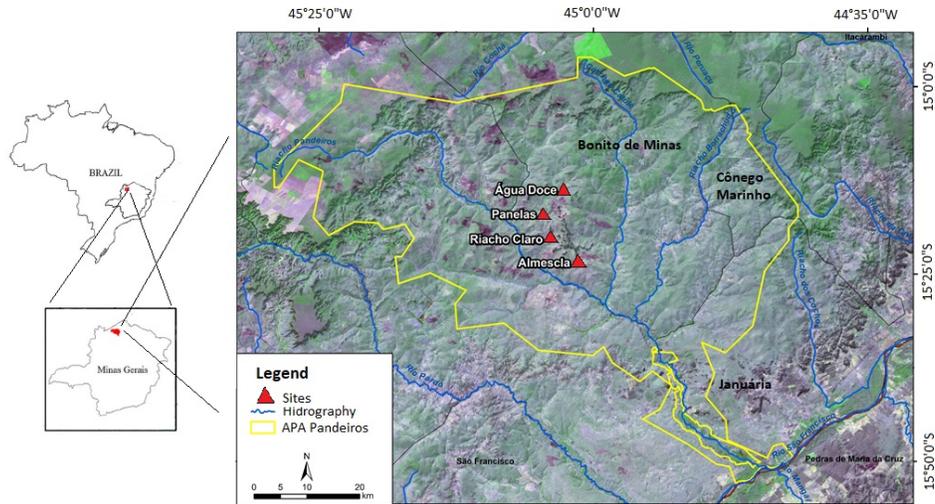
caracterização biométrica dos frutos e sementes na população em florestas higrófilas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

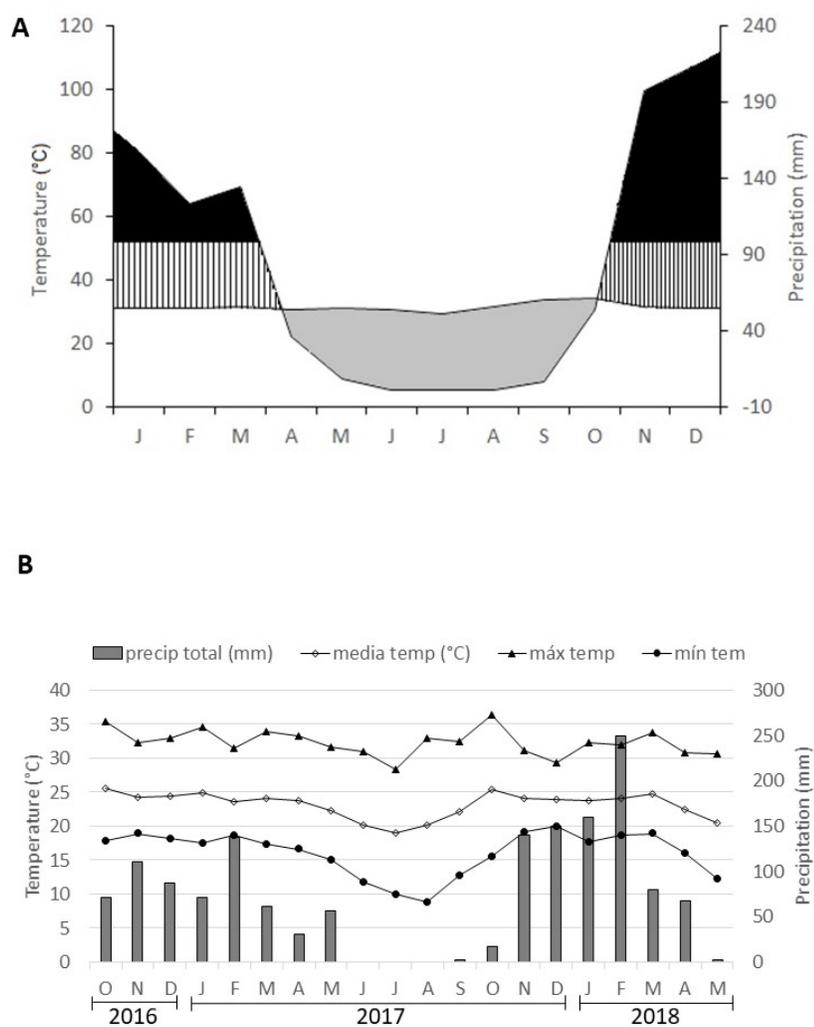
Populações de *M. armata* foram selecionadas em veredas (florestas higrofilas) na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, no município de Bonito de Minas (Minas Gerais, Brasil) (FIGURA 1). A área de estudo encontra-se no extremo norte de Minas Gerais cuja vegetação predominante é o cerrado. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é tropical úmido e seco (Aw), com inverno seco bem definido e verões chuvosos (ALVARES et al., 2014). A temperatura média anual é de 26,8 °C e a precipitação média é de aproximadamente 920 mm.ano⁻¹, com chuvas concentradas nos meses de novembro a janeiro (AZEVEDO et al., 2014). Segundo Azevedo et al. (2014), duas estações climáticas são características na área: a estação seca, que vai de maio a setembro, e a chuvosa, de novembro a janeiro, os meses de fevereiro, março, abril e outubro são transitórios. No período de outubro de 2016 a maio de 2018, a maior média mensal de temperatura na região foi de 25,5°C, em outubro de 2016, e a menor foi de 18,9°C, em julho de 2017. A maior precipitação (249 mm) ocorreu em fevereiro de 2018 com ausência de chuva em junho, julho e agosto de 2017 (FIGURA 2). Tipicamente, em áreas caracterizadas por veredas, o solo é saturado de água, formado a partir de resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição como Histossolos Mésicos e Gleissolos Háplicos (ÁVILA et al., 2016; RAMOS et al., 2006).

Figura 1 - Mapa de localização da Área de Proteção Ambiental e das veredas onde foram marcados os indivíduos estudados, norte de Minas Gerais.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 2 - Dados climáticos de precipitação e temperatura obtidos a partir da Estação Climática de Januária, para os anos de 1988–2018 (A) e dados de precipitação mensal (barras) e média mensal de temperatura (linhas) para o período de outubro de 2016 a maio de 2018 (B), coletados da estação meteorológica (Davis Vantage Pro2 Plus) na área de estudo.



Fonte: Da autora (2019).

2.2 Espécie estudada

Mauritiella armata (Mart.) Burret é conhecida popularmente por buritirana, xiriri e buriti-mirim. Distribui-se na América do Sul (Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela) e no Brasil é encontrada nos domínios vegetacionais da Amazônia, Cerrado e Caatinga (LEITMAN et al., 2015). Possui associação com solos úmidos, podendo formar povoamentos densos e extensos em forma de touceiras (ITTO RO-LAC, 2014), em florestas ciliares ou de galeria (LEITMAN et al., 2015).

Mauritiella armata é uma palmeira de dossel ou subdossel, com caules múltiplos, de até 20 m de altura, e 15-25 cm de diâmetro, pelo menos na parte inferior armada, de raiz cônica curta com espinhos; mas geralmente apresentam múltiplos estipes cobertos por espinhos; folhas divididas com cerca de 20 segmentos, estes abaixo com um indumento preto, semelhante a uma teia; inflorescências interfoliare e frutas globosas de aproximadamente 3 cm de comprimento, coberto com escamas castanhas avermelhadas (BORCHSENIUS; BORGTOFT; BALSLEV, 1998).

Segundo Martins, Filgueiras e Albuquerque (2014), as folhas e os pecíolos são utilizados para edificações e artesanato, e a raiz e os frutos como alimento e produto medicinal. Na região do estudo, os moradores tradicionais próximo às veredas extraem de seus frutos um suco semelhante ao do buriti, localmente chamado de leite de xiriri.

2.3 Fenologia Reprodutiva

Para o acompanhamento fenológico foram selecionados um total de 100 indivíduos adultos (59 pistilados e 41 estaminados) de *M. armata*, em boas condições fitossanitárias (ausência aparente de doenças e infestações de

parasitas) e raio de distância mínima de 10 m entre si. Alguns indivíduos apresentavam vários estipes, porém apenas um único estipe de cada indivíduo foi marcado e monitorado. As avaliações fenológicas foram realizadas mensalmente durante 24 meses (novembro de 2015 a outubro de 2017). Foram registradas as fenofases de floração (surgimento dos botões florais e flores abertas) e frutificação (frutos imaturos e maduros) (FIGURA 3).

Figura 3 - Fenofases de floração e frutificação de *M. armata* avaliadas nas veredas estudadas. A = botão floral, B = flores abertas, C = frutos imaturos e D = frutos maduros.



Fonte: Da autora (2019).

Com as informações fenológicas foi calculado o índice de atividade (frequência das fenofases na população) (BENCKE; MORELATTO, 2002). Para estimar a ocorrência e intensidade de sazonalidade na distribuição da fenofases ao longo do ano foi usado o teste de Rayleigh (z) para a distribuição circular. Para tanto, os meses foram convertidos em ângulos, ou seja, 0° = janeiro, sucessivamente até 330° = dezembro, em intervalos de 30° . Foi calculado o ângulo médio, o desvio padrão angular, comprimento do vetor r e a significância do ângulo (ZAR, 1999). As fenofases que apresentaram ângulo médio significativo ($p < 0,05$) foram convertidas em data média. Essas análises foram realizadas no software Oriana 4.0 (KOVACH, 1994).

Com a finalidade de estudar os efeitos das variáveis ambientais de temperatura (máxima, média e mínima), precipitação total (mm), umidade do ar (%) e comprimento do dia na floração e frutificação de *M. armata*, usamos análise de séries temporais de correlação cruzada (*Cross correlation*), durante 20 meses (outubro de 2016 a maio de 2018). As variáveis ambientais foram obtidas a partir de estação meteorológica instalada na área de estudo (Davis Vantage Pro2 Plus weather station) e as medidas de comprimento do dia foram retiradas do site Solar Topo (<http://www.solartopo.com/duracao-do-dia.htm>). Para isso, os valores mensais dos picos de atividade foram correlacionados com os valores das diferentes variáveis climáticas utilizando o programa PAST (HAMMER et al., 2001).

A umidade do solo foi obtida por meio de coleta de solo (20cm de profundidade), realizada mensalmente a um raio de 30 cm de cada indivíduo marcado, durante 14 meses (agosto de 2016 a setembro de 2017). As amostras foram levadas para o laboratório em recipientes de plástico totalmente fechados e pesadas para determinação da massa fresca (MF), depois foram submetidas à secagem em estufa de ar circulante a 70°C até atingir massa constante. Em seguida, foram novamente pesadas para determinação da massa seca (MS). O

teor de umidade foi calculado pela fórmula: $U_{solo} (\%) = 9(MF-MS) / MF \times 100$, onde: MF = massa fresca do solo e MS = massa seca do solo, adaptado de Blake (1996). Para a fenofase de frutificação, utilizamos apenas os dados dos indivíduos femininos. As análises foram realizadas no programa R Studio versão 3.3.1 (R CORE TEAM, 2018). Para analisar a relação da floração e da frutificação com a umidade do solo, procedimentos GLMM (Modelo Linear Generalizado Misto) foram realizados assumindo uma distribuição de *Poisson*, atendendo as condições de ausência de *overdispersion*.

2.4 Biologia floral e reprodutiva

Para a obtenção de informações sobre aspectos da biologia floral e confirmação do sistema sexual de *M. armata*, flores de diferentes indivíduos foram coletadas e fixadas em etanol 70% para melhor visualização da sua morfologia em laboratório. Foram investigadas a presença e a localização de regiões florais emissoras de odor em flores estaminadas frescas. Para tanto, peças florais foram separadas em diferentes *ependorfs* e agitadas para estimular e ativar a liberação e percepção do odor. Para a comprovação da localização das regiões emissoras de odor, foi realizado o teste com as flores frescas submergidas em vermelho neutro (VOGEL, 1983), posteriormente lavadas em água corrente e observadas as partes coradas no microscópio estereoscópico.

Para análise da viabilidade polínica, foram coletados botões florais em pré-antese de 10 indivíduos e armazenados em etanol 70%. As anteras foram retiradas e maceradas em lâminas, com três gotas de carmim acético 2%, por cinco minutos. Para cada indivíduo foram montadas cinco lâminas e analisados 300 grãos por lâmina. Os grãos de pólen foram classificados como viáveis quando apresentaram exina intacta e não viáveis quando não corados ou com tamanho visivelmente anormal e de coloração clara (RADFORD et al., 1974).

Em relação ao sistema reprodutivo, a apomixia como meio de reprodução foi testada por meio do ensacamento das flores pistiladas. Os testes foram realizados em dois indivíduos, devido às dificuldades de acesso às inflorescências, como altura e espinhos. Em cada indivíduo foram ensacadas 20 ráquias com botões florais em pré-antese. As ráquias foram monitoradas durante três meses para acompanhamento da formação de frutos. Foi avaliado o transporte de pólen pelo vento, com o uso de 15 placas de *petri* com vaselina, distribuídas em cinco indivíduos. Essas placas foram fixadas na posição horizontal ou vertical próximas das inflorescências pistiladas. Após 24 horas as placas de *petri* foram retiradas e observadas em microscópio estereoscópico.

2.5 Biometria das estruturas reprodutivas

Foram coletadas um total de 37 inflorescências estaminadas e 31 inflorescências pistiladas, de indivíduos diferentes. Foi medido o comprimento total da inflorescência, incluindo o pecíolo e a raque principal, e quantificado o número de ramificações. Foram selecionadas três ramificações da base, do meio e ápice de cada inflorescência para medição e contagem da quantidade de ráquias em cada ramificação e de flores em cada ráquila. Para essa caracterização foram utilizadas inflorescências da estação anterior, que por serem rígidas, mantém as suas características e as cicatrizes das flores e/ou frutos. A quantidade média de flores por inflorescência também foi calculada, mediante a quantificação das cicatrizes das flores mantidas nas inflorescências.

A biometria das flores foi feita com material fresco, com medições do comprimento de 50 flores estaminadas e 50 flores pistiladas de indivíduos diferentes, utilizando paquímetro digital. Para verificar diferenças entre as variáveis das inflorescências e entre flores masculinas e femininas foi utilizado Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) seguido de LsMeans test para

médias no programa R com distribuição adequada a cada teste realizado (Apêndice) e com atendimento das condições de normalidade, ausência de *overdispersion* e *homocedasticidade*.

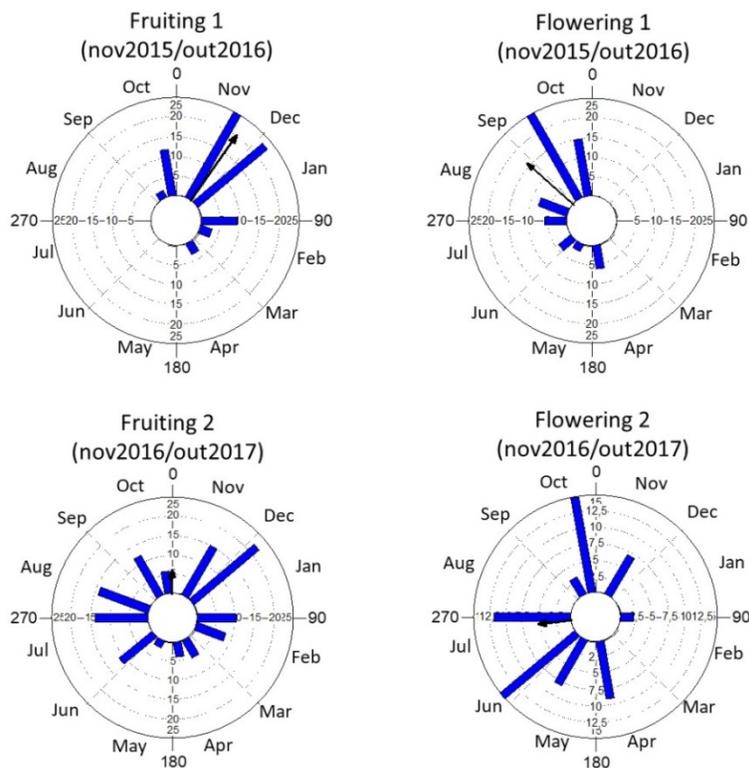
A biometria dos frutos e sementes foi feita a partir de 800 frutos coletados de, aproximadamente 10 indivíduos diferentes provenientes das quatro áreas. Foram verificadas as máximas, médias e mínimas de tamanho, espessura e peso de cada fruto/semente em relação ao seu comprimento, largura e o peso.

3 RESULTADOS

3.1 Fenologia reprodutiva

A floração de *M. armata* ocorreu na estação seca e início da chuvosa, e a frutificação na estação chuvosa. No primeiro ano de avaliação a floração foi sazonal, ocorrendo de abril a outubro de 2016, com pico em setembro (data média = 20/07/16; $r = 0,639$), no segundo ano (2017) foi irregular ($r = 0,339$), com florescimento durante todo o período. No início do acompanhamento fenológico, foi observada frutificação, que apresentou pico em dezembro de 2015 (data média = 13/12/2015; $r = 0,813$). No segundo ano de observação (FIGURA 4) a frutificação foi irregular ($r = 0,245$) e assíncrona, com baixa frequência na população avaliada.

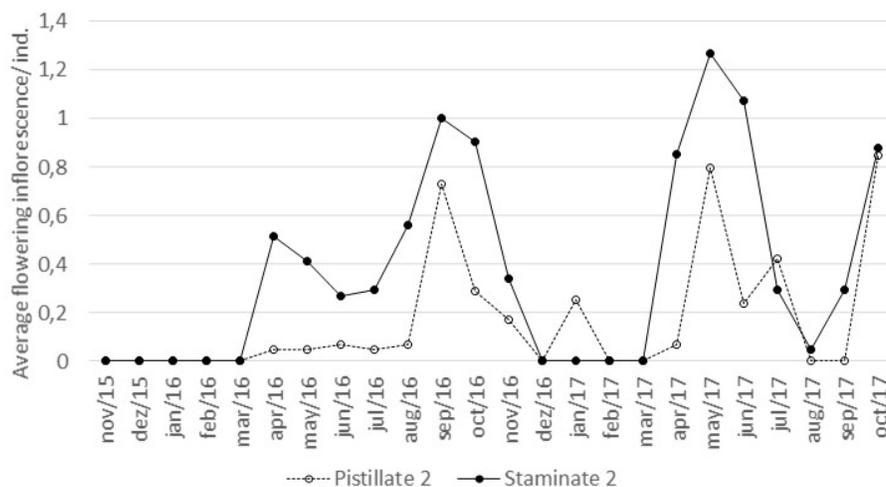
Figura 4 - Histogramas circulares das frequências de picos da intensidade de floração e frutificação de *M. armata* em dois anos de observação (novembro/ 2015 a outubro/ 2017). As setas pretas indicam o ângulo médio e o comprimento da seta corresponde à média do valor do vetor (r) ou o grau de sazonalidade. Ordem cronológica.



Fonte: Da autora (2019).

Houve sincronia no período de floração entre os sexos. Foi observado que os indivíduos estaminados e pistilados apresentaram picos de floração em setembro de 2016 e maio de 2017. Em julho de 2017, houve uma pequena assincronia, com um leve aumento na produção de flores pistiladas, e uma queda na produção de flores estaminadas.

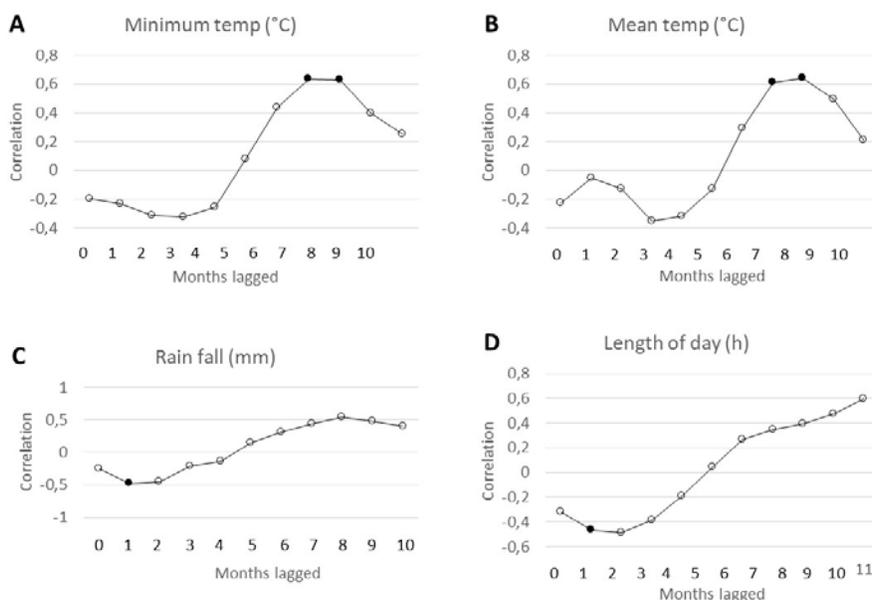
Figura 5 - Média de inflorescências estaminadas e pistiladas de *M. armata* no período de observação (novembro de 2015 a maio de 2018).



Fonte: Da autora (2019).

A floração apresentou correlação positiva com as variáveis de temperatura mínima e média e negativa com a precipitação e comprimento do dia. As temperaturas exerceram influência positiva na floração, sete e oito meses antes do pico de floração (FIGURA 6A e B), e a precipitação e comprimento do dia interferiram negativamente, um mês antes, indicando que o pico de floração é influenciado pela ocorrência de dias maiores e de baixa precipitação (FIGURA 6C e D).

Figura 6 - Correlação cruzada das variáveis climáticas com o período de floração de *M. armata*. Círculos pretos indicam diferença significativa ($p < 0,005$). A = Temperatura mínima; B = Temperatura média; C = Precipitação; e D = Comprimento do dia.

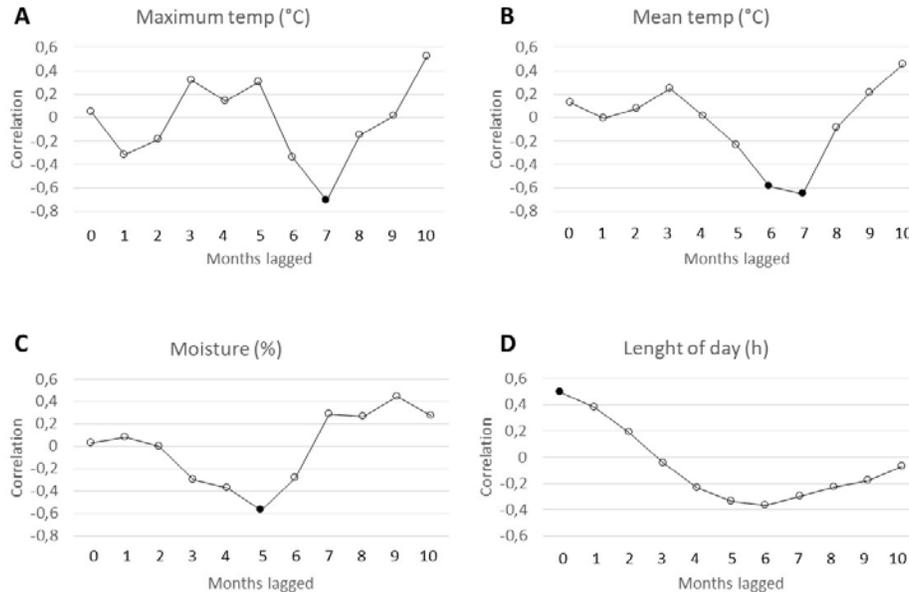


Fonte: Da autora (2019).

A frutificação também apresentou correlação com as temperaturas máxima e média, mas de forma negativa, exercendo influência na produção de frutos 6 e 7 meses, antes do pico de frutificação (FIGURA 7A e B). A precipitação exerceu influência negativa um e dois meses antes do pico de frutificação, e o comprimento do dia também influenciou negativamente o pico de frutificação um mês antes, sugerindo que a frutificação é influenciada pela ocorrência de dias curtos e período seco (FIGURA 7C e D), em meses anteriores. Nas duas fenofases, a maioria das variáveis climáticas se correlacionaram negativamente.

Os picos de floração ($p < 0,05$) e frutificação ($p < 0,01$) foram afetados negativamente pela umidade do solo em relação ao indivíduo. A maior intensidade de flores e de frutos ocorreu nos indivíduos situados em locais de menor umidade (ANEXO A).

Figura 7 - Correlação cruzada das variáveis climáticas com o período de frutificação de *M. armata*. Círculos pretos indicam diferença significativa ($p < 0,005$). A = Temperatura máxima; B = Temperatura média; C = Umidade do solo; e D = Comprimento do dia.



Fonte: Da autora (2019).

3.2 Biologia floral e reprodutiva

A dioicia, como sistema sexual, foi confirmada para *M. armata*, com indivíduos somente com flores pistiladas e indivíduos somente com flores

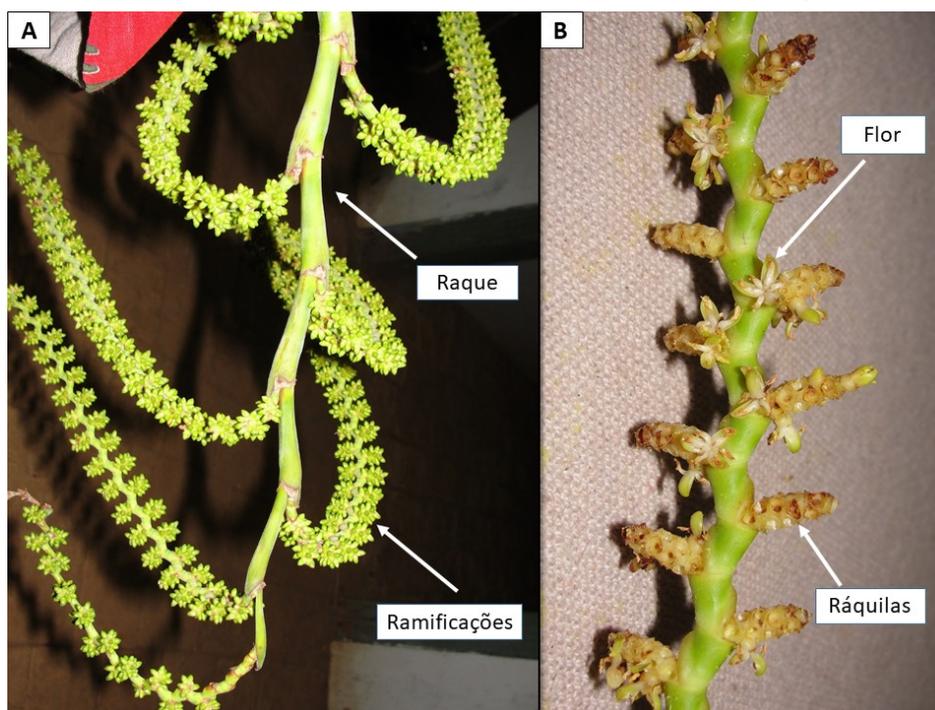
estaminadas. No entanto, também foi identificado um indivíduo de *M. armata* que apresentava na mesma inflorescência tanto flores pistiladas quanto flores estaminadas, em desacordo com a condição de dioícia. A funcionalidade das flores femininas foi comprovada com a produção dos frutos.

As flores de *M. armata* possuem três sépalas e três pétalas coriáceas, na cor amarelo claro. As flores pistiladas apresentam um estigma trilobado e seis estaminódios, enquanto que as flores estaminadas possuem seis estames e um pistilódio trilobado central. Todas as peças das flores estaminadas emitiram cheiro forte e levemente adocicado. Com o teste em vermelho neutro, foi possível identificar que o estame foi corado em toda a sua extensão, desde a base dos filetes até as anteras, demonstrando as regiões de concentração dos osmóforos. A viabilidade polínica foi alta em todos os indivíduos analisados, com média de 94%. Os testes realizados para verificar a apomixia não resultaram na formação de frutos, descartando a capacidade de as flores pistiladas produzirem frutos na ausência da polinização. O transporte do pólen através do vento não foi comprovado, uma vez que não foram encontrados grãos de pólen da espécie nas placas de *petri* colocadas nas inflorescências pistiladas.

3.3 Biometria das estruturas reprodutivas

As inflorescências de *M. armata* são interfoliares com raque principal, estrutura de maior diâmetro, e várias ramificações em primeira ordem, da base ao ápice da raque. Nas ramificações estão inseridas as ráquulas, curtas e numerosas, que emitem as flores. As ramificações e ráquulas são dispostas de forma alternada nas inflorescências (FIGURA 8).

Figura 8 - Inflorescências de *M. armata* evidenciando as estruturas reprodutivas: raques, ramificações, ráquilas e flores. A = Inflorescência masculina e B = Detalhe de uma ramificação.



Fonte: Da autora (2019).

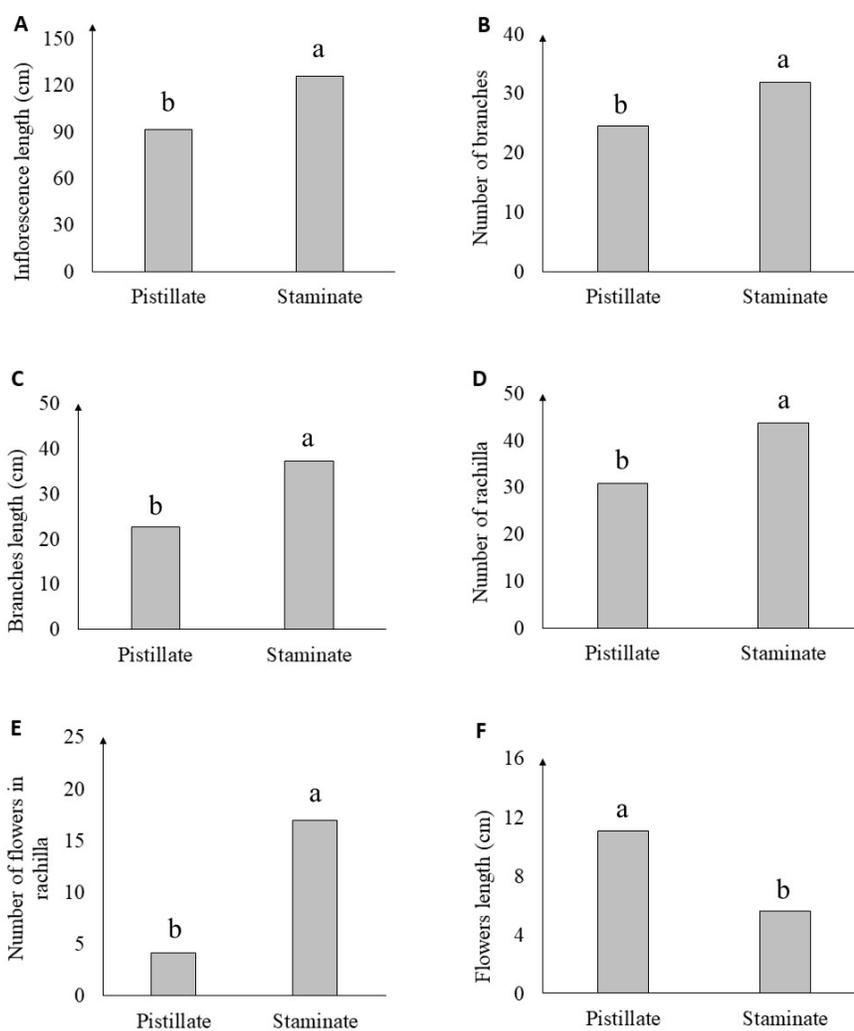
As inflorescências de *M. armata* apresentaram diferenças em todos os parâmetros biométricos em relação à expressão sexual (FIGURA 9A-F). As inflorescências estaminadas são maiores, com comprimento total variando de 75-215cm (média de $125,96 \pm 34,64$ cm). Consequentemente, as inflorescências estaminadas possuem maior quantidade de ramificações (13-47, média de $31,93 \pm 8,20$), de ráquilas por ramificações (média de $44,11 \pm 12,89$) e flores por ráquila (média de $16,76 \pm 4,88$), apresentando uma média de 31.641 flores estaminadas por inflorescência e tamanho médio de $5,61 \pm 0,32$ cm. As flores pistiladas foram maiores, apresentando tamanho médio de $11,06 \pm 0,76$ cm. As inflorescências pistiladas são menores, com comprimento total variando de 43-

124cm (média de $94,19 \pm 26,53$), ramificação variando de 14-34 cm (média de $24,57 \pm 5,29$), número médio de ráquulas por ramificações de $31,07 \pm 6,80$ e média de $4,08 \pm 0,66$ de flores por ráquila, com cerca de 3.956 flores pistiladas por inflorescência. Cada inflorescência produz em média 795 frutos. Os indivíduos pistilados emitem de uma a sete inflorescências (média de quatro por indivíduo). Logo, o indivíduo produz em média 15.824 flores, das quais apenas 14% geram frutos, o que corresponde a 2.216 frutos por indivíduo.

Ao avaliar as ramificações dos dois sexos, de acordo com a sua posição na raque principal, em ápice, meio e base, também encontramos diferenças em relação ao seu tamanho, comprimento e quantidade das ráquulas e número de flores. As ramificações e as ráquulas do ápice são menores do que as da base e do meio, e também se encontram em menor quantidade (FIGURA 10A-D).

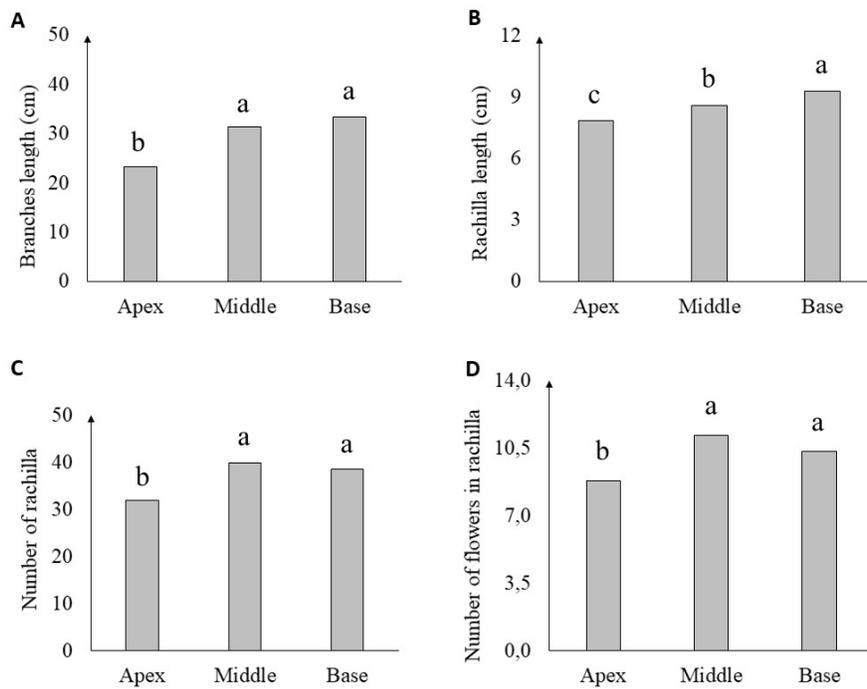
Os frutos variaram em comprimento de 1,64 a 4,12cm (média de $3,04 \pm 0,37$ cm), em espessura de 1,50 a 2,97cm (média de $2,07 \pm 0,17$ cm) e peso em 1,14 a 13,95g (média de $7,38 \pm 1,74$ g). As sementes apresentaram variação em comprimento de 1,31 a 3,20cm (média de $2,36 \pm 0,29$ cm), em espessura de 0,58 a 2,86cm (média de $1,58 \pm 0,17$) e peso de 1,04 a 9,51g (média de $3,82 \pm 1,04$ g).

Figura 9 - Variáveis biométricas das estruturas reprodutivas das inflorescências estaminadas e pistiladas de *M. armata*. Tratamentos com médias com letras iguais não diferiram pelo teste LsMeans, com nível de significância de 5%.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 10 - Variáveis biométricas das estruturas reprodutivas de *M. armata* em diferentes posições (ápice, meio e base) das inflorescências. Tratamentos com médias com letras iguais não diferiram pelo teste LsMeans, com nível de significância de 5%.



Fonte: Da autora (2019).

4 DISCUSSÃO

Mauritiella armata apresentou fenologia reprodutiva associada às variações ambientais nos dois anos de estudo. Apesar do pico de floração ocorrer na transição entre as estações seca e chuvosa e a frutificação na estação chuvosa, existem gatilhos ambientais associados a eventos anteriores, como a influência da temperatura de seis a oito meses antes da reprodução (HÜLBER; WINKLER; GRABHERR, 2010; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013; MORELLATO et al., 2016). Este fato está relacionado à emissão das estruturas reprodutivas, que foram observadas desde o início das avaliações (novembro de 2015). A frutificação de *M. armata* também foi influenciada pela temperatura, o que também foi observado para as palmeiras *M. flexuosa* (KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013) e *Syagrus romanzoffiana* (BEGNINI; SILVA; CASTELLANI, 2013). A temperatura é um dos fatores ambientais mais importantes relacionados à reprodução das plantas, pois ela interfere nos processos da fotossíntese e no balanço Carbono/Nitrogênio, conseqüentemente, no período ideal para florescimento e para a iniciação de primórdios das flores (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979).

A precipitação e o comprimento do dia também são fatores ambientais determinantes da fenologia reprodutiva (BEGNINI; SILVA; CASTELLANI, 2013; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013; MCLAREN; MCDONALD, 2005; MORELLATO et al., 2000). A influência da precipitação na floração de palmeiras varia de acordo com a espécie e depende das condições edafoclimáticas (BEGNINI; SILVA; CASTELLANI, 2013; PIRES et al., 2016). Por exemplo, em *M. flexuosa*, a floração ocorre na transição entre estação úmida/seca (de agosto para novembro) e a precipitação exerce influência negativa nesta fenofase. Entretanto, para a mesma espécie, a ocorrência de chuvas 3 meses antes da floração pode ser considerada como um dos principais

gatilhos da floração (KHORSAND ROSA; KOPTUR, 2013). Do mesmo modo, tanto as inflorescências, quanto as infrutescências de *Syagrus romanzoffiana*, apresentam correlações positiva e negativa, respectivamente, com o fotoperíodo, precipitação e temperatura (BEGNINI; SILVA; CASTELLANI, 2013). Assim, como nestas espécies, a reprodução de *M. armata* é determinada pelas variações na precipitação e comprimento do dia em um ou dois meses anteriores, mostrando gatilhos ambientais determinantes da ocorrência de picos de floração e frutificação. Borchert et al. (2004) verificaram que variação sazonal na precipitação e na água do solo parecem constituir não apenas a causa imediata, mas também a causa última da periodicidade de floração.

Os ciclos fenológicos de plantas tropicais são complexos, apresentando padrões irregulares de difícil reconhecimento, especialmente em estudos de curto prazo, como no presente trabalho. Por existir uma relação intrínseca entre fatores ambientais (como o clima), sucesso reprodutivo (polinização e dispersão) e fenologia, variações anuais na época de floração e frutificação são comuns (BENKE; MORELLATO, 2002). No caso específico de palmeiras, existem poucos trabalhos, principalmente sobre os padrões de reprodução (CASTRO et al., 2007). Além disso, nem sempre o padrão fenológico em palmeiras é sazonal (GALETTI; PIZO; MORELLATO, 2006; HENDERSON et al., 2000; SAMPAIO; SCARIOT, 2008). Os indivíduos de palmeiras tendem a florescer em uma estação climática específica e apresentam pouca sincronia e longos períodos de frutificação (GALETTI; PIZO; MORELLATO, 2006; HENDERSON et al., 2000), o que as fazem ser consideradas espécies-chaves, com frutos disponíveis em épocas de escassez de alimentos (EISERHARDT et al., 2011). Para *M. armata* existe uma tendência de produção de flores, que se inicia no período de transição da estação chuvosa para a seca, ocorrendo durante toda estação seca e diminuindo na transição para a chuvosa. Do mesmo modo, a frutificação tende a ocorrer na estação chuvosa. Porém, existe grande

irregularidade entre os indivíduos e entre os anos de estudo. Assim, para entender melhor a reprodução da espécie e fatores e estratégias ecológicas determinantes de sua reprodução, deve ser investigado o sistema de polinização, que apresentam respostas associadas a sincronia e duração da floração e, conseqüentemente, afeta a produção de frutos (BARFOD; HAGEN; BORCHSENIUS, 2011; GENINI; GALETTI; MORELLATO, 2009; KHORSAND ROSA; KOPTUR, 2013; KNUDSEN; TOLLSTEN; ERVIK, 2001; MENDES et al., 2017). Por exemplo, em *Mauritiella aculeata* as flores pistiladas e estaminadas (cores brilhantes e perfumadas) duram em média cinco dias e a polinização é realizada por abelhas, maiores agentes polinizadores deste grupo taxonômico (LISTABARTH, 1999).

Além da influência das variáveis climáticas na fenologia reprodutiva da população de *M. armata*, os indivíduos mostraram respostas diferenciais na floração e frutificação em relação a umidade do solo. A maior atividade reprodutiva foi observada em indivíduos que estavam localizados nos solos com menor umidade. Apesar de a espécie habitar preferencialmente solos encharcados e úmidos, a diminuição da umidade pode ser um gatilho ambiental que induz o aumento da produção de flores e frutos. Essa resposta pode indicar um gradiente ambiental mais favorável, pois a diminuição do estresse hídrico promove melhor performance da planta. Em solo úmido, a taxa de absorção de água é controlada principalmente por dois fatores - a taxa de transpiração e pela eficiência dos sistemas radiculares como superfícies absorventes (PALLARDY, 2008). Ao contrário, a maior reprodução em solos mais secos pode ser uma resposta da planta ao um ambiente desfavorável à sua sobrevivência, aumentando a capacidade de colonização de novos ambientes pelos seus descendentes.

Os indivíduos de *M. armata* apresentavam muitos danos causados por gafanhotos (observação dos autores), principalmente no mês de novembro de

2016, com perda quase total do limbo foliar da maioria das folhas da planta. Na palmeira *Calyptrogyne ghiesbreghtiana*, a remoção de folhas suprimiu a produção de inflorescência durante os dois anos consecutivos (CUNNINGHAM, 1997). A produção de folhas pode influenciar a atividade reprodutiva nas palmeiras, pois as estruturas reprodutivas emergem dos brotos nas axilas foliares (SAMPAIO; SCARIOT, 2008). Assim, a maior taxa de floração é determinada pela taxa de produção de folhas (ATAROFF; SCHWARZKOPF, 1992; CUNNINGHAM, 1995). Deste modo, a perda das folhas pela herbivoria excessiva pode determinar variações fenológicas significativas, principalmente na reprodução de *M. armata*. Além disso, um período de floração abundante leva a ocorrência seguida de um período de pouca floração, visto que muitas vezes, há um custo para a reprodução que se reflete na troca de recursos da planta. Por exemplo, essa é uma estratégia de *C. ghiesbreghtiana*, que usa as reservas armazenadas para sobreviver a períodos de baixa disponibilidade de recursos e reduz o custo de reprodução (CUNNINGHAM, 1997). Assim, variações anuais nos padrões fenológicos dependem de diversos fatores ambientais (abióticos e bióticos), que determinam as respostas adaptativas das plantas.

A expressão sexual de uma espécie reflete o seu sistema de polinização e consequentemente, o sistema reprodutivo (HENDERSON et al., 2000). *Mauritiella armata* é uma espécie dioica - sistema sexual registrado em cerca de 30% das espécies de palmeiras, mecanismo de promoção da polinização cruzada (NADOT et al., 2016). Em *M. aculeata*, com sistema estritamente dioico, flores hermafroditas foram encontradas em um indivíduo predominantemente masculino (LISTABARTH, 1999), assim como em *M. armata* no presente estudo. O grau de dimorfismo sexual observado em espécies dioicas está correlacionado com o modo de polinização (insetos ou vento) e outros fatores ecológicos, no caso daquelas que são susceptíveis a produzirem flores do sexo

oposto em condições ambientais desfavoráveis, por terem evoluído a dioicidia via monoicidia (FREEMAN et al., 1997). Com a separação completa dos sexos em diferentes indivíduos dentro da população, a polinização cruzada se torna obrigatória, com a atuação de um agente polinizador biótico ou abiótico, definindo, assim, a xenogamia como o sistema reprodutivo de *M. armata*, uma vez que foi descartada a apomixia.

Em diversos grupos de palmeiras tropicais, os estudos têm indicado que a polinização por insetos (entomofilia) ocorre com maior frequência, tendo a polinização por besouros (cantarofilia) como a síndrome de polinização em algumas espécies extremamente especializada (BARFOD; HAGEN; BORCHSENIUS, 2011; HENDERSON, 1986, 2002; SCARIOT; LLERAS; HAY, 1991; STORTI, 1993). Entretanto, também é referida a polinização pelo vento (anemofilia) (BERRY; GORCHOV, 2004; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013) e a combinação de duas ou mais síndromes de polinização (CULLEY; WELLER; SAKAI, 2002; SCARIOT; LLERAS; HAY, 1991). Em alguns casos, pode acontecer a combinação da polinização pelo vento com a polinização por insetos, ambofilia (CULLEY; WELLER; SAKAI, 2002; MANGLA; GUPTA, 2015).

A anemofilia é considerada um sistema de polinização derivado, que evoluiu da entomofilia em resposta à limitação dos polinizadores e às mudanças do ambiente. Dessa forma, a ambofilia representa um estado intermediário na transição da entomofilia para anemofilia (KHORSAND ROSA; KOPTUR, 2013). *Mauritiella armata* apresenta características potenciais para ser polinizada, tanto pelo vento, quanto por insetos. Além da dioicidia (BAWA, 1980; CHAZDON et al., 2003) outras características como flores pequenas e em grande quantidade, pétalas pequenas e discretas, ausência de nectários, poucos óvulos por flor, grande produção de pólen e floração síncrona, são associadas à anemofilia em palmeiras (KHORSAND ROSA; KOPTUR, 2013). No entanto,

não foi confirmado que o vento seja responsável pelo transporte do pólen entre os indivíduos estaminados e pistilados nesse estudo. Em contrapartida, a função da produção de odor das flores estaminadas na atração de polinizadores pode ser comprovada com a visualização de visitantes florais, como Curculionidae, com pólen em determinadas partes do corpo (observação dos autores), dando indícios da participação desses insetos na polinização da espécie.

A composição de voláteis presentes no odor liberado pelas flores estaminadas e pistiladas de *M. flexuosa* foram semelhantes entre os sexos (KNUDSEN; TOLLSTEN; ERVIK, 2001). Segundo os mesmos autores, a forte fragrância registrada é típica de espécies polinizadas por besouros, que usam o odor como principal guia para a polinização. Nas espécies de palmeiras, quando a cor é discreta e o odor é mais intenso, como registrado nas flores estaminadas de *M. armata*, o reconhecimento e localização das flores pelos polinizadores são feitos pelo estímulo olfativo, uma das características da cantarofilia (FAEGRI; PIJL, 1979; OLIVEIRA; COUTURIER; BESERRA, 2003).

A viabilidade polínica pode garantir maior sucesso reprodutivo e aumento na variabilidade genética por meio do fluxo gênico na população (FRESCURA et al., 2012). Em *M. armata* foi encontrada alta viabilidade dos grãos de pólen, indicando uma estratégia da planta para garantir sucesso na reprodução (OLIVEIRA; COUTURIER; BESERRA, 2003; OSTROROG; BARBOSA, 2009). Este fato é importante para espécies dioicas, dependentes da polinização cruzada (HENDERSON, 2002).

As variáveis biométricas de *M. armata* apresentaram diferenças em relação às posições na inflorescência. O ápice apresentou menores médias em todos os parâmetros avaliados, enquanto que o meio e a base diferiram somente no comprimento das ráquulas. A maior abundância de estruturas (ráquulas e flores) na região basal deve estar relacionada à maior disponibilidade de recurso nessa região, visto que o acesso diferenciado de recursos nutricionais pode

influenciar a distribuição, a morfologia e o funcionamento das flores (MAZZOTTINI-DOS-SANTOS et al., 2015). Além disso, os indivíduos avaliados apresentaram as inflorescências estaminadas maiores, com maior quantidade de ráquulas e mais flores do que as pistiladas, as flores pistiladas foram maiores. Esse padrão também foi observado para *M. flexuosa* (STORTI, 1993), considerada uma característica da família, na qual o tamanho da flor feminina e permite desenvolver frutos grandes (TOMLINSON, 1990). Assim, a caracterização biométrica e a quantificação das estruturas reprodutivas das inflorescências do *M. armata* geram informações que podem direcionar a exploração de seus recursos de valor econômico e social, como os frutos.

Os frutos de *M. armata*, assim como *M. flexuosa*, apresentam formato elipsoide-oblongo e são cobertos por pequenas escamas castanho-avermelhadas. O comprimento médio dos frutos, aproximadamente de 3 cm, confirma os dados já publicados na literatura (2,5-3,5) (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995). Como se trata de uma espécie que é explorada pelos moradores da região, características morfométricas dos frutos são relevantes porque podem auxiliar na seleção de frutos maiores para alimentação e, inclusive para a propagação e exploração sustentável da espécie, principalmente porque *M. armata* não oferece grande produção de frutos. A produção de frutos de *M. armata* indica o potencial que a espécie apresenta para ser explorada, principalmente pela população local. Práticas de manejo sustentável que favoreçam a manutenção de recursos após a extração precisam ser desenvolvidas, quando se tratam de recursos de colheita (GUEDJE et al., 2007), para que não ocorra um excesso de coleta e não excedam a capacidade da população de repor seus indivíduos (TICKTIN, 2004). Então, é fundamental conhecer a ecologia da planta e avaliar os impactos da colheita para o desenvolvimento de estratégias de manejo e conservação do recurso explorado (HALL; BAWA, 1993).

As veredas são ecossistemas de grande importância por estarem relacionadas a ocorrência de ambientes úmidos no Cerrado (CARVALHO, 1991) e as espécies vegetais associadas desempenham funções ecológicas que auxiliam o equilíbrio hídrico do sistema. *Mauritiella armata*, assim como o *M. flexuosa*, mostra-se como uma espécie-chave do sistema, pois apresenta importância ecológica e social nas veredas. A ausência de informações ecológicas de *M. armata*, juntamente com o potencial de exploração da espécie, é um incentivo a novas investigações. Elucidar seu sistema de polinização será fundamental para determinar seu sucesso reprodutivo e assim, explorá-la de maneira sustentável.

5 CONCLUSÃO

M. armata é uma espécie dioica e exibe a xenogamia como sistema reprodutivo. A espécie apresenta características potenciais para ser polinizada tanto pelo vento, quanto por insetos, embora os aspectos florais indicaram entomofilia. A maior atividade reprodutiva foi observada nos indivíduos que estavam localizados nos solos com menor umidade. As variáveis biométricas de *M. armata* apresentaram diferenças em relação às posições na inflorescência. O ápice apresentou menores médias, enquanto que o meio e a base diferiram somente no comprimento das ráquulas. Os indivíduos avaliados apresentaram as inflorescências estaminadas maiores, com maior quantidade de ráquulas e mais flores do que as pistiladas, as flores pistiladas foram maiores. A fenologia reprodutiva foi associada às variações ambientais nos dois anos estudados, e foi encontrada alta viabilidade dos grãos de pólen analisados. 20% da quantidade de flores produzidas foram convertidas em frutos, os quais são elipsoide-oblongo e cobertos por pequenas escamas castanho-avermelhadas com comprimento médio de, aproximadamente 3 cm.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do doutorado da primeira autora. Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG (CRA-APQ-00468-15) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq (PELD-VERE; 441440/2016-9). Os autores agradecem à FAPEMIG pela bolsa de doutorado da primeira autora e apoio de pesquisa (CRA-PPM-00627-16); ao CNPq pelo apoio de pesquisa (306375/2016-8); e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelas bolsas de estudo. Agradecemos também ao apoio no campo de Adriana O. Machado, João Carlos G. Figueiredo e Ozorino C. Cruz-Neto e aos estudantes do Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes; e ao Instituto Estadual de Florestas – IEF e Unimontes pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
- ATAROFF, M.; SCHWARZKOPF, T. Leaf production, reproductive patterns, field germination and seedling survival in *Chamaedorea bartlingiana*, a dioecious understory palm. **Oecologia**, Berlin, v. 92, p. 250-256, 1992.
- ÁVILA, M. A. et al. Structure of natural regeneration in relation to soil properties and disturbance in two swamp forests. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2016.
- AZEVEDO, I. F. P. et al. Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 47-59, 2014.
- BARFOD, A. S.; HAGEN, M.; BORCHSENIUS, F. Twenty-five years of progress in understanding pollination mechanisms in palms (Arecaceae). **Annals of Botany**, London, v. 108, p. 1503-1516, 2011.
- BAWA, K. S. Evolution of dioecy in flowering plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 15-39, 1980.
- BEGNINI, R. M.; SILVA, F. R.; CASTELLANI, T. T. Fenologia reprodutiva de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) em Floresta Atlântica no sul do Brasil. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 4, p. 53-60, 2013.
- BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 269-275, 2002.
- BERRY, E. J.; GORCHOV, D. L. Reproductive biology of the dioecious understory palm *Chamaedorea radicalis* in a Mexican cloud forest: pollination vector, flowering phenology and female fecundity. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 20, p. 369-376, 2004.
- BLAKE, G. R. BULLK density. In: BLACH, C. A. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1996. p. 371-390.

BOAVENTURA, R. S. **Veredas: berço das águas**. Belo Horizonte: Ecodinâmica, 2007.

BORCHERT, R. et al. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 13, p. 409-425, 2004.

BORCHSENIUS, F.; BORGTOFT, P. H.; BALSLEV, H. **Manual to the Palms of Ecuador**. Aarhus: Aarhus University, Universidad Católica del Ecuador, 1998. (AAU Reports, 37).

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 47-54, 1991.

CASTRO, E. R.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Reproductive phenology of *Euterpe edulis* (Arecaceae) along a gradient in the Atlantic rain forest of Brazil. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 55, p. 725-735, 2007.

CHAZDON, R. L. et al. Community and phylogenetic structure of reproductive traits of woody species in wet Tropical Forests. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 73, n. 3, p. 331-348, 2003.

CORREIA, R. C. et al. **A região semiárida brasileira**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/916891/a-regiao-semiarida-brasileira>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

CULLEY, T. M.; WELLER, S. G.; SAKAI, A. K. The evolution of wind pollination in Angiosperms. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 17, n. 8, p. 361-369, Aug. 2002.

CUNNINGHAM, S. A. Ecological constraints on fruit initiation by *Calyptrogyne ghiesberghtiana* (Arecaceae): floral herbivory, pollen availability, and visitation by pollinating bats. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 82, n. 12, p. 1527-1536, 1995.

CUNNINGHAM, S. A. The effect of light environment, leaf area, and stored carbohydrates on inflorescence production by a rain forest understory palm. **Oecologia**, Berlin, v. 111, p. 36-44, 1997.

CYMERYS, M.; PAULA-FERNANDES, N. M.; RIGAMONTE-AZEVEDO, N. O. C. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). **Fruit and useful plants in Amazonian life**. Manaus: CIFOR, 2005. p. 175-182.

EISERHARDT, W. L. et al. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**, London, v. 108, p. 1391-1416, 2011.

FAEGRI, K.; PIJL, L. van der. **Principles of pollination ecology**. 3rd ed. London: Pergamon, 1979.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FREEMAN, D. C. et al. Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. **The Botanical Review**, Bronx, v. 63, n. 1, p. 65-92, 1997.

FRESCURA, V. D. S. et al. Pollen viability of *Polygala paniculata* L. (Polygalaceae) using different staining methods. **Biocell**, Mendoza, v. 36, n. 3, p. 143-145, 2012.

GALETTI, M.; PIZO, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia, frugivoria e dispersão de sementes. In: CULLEN, J. R. L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Ed.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2006. p. 395-422.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforestland-bridge island. **Flora**, London, n. 204, p. 131-145, 2009.

GOODMAN, R. C. et al. Amazon palm biomass and allometry. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 310, p. 994-1004, 2013.

GUEDJE, N. M. et al. Tree bark as a non-timber forest product: the effect of bark collection on population structure and dynamics of *Garcinia lucida* Vesque. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 240, n. 1/3, p. 1-12, Mar. 2007.

HALL, P.; BAWA, K. Methods to assess the impact of extraction of non-timber tropical forest products on plant populations. **Economic Botany**, Bronx, v. 47, n. 3, p. 234-247, 1993.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, Davis, v. 4, n. 1, 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 10 jun. 2018.

HENDERSON, A. **Evolution and ecology of palms**. Bronx: The New York B. G. Press, 2002.

HENDERSON, A. A review of Pollination studies in the Palmae. **The Botanical Review**, Bronx, v. 52, p. 221-259, 1986.

HENDERSON, A. et al. Flowering phenology of a palm community in a central Amazon forest. **Brittonia**, Bronx, v. 52, p. 149-159, 2000.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

HÜLBER, K.; WINKLER, M.; GRABHERR, G. Intraseasonal climate and habitat-specific variability controls the flowering phenology of high alpine plant species. **Functional Ecology**, Oxford, v. 24, p. 245-252, 2010.

ITTO RO-LAC. **Banco de dados da enciclopédia botânica do projeto: extrativismo não madeireiro e desenvolvimento sustentável na Amazônia**. Disponível em: <<http://www.ittorolac.org/enciclopedia/botanica/Arecaceae/Mauritiella%20armata.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

KHORSAND ROSA, R.; BARBOSA, R. I.; KOPTUR, S. How do habitat and climate variation affect phenology of the Amazonian palm, *Mauritia flexuosa*? **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 29, n. 3, p. 255-259, 2013.

KHORSAND ROSA, R.; KOPTUR, S. New findings on the pollination biology of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in Roraima, Brazil: linking dioecy, wind, and habitat. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 100, n. 3, p. 613-662, 2013.

KNUDSEN, J. T.; TOLLSTEN, L.; ERVIK, F. Flower scent and pollination in selected neotropical palms. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 3, p. 642-653, 2001.

KOVACH, W. L. **Oriana for Windows**. Version 3.13. Pentraeth: Kovach Computer Services, 1994.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of wood plants**. New York: McGraw-Hill, 1979.

LEITMAN, P. et al. **Arecaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15725>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

LIETH, H. Introduction to phenology and the modeling of seasonality. In: _____. **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer Verlag, 1974. p. 3-19.

LISTABARTH, C. The palms of the Surumoni area (Amazonas, Venezuela): II., phenology and pollination of two flooded forest palms, *Mauritiella aculeata* and *Leopoldinia pulchra*. **Acta Botanica Venezuelica**, Caracas, v. 22, n. 1, p. 153-165, 1999. Número temático: Arecaceae.

MANGLA, Y.; GUPTA, K. G. Love in the air: wind pollination ecological and evolutionary considerations. In: KAPOOR, R.; KAUR, I.; KAUL, M. (Ed.). **Plant reproductive biology and conservation**. New Delhi: IK International, 2015. p. 234-244.

MARTINS, R. C.; FILGUEIRAS, T.; ALBUQUERQUE, U. P. Use and diversity of palm (Arecaceae) resources in Central Western Brazil. **The Scientific World Journal**, Cairo, v. 3, n. 94, p. 20-43, 2014.

MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, H. C. et al. Floral structure in *Acrocomia aculeata* (Arecaceae): evolutionary and ecological aspects. **Plant Systematics and Evolution**, New York, v. 301, n. 5, p. 1425-1440, 2015.

MCLAREN, K. P.; MCDONAL, M. A. Seasonal patterns of flowering and fruiting in a dry tropical forest in Jamaica. **Biotropica**, Washington, v. 37, p. 584-590, 2005.

MENDES, F. N. et al. Reproductive phenology of *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) in a coastal restinga environment in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 1, p. 29-37, 2017.

MENDONÇA, R. C. et al. Flora vascular o bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008. v. 2, p. 423-1279.

MOORE, H. E. J. R. Palms in the tropical forest ecosystems of Africa and South America. In: MEGGERS, B. J.; AYENSU, E. S.; DUCKWORTH, W. D. (Ed.). **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1973. p. 63-88.

MORELLATO, L. P. C. et al. Linking plant phenology to conservation biology. **Biological Conservation**, Essex, n. 195, p. 60-72, 2016.

MORELLATO, L. P. C. et al. Phenology of Atlantic Rain Forest Trees: a comparative study. **Biotropica**, Washington, v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

NADOT, S. et al. The palm family (Arecaceae): a microcosm of sexual system evolution. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 182, p. 376-388, 2016.

NUNES, Y. R. F. et al. Florística e fitossociologia das comunidades arbóreas de veredas: um estudo de caso no norte de Minas Gerais, Brasil. In: EISENLOHR, P. V. et al. (Ed.). **Fitossociologia do Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 264-287.

OLIVEIRA, M. S. P.; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia da polinização da palmeira Tucumã (*Astrocaryum vulgare* MART.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 343-353, 2003.

OSTROROG, D. R. V.; BARBOSA, A. A. A. Biologia reprodutiva de *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. (Arecaceae) em mata de galeria inundável em Uberlândia, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 479-488, 2009.

PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2008.

PETERS, H. A. et al. Failing palm fronds structure Amazonian Rainforest sapling communities. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, London, v. 271, p. 367-369, 2004.

PIRES, H. C. G. et al. Padrão fenológico de *Attalea amaripa* (Aubl.) Mart. em Áreas de pastagens na Amazônia Oriental. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 170-179, 2016.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

RADFORD, A. E. et al. **Vascular plant systematics**. New York: Harper Collins, 1974.

RAMOS, M. V. V. et al. Veredas do triângulo: mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr. 2006.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008. p. 88-166.

SAMPAIO, M. B.; SCARIOT, A. Growth and reproduction of the understory palm *Geonoma schottiana* Mart. in the gallery forest in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 433-442, 2008.

SAMPAIO, M. B.; SCHMIDT, I. B.; FIGUEIREDO, I. B. Harvesting effects and population ecology of the Buriti Palm (*Mauritia flexuosa* L. f., Arecaceae) in the Jalapão Region, Central Brazil. **Economic Botany**, Bronx, v. 62, n. 2, p. 171-181, 2008.

SANTOS, R. M. et al. Identity and relationships of the Arboreal Caatinga among other floristic units of seasonally dry tropical forests (SDTFs) of north-eastern and Central Brazil. **Ecology and Evolution**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 409-428, Feb. 2012.

SCARIOT, A. O.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Flowering and fruiting phenologies of the palm *Acrocomia aculeata*: patterns and consequences. **Biotropica**, Washington, v. 27, n. 2, p. 168-173, 1995.

SCARIOT, A. O.; LLERAS, E.; HAY, J. D. Reproductive biology of the Palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 23, n. 1, p. 12-22, Mar. 1991.

SILVA, F. A. M. et al. Clima do bioma Cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Rio Branco: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2008. cap. 1.

SILVA, P. A. D.; SCARIOT, A. Phenology, biometric parameters and productivity of fruits of the palm *Butia capitata* (Mart.) Beccari in the Brazilian cerrado in the north of the state of Minas Gerais. **Acta Botanica Brasílica**, Porto Alegre, v. 27, p. 580-589, 2013.

STORTI, E. F. Biologia floral de *Mauritia flexuosa* Lin. Fil, na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 23, n. 4, p. 371-381, 1993.

TICKTIN, T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 41, p. 11-21, 2004.

TOMLINSON, P. B. **The structural biology of palms**. Oxford: Clarendon Press, 1990.

VOGEL, S. Ecophysiology of zoophilic pollination. In: LANGE, O. L. et al. (Ed.). **Physiological plant ecology III: encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer Verlag, 1983. p. 559-624.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.

ANEXO A - RELAÇÃO ENTRE A UMIDADE DO SOLO E OS PICOS DE FLORAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO DE *M. armata* EM VEREDAS NO NORTE DE MINAS GERAIS

A) Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) no utilizando indivíduos e área como fatores aleatórios para tentar controlar a dependência temporal das observações e a existência de subreplicações no molde $\text{int_flor} \sim \text{umid} + (1|\text{ind}) + (1|\text{area})$. Em decorrência da presença de *overdispersion* utilizando a família *poisson*, foi utilizada binomial negativa como família da distribuição de resíduos. A inexistência de correlação espacial foi testada por correlograma de Moran ($p > 0.05$ em todas as possibilidades).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.32413	0.379086	-3.493	0.000478 ***
umidade	-0.01673	0.006829	-2.45	0.014280 *

B) Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) no utilizando indivíduos e área como fatores aleatórios para tentar controlar a dependência temporal das observações e a existência de subreplicações no molde $\text{int_fruto} \sim \text{umid} + (1|\text{ind}) + (1|\text{area})$. Foi utilizada a família de distribuição de resíduos *poisson* (ausência de *overdispersion*). A inexistência de correlação espacial foi testada por correlograma de Moran ($p > 0.05$ em todas as possibilidades).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-1.73904	0.780938	-2.227	0.0260 *
umidade	-0.007	0.003329	-2.103	0.0355 *

**ARTIGO 2 - COMPORTAMENTO FENOLÓGICO DE *Mauritia flexuosa*
EM CLIMA SAZONAL: RESPOSTAS DIFERENCIAIS AOS FATORES
AMBIENTAIS LOCAIS**

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2003) e formatado de acordo
com o Manual da UFPA de apresentação de teses e dissertações.**

RESUMO

Investigou-se o comportamento fenológico vegetativo e reprodutivo de *Mauritia flexuosa*, palmeira de origem amazônica, em veredas, ambiente na região central do Brasil, e foram avaliadas as respostas fenológicas em relação às variáveis climáticas locais. Comparou-se também o comportamento observado pela espécie em seu centro de origem. A fenologia vegetativa apresentou influência das variáveis climáticas locais, uma vez que o maior número de indivíduos emite as folhas flecha no período seco com influência da temperatura e da precipitação. As fenofases reprodutivas também responderam às variáveis climáticas locais. A floração foi influenciada negativamente pela temperatura e comprimento do dia. A fenofase de frutificação teve maior manifestação (período de transição da estação seca para estação chuvosa) e sofreu influência negativa apenas da temperatura. O comportamento fenológico do buriti em veredas é sazonal e supra anual, com ciclo reprodutivo de três anos, contrário ao da região amazônica, que apresenta fenologia reprodutiva concentrada na estação úmida e padrão anual.

Palavras-chave: Fenologia. Buriti. Reprodução. Florestas higrófilas.

ABSTRACT

The vegetative and reproductive phenological behavior of *Mauritia flexuosa* was studied in trails in the extreme north of Minas Gerais and the phenological responses were evaluated in relation to the local climatic variables and the behavior observed was compared to the one presented by the species at its center of origin (Amazon). Vegetative phenology was influenced by local climatic variables, with the highest number of individuals emitting leaves in the dry season, influenced by temperature and precipitation. The individuals had greater expression of green leaves from April to July of 2018, and of old leaves in September and October in the evaluated years. Reproductive phenophasis also responded to local climatic variables. The flowering had greater expression in May of 2018 and was influenced negatively by the temperature and length of the day. The fruiting phenophasis was more pronounced in September 2016 (transition period from dry season to rainy season) and suffered only negative influence of temperature. The phenological behavior of buriti in northern Minas Gerais is seasonal and supra annual, with a three-year reproductive cycle, contrary to that of the Amazon region, which presents reproductive phenology concentrated in the wet season and annual pattern.

Keywords: Phenology. Buriti. Reproduction. Higrophilous forests.

1 INTRODUÇÃO

A família Arecaceae Schultz-Sch. é um grupo monofilético (DRANSFIELD et al., 2008; JUDD et al., 2009), com aproximadamente 200 gêneros e 1500 espécies (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995). As palmeiras se distribuem abundantemente por todas as regiões tropicais e suas espécies estão presentes em vários tipos de habitat (MIRANDA et al., 2001; MOORE, 1973). A provável origem das Arecaceae é na América do Sul e África (oeste da Gondwana), no final do Jurássico e início do Cretáceo, antes da separação completa desses continentes (MOORE, 1973).

A distribuição mais concentrada nas regiões tropicais e subtropicais das palmeiras está estritamente relacionados com os fatores climáticos (DRANSFIELD et al., 2008). As baixas temperaturas parecem ser a principal restrição climática para a distribuição da família, com poucas espécies ocorrendo em áreas temperadas (UHL; DRANSFIELD, 1988). Na América Tropical, a disponibilidade de água é o principal fator determinante da riqueza de espécies de Arecaceae (SVENNING et al., 2008), especialmente para as subfamílias Arecoideae e Calamoideae. A fertilidade do solo é considerada o segundo maior preditor da riqueza de espécies de palmeiras na América Tropical (BJORHOLM et al., 2005).

As palmeiras são reconhecidas como espécies-chave em diversos habitats, como fontes de alimento e abrigo para muitos animais (EISERHARDT et al., 2011; HENDERSON, 2002) e como fontes de diversos produtos para o homem (ARAÚJO; LOPES, 2012; BROKAMP et al., 2011; DELGADO; COUTURIER; MEJIA, 2007; MARTINS; FILGUEIRAS; ALBUQUERQUE, 2014; MENDES et al., 2017; VIRAPONGSE et al., 2017; ZAMBRANA et al., 2007). *Mauritia flexuosa* L.f. (butiti) está entre as palmeiras mais utilizadas pelas culturas neotropicais ao longo da história e é considerada espécie

hiperdominante da Amazônia (VIRAPONGSE et al., 2017). Esta palmeira apresenta grande importância ecológica e alta densidade onde ocorre (REZENDE et al., 2012), é estratégica para a conservação da fauna, devido à grande quantidade de produção de frutos, que compõem a dieta alimentar de aves e mamíferos (CYMERYYS et al., 2005), e também muito apreciada pelas populações locais (DELGADO; COUTURIER; MEJIA, 2007).

Apesar do centro de origem de *M. flexuosa* estar associado a região Amazônica (PINTAUD et al., 2008; VIRAPONGSE et al., 2017), a espécie possui distribuição ampla no Brasil (LEITMAN et al., 2015), inclusive como espécie característica de uma fitofisionomia típica do Cerrado, as veredas (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002). As veredas são ambientes associados aos cursos d'água, de solos hidromórficos e encharcados, tipicamente compostos de estrato gramíneo abundante e presença da palmeira *M. flexuosa* (GUIMARÃES; ARAÚJO; CORRÊA, 2002; RAMOS et al., 2006). Na região norte do estado de Minas Gerais (sudeste do Brasil), as veredas compõem uma paisagem peculiar (NUNES et al., 2015), pois a região faz parte da área de abrangência do semiárido brasileiro (CORREIA et al., 2011). Caracteristicamente, esta região exibe clima marcadamente sazonal, definido por uma estação chuvosa mais curta e uma prolongada estação seca, que pode durar sete meses (SILVA et al., 2008). Além disso, a ocorrência do grande déficit hídrico está associada a altas temperaturas e elevada evapotranspiração (SANTOS et al., 2012).

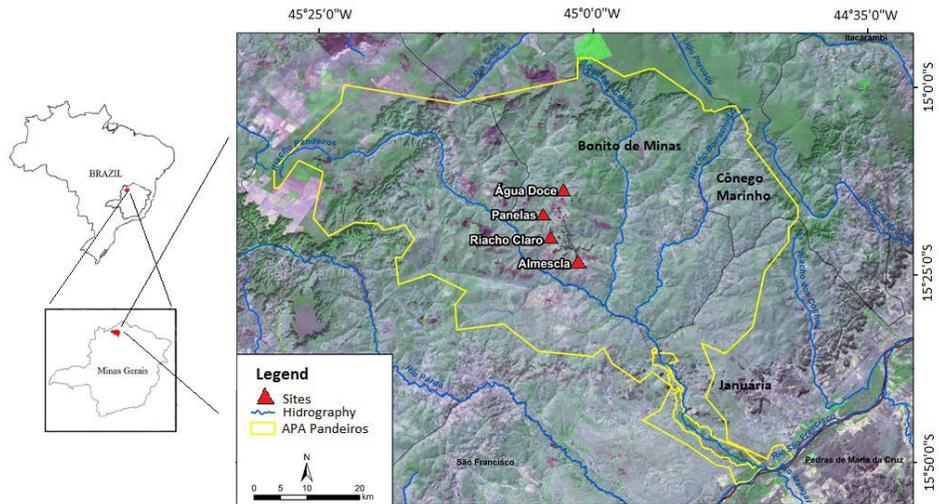
A maioria dos estudos ecológicos sobre o comportamento fenológico de *M. flexuosa* foi realizada na região amazônica (CABRERA; WALLACE, 2007; CALDERÓN, 2002; KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013; PERES, 1994; STORTI, 1993; URREGO et al., 2016), sendo apenas um estudo na restinga maranhense (MENDES et al., 2017). Estes estudos mostraram que o buriti apresenta irregularidade reprodutiva, com produção de frutos supranual.

Observa-se grande variação da reprodução dentro de uma mesma população, com uma pequena proporção de adultos florescendo ou frutificando em um determinado mês (VIRAPONGSE et al., 2017). Além disso, a fenologia reprodutiva entre habitats diferentes (floresta semidecidual e ecótono floresta-cerrado) não mostrou diferenças significativas (KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013). Entretanto, os ambientes estudados abrangem áreas úmidas, em clima equatorial. Estudos sobre o comportamento fenológico do buriti em regiões marcadas pela sazonalidade climática são inexistentes. Assim, o entendimento sobre o comportamento vegetativo e reprodutivo da espécie em ambientes com maior estresse hídrico pode elucidar o sucesso da espécie em colonizar ambientes diferentes do seu centro de origem. Deste modo duas principais questões foram endereçadas neste estudo: (i) quais as relações entre o comportamento fenológico do buriti e as variações ambientais locais?; e (ii) o comportamento fenológico observado em clima sazonal é semelhante àquele apresentado pela espécie no seu centro de origem (clima equatorial)?

2 MATERIAL E MÉTODOS

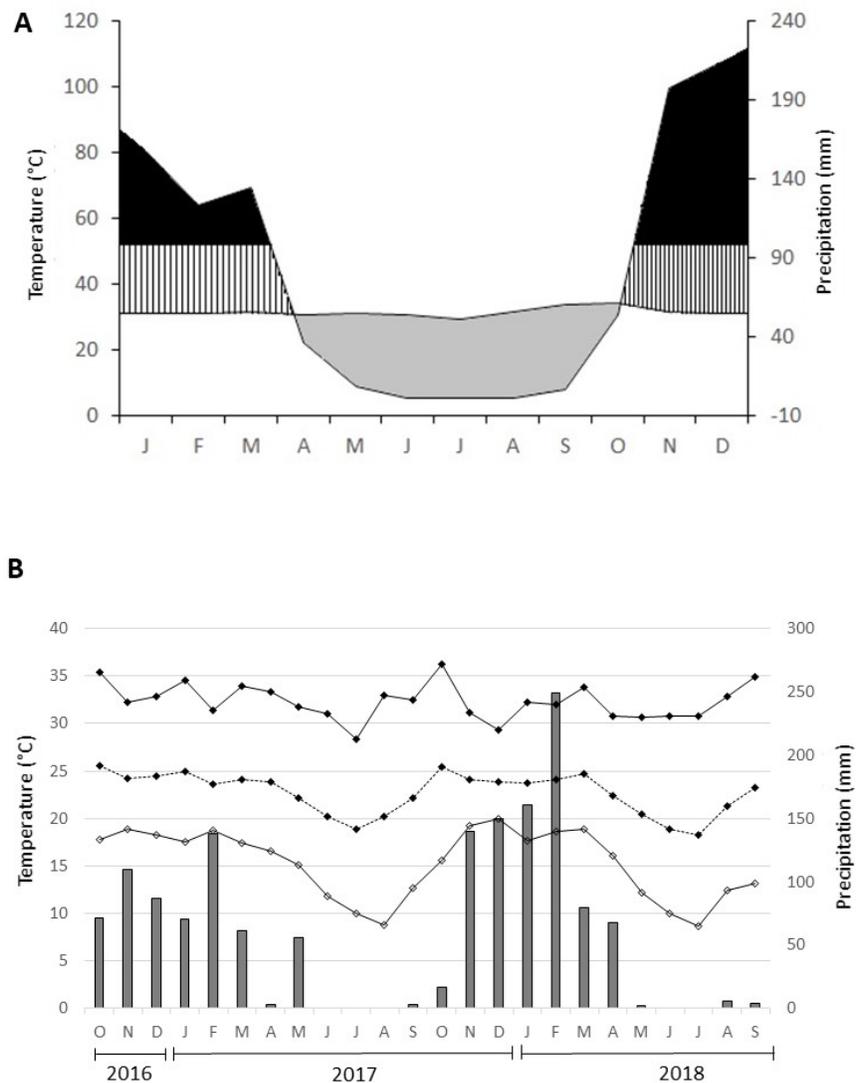
O estudo foi desenvolvido na Área de Proteção Ambiental (APA) do Rio Pandeiros, extremo norte de Minas Gerais, no município de Bonito de Minas (Brasil) (FIGURA 1). O domínio vegetacional predominante da APA é o Cerrado, composto por diferentes fitofisionomias resultantes da diversidade de solos, topografias e clima (SILVA et al., 2008). O clima da região da APA do Rio Pandeiros, de acordo com a classificação de Köppen, é tropical úmido e seco (Aw), com inverno seco bem definido e verões chuvosos (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de 26,8° C e a precipitação média é de aproximadamente 920 mm/ano, com chuvas concentradas nos meses de novembro a janeiro (AZEVEDO et al., 2014). No período de outubro de 2016 a setembro de 2018, a maior média de temperatura na região foi de 25,5° C, em outubro de 2016, e a menor foi de 18,2°C, em julho de 2018. A maior precipitação ocorreu em fevereiro de 2018 (249 mm) com ausência de chuva em junho, julho e agosto de 2017 (FIGURA 2). Tipicamente, em áreas caracterizadas por veredas, o solo é saturado de água e a vegetação mais densa, possuindo solos formados a partir de resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição como Histossolos Mésicos e Gleissolos Hápicos (ÁVILA et al., 2016; RAMOS et al., 2006).

Figura 1 - Localização da APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais, e das áreas selecionadas para o estudo.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 2 - Dados climáticos da área de estudo de precipitação e temperatura obtidos a partir da Estação Climática de Januária para os anos 1988-2018 (A), e dados para a área de estudo da precipitação total mensal (barras) e temperaturas mínima, média e máxima mensal (linha) para o período de outubro de 2016 a setembro de 2018 (B) coletado da estação meteorológica (Davis Vantage Pro2 Plus) no local.

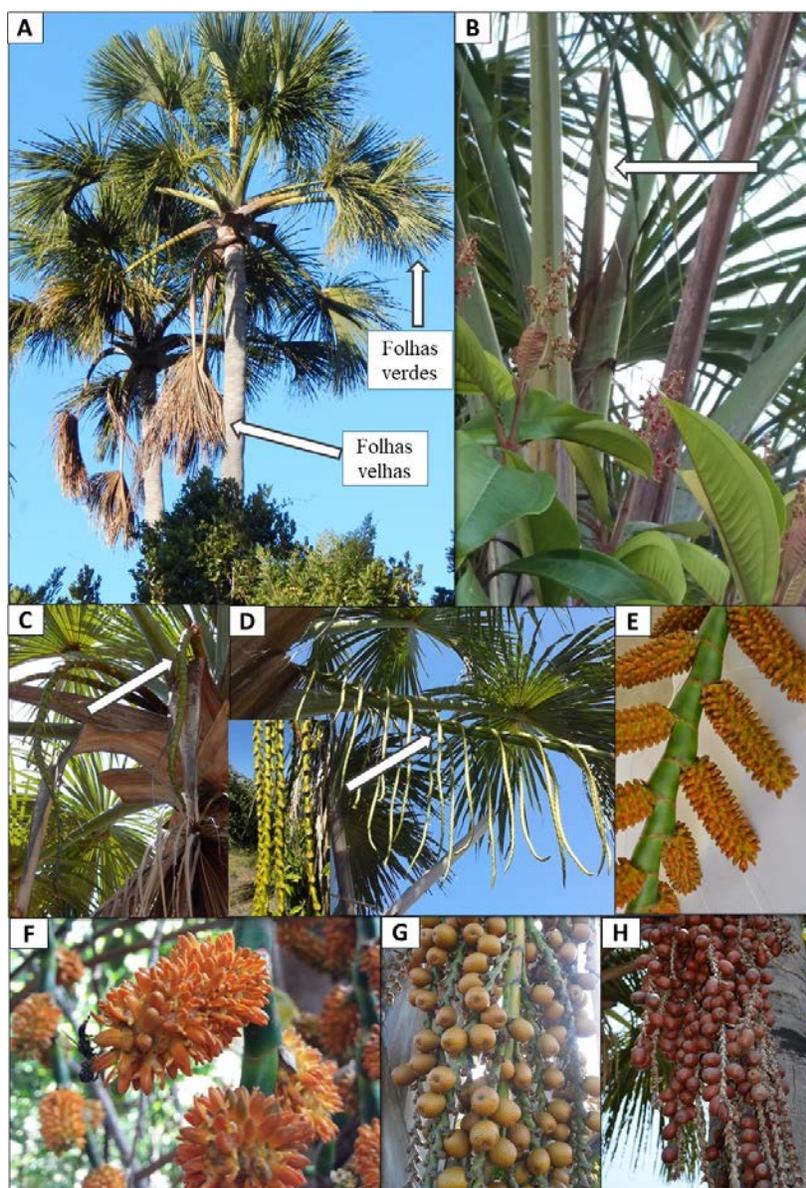


Fonte: Da autora (2019).

Para este estudo, foram escolhidas quatro áreas de veredas na APA do Rio Pandeiros (Água Doce: 15°13'29.73" S e 44°55'0.28" O; Almescla: 15°22'4.14" S e 44°55'8.33" O; Pannels: 15°15'56.03" S e 44°57'20.65" O; Riacho Claro: 15°19'49.70"S e 44°57'20.20"O). Inicialmente, a seleção de indivíduos previa a ocorrência de diferentes ambientes e variações climáticas locais. Assim, estações meteorológicas (Davis Vantage Pro2 Plus weather station) foram instaladas nas áreas para verificar as diferenças nas variáveis climáticas entre os locais. Entretanto, foi verificado, por meio de Modelo Linear Generalizado (GLM), que as variáveis climáticas não diferiram entre as áreas (ANEXO A). Do mesmo modo, as diferentes veredas apresentavam características e estado de conservação similares, com vegetação nativa conservada em toda a área de amostragem (ANEXO B) e estão localizadas muito próximas entre si (FIGURA 1). Assim, os indivíduos selecionados, dos diferentes locais (veredas), foram tratados neste trabalho como uma mesma amostragem.

Para o acompanhamento fenológico, foram selecionados 100 indivíduos adultos (61 pistilados e 39 estaminados), 25 indivíduos em cada local, em boas condições fitossanitárias (ausência aparente de doenças e infestações de parasitas) e raio de distância mínima de 10 m entre si. Foram caracterizadas as fenofases vegetativas: folha flecha (folha recém-formada, sem expansão laminar), folhas verdes (folhas expandidas) e folhas velhas (folhas com coloração marrom, caracteristicamente secas); e fenofases reprodutivas: emissão de raques (estrutura de maior comprimento e diâmetro da inflorescência), emissão de ráquilas (estruturas que emitem as flores), botão floral, flores abertas, fruto imaturo (frutos com coloração verde-avermelhado) e fruto maduro (fruto com coloração marrom escuro) (FIGURA 3).

Figura 3 - Fenofases vegetativas (A = folhas verdes e velhas, e B = folha flecha) e reprodutivas (C = emissão de raque, D = emissão de ráquulas, E = botão floral, F = flor aberta, G = fruto imaturo e H = fruto maduro) de *Mauritia flexuosa* observadas durante o período de avaliação na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.



Fonte: Da autora (2019).

Para a variação fenológica descritiva, foram utilizados dados mensais, durante 35 meses (novembro de 2015 a setembro de 2018). Para as fenofases vegetativas (folhas flecha, verde e velhas) foi feita a média dessas estruturas por indivíduo. Para as fenofases reprodutivas de raque, ráquias, floração (botão floral + antese), frutos imaturos e frutos maduros foi contado o número de indivíduos manifestando (presença) a fenofase.

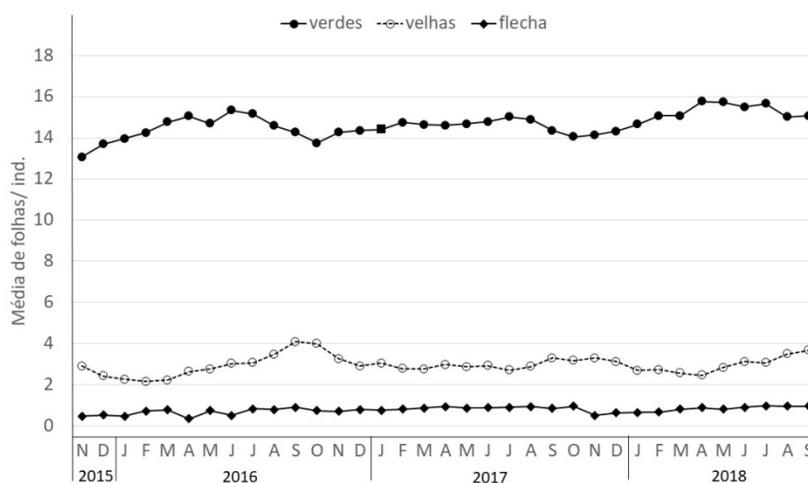
Para analisar os efeitos das variáveis ambientais de temperatura (média, máxima e mínima), precipitação total (mm) e comprimento do dia nas fenofases de *M. flexuosa*, foi feita a análise de séries temporais de correlação cruzada (*Cross correlation*) utilizando o programa PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). Para essa análise foram utilizados dados fenológicos de 24 meses (outubro de 2016 a setembro de 2018), devido a disponibilidade dos dados climáticos locais. As variáveis ambientais foram obtidas, a partir de estações meteorológicas instaladas na área de estudo (Davis Vantage Pro2 Plus weather station) e as medidas de comprimento do dia foram retiradas do site Solar Topo (<http://www.solartopo.com/duracao-do-dia.htm>).

3 RESULTADOS

3.1 Comportamento fenológico do buriti

As estruturas vegetativas (folhas flecha, verdes e velhas) se mantiveram na planta durante todo o período de avaliação. Cada indivíduo emite uma única folha flecha de cada vez, raramente duas folhas por período de avaliação. Na maior parte do tempo avaliado, mais de 70% dos indivíduos apresentaram folhas flecha. O máximo de folhas verdes observado foi de 23 e o mínimo de 8 folhas, com média mensal variando de 13 a 15 folhas por indivíduo. Os indivíduos apresentaram médias mensais de duas a quatro folhas velhas, com maior média em setembro e outubro de 2016 (FIGURA 4).

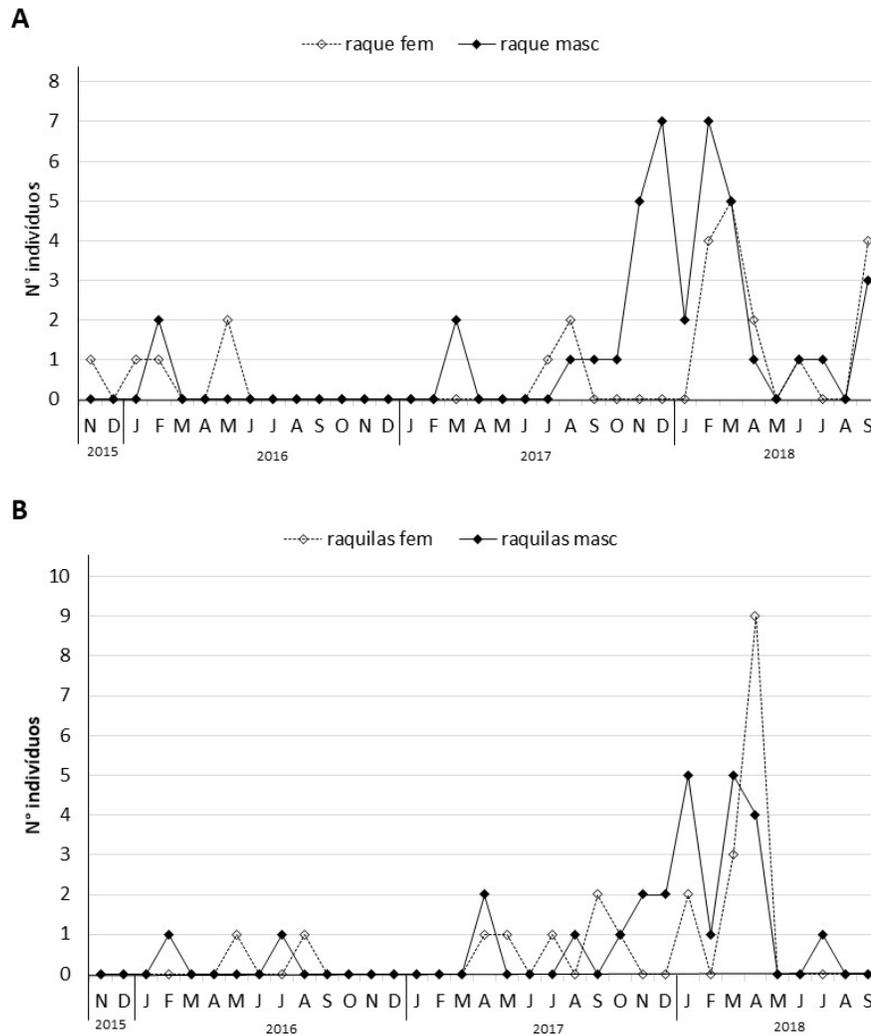
Figura 4 - Médias da fenologia vegetativa por indivíduo de *Mauritia flexuosa*, durante 35 meses de observação (novembro/2015 a setembro/2018), na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.



Fonte: Da autora (2019).

A emissão de raques foi observada nos primeiros sete meses iniciais da avaliação (novembro de 2015 a maio de 2016), concomitante aos frutos imaturos, com uma pausa nos nove meses posteriores; foi observada novamente a partir de março de 2017 (FIGURA 5A). Houve uma maior emissão de estruturas masculinas nos meses de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, seguidas das femininas em março de 2018. As ráquias seguiram o mesmo padrão das raques, com pico das estruturas masculinas em janeiro e março de 2018 e das femininas em abril do mesmo ano (FIGURA 5B). Durante o período de observação, houve sincronia entre os sexos na emissão das estruturas reprodutivas.

Figura 5 - Número de indivíduos manifestando raques (A) e ráquilas (B) de *Mauritia flexuosa*, durante 35 meses de observação (novembro/2015 a setembro/2018), na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.

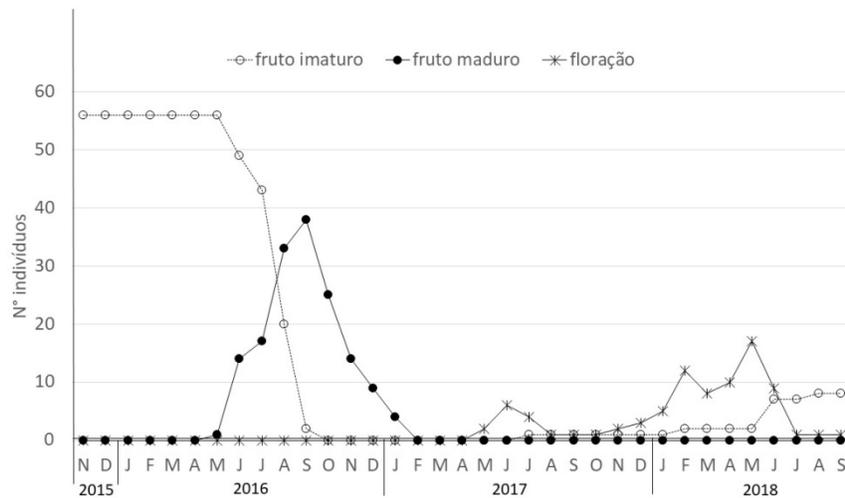


Fonte: Da autora (2019).

A floração do buriti teve início em maio de 2017, porém com pouca expressão. A partir de novembro do mesmo ano, as palmeiras começaram a

florir novamente e apresentaram pico em maio de 2018, com menos de 20% da população manifestando a fenofase (FIGURA 6). Embora poucos indivíduos tenham apresentado flores durante o período de avaliação, aparentemente, a época da expressão da fenofase ocorre no final do período chuvoso.

Figura 6 - Número de indivíduos em floração (botões florais + flores abertas) e frutos maduros e imaturos dos indivíduos de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.



Fonte: Da autora (2019).

Desde o período inicial de observação (novembro de 2015), os indivíduos estavam frutificando, o que auxiliou a seleção das palmeiras de sexos diferentes. A frutificação apresentou frutos imaturos nessa época e o pico de frutos maduros ocorreu em setembro de 2016, quando 38% dos indivíduos produziram frutos (FIGURA 5). Em julho de 2017, apenas um indivíduo deu início à produção de frutos novamente, decorrentes da floração que começou em maio do mesmo ano, até o mês de fevereiro de 2018, quando outro indivíduo começou a produzir. Em setembro de 2018, apenas oito indivíduos estavam com

frutos imaturos. Os resultados observados para reprodução do buriti mostram produção supra anual, com queda da produção no intervalo mínimo de dois anos.

3.2 Efeito das variáveis ambientais na fenologia do buriti

A maior ocorrência de folhas flecha, com maior número de indivíduos manifestando o evento, foi afetada negativamente, pela a temperatura média, entre um e 12 meses antes do pico do evento; com a temperatura mínima, um, dois e 12 meses antes; com a precipitação, no mês atual, um e dois meses antes; e com o comprimento do dia no mês atual, um, 11 e 12 meses antes (TABELA 1). Por outro lado, foram observadas correlação positiva com maior número de indivíduos manifestando a fenofase de folhas flecha, com temperatura média cinco, seis e sete meses anteriores; com temperatura mínima, seis, sete e oito meses antes; e com comprimento do dia, cinco, seis, sete e oito meses anteriores. Desse modo, as variáveis ambientais próximas ao período de maior ocorrência do evento (outubro de 2017) e no ano anterior, afetam negativamente a produção de folhas flecha, como positivamente, de cinco a oito meses anteriores. Assim, o clima muito quente e seco do final da estação seca interfere nesta fenofase (negativamente), tanto durante a sua ocorrência, como no ano anterior. Por outro lado, o final da estação chuvosa também é determinante (positivamente) da expressão fenológica de folhas flecha.

A fenofase de folhas verdes também foi correlacionada com as variáveis ambientais (TABELA 1). A temperatura média afetou negativamente o mês de pico de folhas verdes e um, dois, três e 12 meses antes; a temperatura mínima, no mês de pico e 1-4 meses antes; com a precipitação, 1-4 meses anteriores ao pico; e com o comprimento do dia, no mês de pico e 1-3 meses antes. Por outro lado, a fenofase de folhas verdes correlacionou-se positivamente com temperatura média, 7-9 meses anteriores ao pico da fenofase; com a temperatura

mínima e precipitação, 8-9 meses antes; e com o comprimento do dia, 7-8 meses que antecedem o pico da fenofase. Assim, as variáveis ambientais mostraram efeito sobre a atividade de folhas verdes negativamente próximo ao período de pico de atividade, que ocorreu em abril e maio de 2018, e positivamente de sete a oito meses que antecederam o período de maior expressão da fenofase. As variáveis climáticas afetam negativamente a manifestação da fenofase até quatro meses antes do pico da fenofase de folhas verdes, e até um ano antes. Esse período é caracterizado pela estação chuvosa. Por outro lado, o final da estação seca afeta positivamente a fenofase.

O pico de atividade de folhas velhas apresentou correlação negativa com temperatura máxima, oito meses antes; com temperatura média e comprimento do dia, oito e nove meses antes (TABELA 1). Por outro lado, a fenofase de folhas velhas foi afetada, positivamente, pela temperatura máxima, no mês de maior manifestação da fenofase e 12 meses antes; com as temperaturas média e mínima e com precipitação, dois, três e quatro meses antes do período de maior produção de folhas velhas (entre agosto e novembro nos anos avaliados); e com o comprimento do dia, 1-4 meses anteriores. Assim, essa fenofase foi afetada negativamente pelo final da estação chuvosa e positivamente pelo final da estação seca.

Tabela 1 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases vegetativas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente.

(Continua)

Fenofases vegetativas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Folhas flecha	0	0,1625	0,4480	-0,4932	0,0143	-0,7024	< 0,01	-0,8103	< 0,01	-0,757	< 0,01
	1	0,1278	0,5613	-0,4473	0,0323	-0,6256	< 0,01	-0,7024	< 0,01	-0,643	< 0,01
	2	-0,0718	0,7507	-0,3372	0,1249	-0,4546	0,0336	-0,5692	< 0,01	-0,401	0,065
	3	-0,0327	0,8880	-0,2444	0,2856	-0,3586	0,1104	-0,3821	0,0874	-0,042	0,858
	4	-0,0414	0,8623	0,0198	0,9341	-0,0667	0,7800	0,2104	0,3733	0,313	0,180
	5	0,3217	0,1793	0,4628	0,0460	0,3314	0,1658	0,3350	0,1610	0,546	0,016
	6	0,2842	0,2531	0,6751	0,0021	0,5991	< 0,01	0,5694	0,0136	0,689	< 0,01
	7	0,0338	0,8975	0,6324	< 0,01	0,6872	< 0,01	0,5628	0,0187	0,665	< 0,01
	8	-0,0958	0,7241	0,4429	0,0858	0,5922	0,0157	0,5075	0,0448	0,500	0,049
	9	-0,3790	0,1636	-0,0041	0,9883	0,2472	0,3744	0,3665	0,1791	0,309	0,263
	10	-0,4139	0,1412	-0,2087	0,4740	0,0665	0,8213	0,2364	0,4159	-0,049	0,869
	11	-0,0915	0,7662	-0,4635	0,1107	-0,3727	0,2097	-0,2096	0,4919	-0,653	0,016
	12	-0,2334	0,4654	-0,6584	0,0199	-0,6040	0,0375	-0,5193	0,0836	-0,832	< 0,01

Tabela 1 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases vegetativas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente. ∞

(Continuação)

Fenofases vegetativas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Folhas verdes	0	-0,4597	0,0238	-0,6875	< 0,01	-0,5461	< 0,01	-0,2746	0,1942	-0,681	< 0,01
	1	-0,1250	0,5700	-0,6871	< 0,01	-0,7170	< 0,01	-0,5830	< 0,01	-0,805	< 0,01
	2	0,0138	0,9513	-0,6109	< 0,01	-0,7258	< 0,01	-0,6618	< 0,01	-0,782	< 0,01
	3	-0,0401	0,8630	-0,5388	0,0117	-0,6315	< 0,01	-0,5784	< 0,01	-0,635	< 0,01
	4	0,0850	0,7216	-0,3304	0,1549	-0,4677	0,0376	-0,4767	0,0336	-0,376	0,103
	5	-0,0104	0,9663	-0,1834	0,4523	-0,2825	0,2412	-0,1107	0,6518	-0,035	0,886
	6	0,2144	0,3930	0,1403	0,5786	0,0344	0,8922	0,3334	0,1763	0,329	0,182
	7	0,4567	0,0654	0,6038	0,0103	0,4586	0,0641	0,4412	0,0763	0,535	0,027
	8	0,4025	0,1222	0,8156	< 0,01	0,7518	< 0,01	0,5672	0,0219	0,615	0,011
	9	0,0816	0,7724	0,5679	0,0272	0,6884	< 0,01	0,5176	0,0481	0,455	0,088
	10	-0,5018	0,0675	0,0642	0,8273	0,3754	0,1860	0,3196	0,2653	0,150	0,609
	11	-0,4776	0,0988	-0,4529	0,1202	-0,1546	0,6142	0,1376	0,6541	-0,197	0,519
	12	-0,5355	0,0728	-0,7366	< 0,01	-0,4861	0,1091	-0,1174	0,7164	-0,591	0,043

Tabela 1 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases vegetativas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente.

(Conclusão)

Fenofases vegetativas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Folhas velhas	0	0,4133	0,0447	0,1671	0,4351	-0,0446	0,8360	-0,2070	0,3319	0,054	0,802
	1	0,1573	0,4735	0,3021	0,1612	0,2666	0,2188	0,1709	0,4356	0,424	0,044
	2	0,1800	0,4228	0,4636	0,0298	0,4588	0,0317	0,4453	0,0378	0,655	< 0,01
	3	0,2518	0,2708	0,6031	< 0,01	0,5818	< 0,01	0,4964	0,0221	0,634	< 0,01
	4	0,1598	0,5009	0,5167	0,0197	0,5800	< 0,01	0,5369	0,0147	0,466	0,039
	5	0,1378	0,5737	0,3642	0,1253	0,4333	0,0638	0,2477	0,3067	0,186	0,445
	6	-0,0291	0,9087	0,1485	0,5565	0,2281	0,3627	-0,1356	0,5916	-0,136	0,591
	7	-0,3309	0,1946	-0,3429	0,1779	-0,1783	0,4935	-0,1832	0,4815	-0,406	0,106
	8	-0,4986	0,0493	-0,6754	< 0,01	-0,5252	0,0367	-0,3945	0,1305	-0,543	0,030
	9	-0,2042	0,4653	-0,6195	0,0138	-0,6752	< 0,01	-0,5131	0,0504	-0,564	0,028
	10	0,2425	0,4035	-0,3689	0,1943	-0,5878	0,0271	-0,3977	0,1590	-0,332	0,246
	11	0,3710	0,2121	0,1247	0,6848	-0,1658	0,5882	-0,4192	0,1539	-0,041	0,894
	12	0,6713	0,0168	0,4998	0,0980	0,1348	0,6762	-0,1747	0,5870	0,280	0,379

Fonte: Da autora (2019).

As fenofases reprodutivas também foram influenciadas pelas variáveis ambientais (TABELA 2). A produção de raques foi influenciada, negativamente, pela temperatura média, 4-5 meses antes da sua maior manifestação (novembro a março); e, positivamente, pela precipitação no mês de maior emissão de estruturas. As ráquias também sofreram influência negativa, apenas da temperatura média, três meses antes da sua maior manifestação (janeiro a abril). Assim, a temperatura média na estação seca interfere negativamente nessas fenofases e a chuva, positivamente, quando ocorre o pico da fenofase.

A floração (botões + flores abertas) apresentou correlações negativas com a temperatura média 1-2; 11-12 meses anteriores da sua maior manifestação (maio de 2018); com a temperatura mínima um, três e 12 meses antes; e com o comprimento do dia, 1-3; 11-12 meses que antecedem a sua maior manifestação (TABELA 2). A floração foi afetada pelas variáveis climáticas no período de maior manifestação da fenofase, final da estação chuvosa, transição para a seca, e no mesmo período do ano anterior. Por outro lado, o pico do período de frutificação, outubro de 2016, sofreu influência negativa, nove meses antes da sua maior manifestação, apenas com a temperatura mínima, ou seja, a temperatura mínima em janeiro, estação chuvosa, influenciou negativamente o pico de frutificação.

Tabela 2 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases reprodutivas avaliadas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente.

(Continua)

Fenofases reprodutivas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento do dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Raques	0	-0,0118	0,9562	0,2300	0,2796	0,2907	0,1682	0,4957	0,0138	0,167	0,437
	1	-0,0807	0,7142	0,1741	0,4270	0,2659	0,2200	0,2281	0,2953	0,109	0,619
	2	-0,1577	0,4833	-0,0095	0,9664	0,0770	0,7334	0,2219	0,3210	-0,088	0,697
	3	-0,1968	0,3925	-0,2549	0,2648	-0,1340	0,5627	-0,0084	0,9711	-0,219	0,341
	4	-0,3722	0,1061	-0,4955	0,0263	-0,3166	0,1739	-0,1526	0,5207	-0,290	0,214
	5	-0,1470	0,5483	-0,4600	0,0475	-0,4121	0,0796	-0,2299	0,3437	-0,385	0,103
	6	0,2108	0,4011	-0,1939	0,4407	-0,2871	0,2480	-0,2365	0,3446	-0,432	0,073
	7	0,3379	0,1847	-0,1350	0,6055	-0,2831	0,2709	-0,3110	0,2244	-0,363	0,152
	8	0,0145	0,9576	-0,2532	0,3441	-0,2198	0,4134	-0,2450	0,3605	-0,399	0,126
	9	0,2012	0,4721	-0,0657	0,8162	-0,1642	0,5587	-0,3100	0,2608	-0,452	0,091
	10	0,1860	0,5244	-0,2362	0,4162	-0,3234	0,2594	-0,2950	0,3060	-0,445	0,111
	11	-0,1391	0,6504	-0,5395	0,0571	-0,5008	0,0813	-0,0336	0,9132	-0,404	0,171
	12	0,3059	0,3336	-0,1174	0,7162	-0,2273	0,4774	-0,3603	0,2500	-0,438	0,154

Tabela 2 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases reprodutivas avaliadas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente.

§

(Continuação)

Fenofases reprodutivas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento do dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Ráquilas	0	-0,0814	0,7055	0,1423	0,5072	0,2225	0,2960	0,1745	0,4147	0,056	0,793
	1	-0,2350	0,2804	-0,0662	0,7641	0,0253	0,9090	0,1665	0,4476	-0,125	0,569
	2	-0,2205	0,3240	-0,2900	0,1905	-0,1775	0,4295	-0,1085	0,6307	-0,242	0,277
	3	-0,4159	0,0608	-0,5484	0,0101	-0,3973	0,0746	-0,1171	0,6133	-0,257	0,260
	4	-0,0853	0,7206	-0,3845	0,0942	-0,3569	0,1224	-0,2007	0,3961	-0,322	0,167
	5	0,2861	0,2350	-0,0696	0,7771	-0,2158	0,3749	-0,2276	0,3487	-0,342	0,151
	6	0,3053	0,2179	-0,0935	0,7120	-0,2348	0,3484	-0,2107	0,4013	-0,226	0,367
	7	-0,0372	0,8874	-0,1088	0,6776	-0,0259	0,9214	-0,0599	0,8194	-0,193	0,457
	8	0,1641	0,5437	0,0131	0,9615	-0,0476	0,8610	-0,1630	0,5464	-0,241	0,370
	9	0,0388	0,8909	-0,2460	0,3769	-0,2000	0,4748	0,0000	0,9999	-0,290	0,294
	10	0,0527	0,8581	-0,2122	0,4664	-0,1796	0,5391	0,0886	0,7632	-0,423	0,132
	11	0,3187	0,2885	-0,0859	0,7802	-0,1630	0,5947	-0,3486	0,2431	-0,521	0,068
	12	-0,0317	0,9220	-0,2652	0,4048	-0,3279	0,2981	-0,4018	0,1954	-0,562	0,057

Tabela 2 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases reprodutivas avaliadas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente.

(Continuação)

Fenofases reprodutivas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento do dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Floração	0	-0,3927	0,0576	-0,2921	0,1661	-0,1277	0,5521	0,1187	0,5806	-0,282	0,182
	1	-0,3580	0,0935	-0,5363	< 0,01	-0,4096	0,0523	-0,1901	0,3851	-0,418	0,047
	2	-0,2998	0,1752	-0,6297	< 0,01	-0,5570	< 0,01	-0,3092	0,1615	-0,478	0,024
	3	0,0374	0,8722	-0,4057	0,0681	-0,4828	0,0266	-0,4192	0,0586	-0,500	0,021
	4	0,2588	0,2706	-0,2078	0,3794	-0,3570	0,1223	-0,3544	0,1253	-0,370	0,108
	5	-0,0216	0,9299	-0,2542	0,2936	-0,2519	0,2982	-0,1443	0,5557	-0,188	0,442
	6	0,0528	0,8353	-0,0570	0,8222	-0,0465	0,8547	-0,0049	0,9846	-0,091	0,721
	7	0,3261	0,2014	0,1532	0,5572	0,0481	0,8546	0,1174	0,6538	-0,053	0,840
	8	0,3503	0,1834	0,2829	0,2884	0,2479	0,3546	0,3746	0,1529	-0,042	0,878
	9	0,2551	0,3589	0,2334	0,4025	0,2501	0,3688	0,0499	0,8599	-0,239	0,391
	10	-0,1905	0,5143	-0,1779	0,5430	-0,0737	0,8024	-0,2509	0,3868	-0,481	0,081
	11	-0,3437	0,2502	-0,6340	0,0200	-0,5414	0,0560	-0,4626	0,1114	-0,641	0,018
	12	-0,3154	0,3179	-0,8795	< 0,01	-0,8324	< 0,01	-0,5609	0,0578	-0,656	0,021

Tabela 2 - Correlação cruzada entre as variáveis ambientais e fenofases reprodutivas avaliadas de *M. flexuosa* na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. Em negrito, os valores significativos estatisticamente.

(Conclusão)

Fenofases reprodutivas	Lag (meses)	Temperatura máxima (°C)		Temperatura média (°C)		Temperatura mínima (°C)		Precipitação (mm)		Comprimento do dia (h)	
		Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p	Correlation	p
Frutificação	0	0,3303	0,1149	0,1727	0,4198	0,0622	0,7727	-0,0426	0,8435	0,140	0,515
	1	0,1847	0,3989	0,2032	0,3524	0,1879	0,3907	0,0646	0,7696	0,330	0,125
	2	0,2680	0,2278	0,3129	0,1562	0,2676	0,2286	0,1090	0,6293	0,396	0,068
	3	0,3531	0,1164	0,3703	0,0984	0,3049	0,1789	0,1144	0,6214	0,343	0,128
	4	0,0898	0,7067	0,2705	0,2487	0,3560	0,1235	0,2064	0,3826	0,171	0,470
	5	0,2572	0,2879	0,2493	0,3034	0,2415	0,3191	-0,0437	0,8590	-0,067	0,785
	6	0,0699	0,7829	0,0801	0,7519	0,0875	0,7300	-0,2129	0,3964	-0,278	0,263
	7	-0,2012	0,4388	-0,2315	0,3713	-0,1696	0,5153	-0,1807	0,4877	-0,425	0,089
	8	-0,2999	0,2592	-0,4647	0,0697	-0,4372	0,0904	-0,3778	0,1491	-0,424	0,102
	9	-0,2672	0,3358	-0,4536	0,0894	-0,5285	0,0428	-0,4156	0,1235	-0,303	0,272
	10	0,2992	0,2987	-0,1664	0,5697	-0,4386	0,1167	-0,3745	0,1871	-0,041	0,890
	11	0,2728	0,3672	0,2066	0,4984	-0,0289	0,9252	-0,2253	0,4592	0,260	0,392
	12	0,4107	0,1847	0,5355	0,0728	0,3207	0,3095	0,0416	0,8980	0,561	0,058

Fonte: Da autora (2019).

4 DISCUSSÃO

A fenologia do buriti apresentou fenofases vegetativas regulares e contínuas, com produção e queda de folhas durante todos os meses de observação. Embora as fenofases vegetativas tenham se mantido regulares, a temperatura, a precipitação e o comprimento do dia influenciaram todas as fenofases vegetativas. As folhas são de suma importância para o crescimento das plantas e elas podem apresentar respostas a fatores ambientais como luz, suprimento de água e de nutrientes, temperatura, poluição e herbivoria. Mudanças na atividade fotossintética provocadas por mudanças ambientais influenciam o crescimento dos tecidos vegetativos das plantas (PALLARDY, 2008). Durante o crescimento da parte aérea e do desenvolvimento das folhas, a planta se organiza em uma arquitetura capaz de se ajustar para estabelecer uma compensação em relação à forte atenuação da radiação dentro da copa, estabelecendo assim a fotohomeostase (LARCHER, 2000). Esse processo pode ser determinante da sobrevivência do buriti em climas mais sazonais, como na área de estudo.

Entre as variáveis climáticas analisadas, a temperatura apresentou o maior número de correlações com a fenologia vegetativa. A temperatura influencia o crescimento e desenvolvimento das gemas, liberação de dormência de gemas, expansão de entrenós e folhas, e indução de dormência de gemas até o final da estação de crescimento (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979). A precipitação e o comprimento do dia também afetaram as fenofases vegetativas. Entretanto, a ação conjunta das variáveis climáticas é complexa (AZEVEDO et al., 2014) e, muitas vezes, a fenofase é influenciada pelos fatores ambientais em conjunto e não somente a uma única variável climática (FERRAZ et al., 1999). Outra relação importante é o efeito temporal das variáveis climáticas na manifestação das fenofases. Por exemplo, o clima muito quente e seco do final da

estação seca interfere na fenofase de folhas flecha (negativamente), tanto durante a sua ocorrência, como no ano anterior. Por outro lado, o final da estação chuvosa, que mostra diminuição das temperaturas e do comprimento do dia, além da ocorrência de chuvas, é determinante (positivamente) da expressão fenológica de folhas flecha. Já a estação chuvosa, que apresenta temperaturas elevadas, maior comprimento do dia e maior ocorrência de chuvas não promove o aumento da expressão de folhas verdes, pois as variáveis climáticas até quatro meses antes do pico da fenofase, que ocorreu em maio, afetaram negativamente a manifestação da fenofase. Entretanto, o final da estação seca (aumento de temperatura, comprimento do dia e seca) afetou positivamente a fenofase. Esses resultados mostram a complexidade da interação de fatores ambientais no comportamento fenológico vegetativo do buriti.

A senescência foliar pode ocorrer devido a interações de fatores internos e externos, podendo ser uma consequência da reprodução, da competição por recursos entre as folhas mais velhas e mais jovens, mais baixas e mais altas, e, também, pode resultar da duração e temperatura do dia (PALLARDY, 2008). Nas palmeiras, a produção de folhas exerce influência na floração e na frutificação, uma vez que as estruturas reprodutivas emergem dos brotos nas axilas foliares (SAMPAIO; SCARIOT, 2008). A manifestação de folhas velhas no buriti mostrou relação negativa com final da estação chuvosa e positiva com final da estação seca. Além disso, a temperatura máxima apresentou correlação com essa fenofase, indicando que essa variável é determinante na diminuição ou aumento do tempo de vida útil da folha do buriti.

O tempo, duração e grau de sincronia das diversas fases fenológicas têm implicações importantes para a estrutura, função, regeneração e quantidade e qualidade dos recursos disponíveis para os organismos consumidores (WILLIAMS et al., 1999). A emissão das flores pistiladas e estaminadas do buriti foi sincrônica, apesar da baixa produção observada durante o período de

estudo. A sincronia de floração em espécies dioicas é esperada, para que ocorra efetiva polinização cruzada entre os sexos (PIRES; SILVA; FREITAS, 2013). Entretanto, o entendimento do sistema reprodutivo da espécie depende da caracterização do sistema de polinização. Assim, o estudo da biologia reprodutiva pode elucidar o comportamento reprodutivo do buriti.

A fenologia reprodutiva do buriti mostrou-se supra anual na área de estudo, o que corrobora com outros trabalhos já realizados com a espécie (MENDES et al., 2017; STORTI, 1993; VIRAPONGSE et al., 2017). Esse padrão é caracterizado por um ano de intensa reprodução, seguido por anos de baixa ou nenhuma reprodução (NEWSTROM; FRANKIE; BAKER, 1994). A deficiência de recursos em função de frutificações anteriores pode ser uma explicação para ocorrência desse padrão (FLOWERDEW; GARDNER, 1978). No início do acompanhamento fenológico, foi observada grande produção de frutos na população estudada, com pico em setembro de 2016. Após esse período, dois outros eventos reprodutivos foram detectados, um período de floração, de maio a julho de 2017, e outro de floração e frutificação, a partir de novembro de 2017. Entretanto, esses eventos reprodutivos foram incipientes, com baixa atividade das fenofases reprodutivas nos dois anos posteriores a produção observada em 2016. Desse modo, aparentemente, a população estudada apresenta ciclo a cada três anos de alta reprodução. No Maranhão (restinga), a floração do buriti ocorreu anualmente, quando os indivíduos masculinos produziam flores todos os anos, enquanto que os femininos produziam a cada dois anos (MENDES et al., 2017).

O período de floração observado, apesar de pouco expressivo, mostra que a floração ocorre na transição da estação chuvosa para seca, seguindo o observado por Khorsand Rosa, Barbosa e Koptur (2013), em Manaus (AM). A reprodução do buriti também foi afetada pelas variáveis climáticas locais. Foi observada influência positiva da precipitação na emissão de raques e negativa da

temperatura média na emissão de raques e de ráquilas (fase que antecede a formação dos botões florais). Assim, o início da reprodução ocorre na estação chuvosa (dezembro a abril), mas é influenciada pela temperatura de quatro a cinco meses anteriores, estação seca, e pela precipitação no período de maior expressão da fenofase, estação chuvosa. Em muitas espécies, o início da formação das flores demanda uma indução por fatores externos como a radiação, temperatura ou uma deficiência hídrica incipiente (LARCHER, 2000). Na Amazônia, a floração do buriti ocorreu de agosto a dezembro foi correlacionada negativamente, no segundo ano de avaliação, com a precipitação (KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013). Possivelmente, isso pode estar acontecendo em decorrência do tipo de solo, que retém quantidade de água suficiente para que os botões e flores se desenvolvam (CABRERA; WALLACE, 2007), indicando que o aumento de água pela chuva seja um evento de estresse hídrico. Segundo Urrego et al. (2016), as flutuações climáticas de curto prazo influenciaram os padrões de floração e frutificação do buriti. Então, é provável que a fenologia de *M. flexuosa* responda às variações ocorrentes em cada região.

As condições locais, práticas de manejo e o clima podem modificar o início da floração, ou seja, o tempo de início da floração pode variar um pouco de ano para ano e também em diferentes partes do intervalo natural de uma espécie (PALLARDY, 2008), como aconteceu nos dois anos de avaliação da fenologia reprodutiva do buriti na Colômbia (URREGO et al., 2016). Pequenas alterações nas médias mensais no comprimento do dia durante o ano têm efeitos nos processos de desenvolvimento, pois as plantas tropicais respondem a estímulos fotoperiódicos extremamente fracos (LARCHER, 2000). O regime ambiental determina a expressão genética das plantas e a mesma espécie de planta pode crescer diferentemente em locais úmidos e secos (PALLARDY, 2008).

O período de frutificação de *M. flexuosa* é longo, onde os frutos imaturos podem ocorrer por mais de 12 meses e frutos maduros durante oito meses (de junho de 2016 a janeiro de 2017), com pico de frutos maduros em setembro, época de transição do período seco para o úmido na região. Esse resultado difere do encontrado por Khorsand Rosa, Barbosa e Koptur (2013), em Manaus (AM), que indica frutificação do buriti na estação chuvosa. A diferença na produção de frutos pode estar relacionada a uma adaptação da espécie e, também, a respostas fisiológicas aos fatores ambientais locais (FENNER, 1998). A produção de frutos do buriti na Amazônia, desde a formação até a sua maturação, também se mostrou longa, com período de duração de 8 a 12 meses (KHORSAND ROSA; BARBOSA; KOPTUR, 2013). Em Manaus, a produção de frutos a nível populacional foi anual, disponibilizando os frutos maduros de nove a 12 meses, quando o indivíduo produz a cada dois anos (STORTI, 1993). No Maranhão, a produção também foi anual, com frutos disponíveis entre agosto e setembro e pico em setembro (época seca) (MENDES et al., 2017). No presente estudo, a frutificação de *M. flexuosa* ocorreu em um intervalo de três anos. Além disso, a temperatura mínima foi a única variável climática que afetou o pico de frutificação, com efeito negativo nove meses antes da maior expressão da fenofase, representado pela estação chuvosa. Assim, apesar do buriti estar associado às veredas, que são ambientes úmidos, variações climáticas mostram efeitos diretos na reprodução da espécie.

Fatores ambientais em conjunto com a regulação de mecanismos endógenos, influenciam a frequência da floração e da frutificação (LARCHER, 2000). Na região do semiárido mineiro, onde a disponibilidade de chuvas é sazonal e menor do que na região do centro de origem de *M. flexuosa* (Amazônia), a produção de frutos antes da estação chuvosa pode ser uma estratégia da espécie às adversidades do local, que a permite sobreviver e reproduzir. Assim, no semiárido mineiro, o comportamento fenológico

reprodutivo do buriti mostrou-se diferente do comportamento de outras áreas de ocorrência da espécie, principalmente da região de origem (ANEXO C). O padrão de floração e frutificação em épocas chuvosas e de reprodução anual, conforme aumenta a restrição ambiental (sazonalidade climática), passa a ser divergente, ocorrendo em épocas transicionais (floração na transição chuvosa para seca e frutificação da seca para chuvosa) e com intervalos maiores (três anos). Além disso, as variações climáticas locais interferem tanto na fenologia vegetativa, como na reprodutiva, durante o período de maior expressão da fenofase, e também de eventos climáticos dos anos anteriores.

Fatores ambientais em conjunto com a regulação de mecanismos endógenos, influenciam a frequência da floração e da frutificação (LARCHER, 2000). Na região do semiárido mineiro, onde a disponibilidade de chuvas é menor do que na Amazônia, a reprodução tardia de *M. flexuosa*, pode ser uma estratégia da espécie às adversidades do local que a faz permanecer e se propagar. De acordo com Newstrom, Frankie e Baker (1994) quando o ciclo reprodutivo ocorre em um intervalo de vários anos, ou seja, ano de intensa reprodução, seguido por anos de baixa ou nenhuma reprodução, o padrão é definido como supra anual. Esse padrão é observado quando a deficiência de recursos se torna acentuada em função de frutificações anteriores (FLOWERDEW; GARDNER, 1978).

Na região estudada, o comportamento fenológico do buriti mostrou-se diferente do comportamento na Amazônia. Na região amazônica, a fenologia reprodutiva (floração e frutificação) do buriti se concentra na estação úmida e apresenta padrão anual. Na área estudada, a floração do buriti teve maior expressão na época seca, e a frutificação na época de transição seca para úmida, com frutos maduros disponíveis na época úmida, sendo a produção supra anual.

5 CONCLUSÃO

A fenologia de *M. flexuosa* apresentou influência das variáveis climáticas locais. A fase vegetativa se manifestou em todo o período de observação sendo regulares e contínuas. A floração foi influenciada negativamente pela temperatura e comprimento do dia, e a frutificação teve maior manifestação no período de transição da estação seca para estação chuvosa, sofrendo influência negativa apenas da temperatura. O comportamento fenológico do buriti em veredas é sazonal e supra anual, com ciclo reprodutivo aparente de três anos, uma vez que ainda não foi observado o ciclo completo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo constitui de conhecimento de base, fundamental para aprofundamento do conhecimento científico das espécies relacionadas, principalmente para a espécie *Mauritiella armata*. O comportamento fenológico de palmeiras é fundamental para subsidiar programas de conservação e orientar a adoção de estratégias de manejo e manutenção de populações e ecossistemas. *M. armata* e *M. flexuosa*, consideradas espécies-chave do sistema de veredas, apresentam importância ecológica e social na região de ocorrência, e a ausência de informações ecológicas das espécies, juntamente com o potencial de exploração, é um incentivo a novas investigações.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do doutorado da primeira autora. Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG (CRA-APQ-00468-15) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq (PELD-VERE; 441440/2016-9). Os autores agradecem à FAPEMIG pela bolsa de doutorado da primeira autora e apoio de pesquisa (CRA-PPM-00627-16); ao CNPq pelo apoio de pesquisa (306375/2016-8); e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelas bolsas de estudo. Agradecemos também ao apoio no campo de Adriana O. Machado, João Carlos G. Figueiredo e Ozorino C. Cruz-Neto e aos estudantes do Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes; e ao Instituto Estadual de Florestas – IEF e Unimontes pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, F. R.; LOPES, M. A. Diversity of use and local knowledge of palms (Arecaceae) in eastern Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 21, p. 487-501, 2012.
- ÁVILA, M. A. et al. Structure of natural regeneration in relation to soil properties and disturbance in two swamp forests. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2016.
- AZEVEDO, I. F. P. et al. Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 47-59, 2014.
- BJORHOLM, S. et al. Environmental and spatial controls of palm (Arecaceae) species richness across the Americas. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 14, p. 423-429, 2005.
- BROKAMP, G. et al. Trade in palm products in North-Western South America. **The Botanical Review**, Bronx, v. 77, n. 4, p. 571-606, 2001.
- CABRERA, W. H.; WALLACE, R. Patrones fenológicos de ocho especies de palmeras en un bosque amazónico de Bolivia. **Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental**, Santa Cruz, v. 21, p. 1-18, 2007.
- CALDERÓN, M. E. P. Patrones de caída de frutos em *Mauritia flexuosa* L. f. y fauna involucrada em los procesos de remoción de semillas. **Acta Botanica Venezuelica**, Caracas, v. 25, n. 2, p. 119-142, 2002.
- CYMERYS, M.; PAULA-FERNANDES, N. M.; RIGAMONTE-AZEVEDO, N. O. C. Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). **Fruit and useful plants in Amazonian life**. Manaus: CIFOR, 2005. p. 175-182.
- DELGADO, C.; COUTURIER, G.; MEJIA, K. *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. **Fruits**, Paris, v. 62, n. 3, p. 157-169, 2007.

DRANSFIELD, J. et al. **Genera Palmarum: the evolution and classification of palms**. Kew: R. B. Gardens, 2008.

EISERHARDT, W. L. et al. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**, London, v. 108, p. 1391-1416, 2011.

FENNER, M. The phenology of growth and reproduction in plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Jena, v. 1, n. 1, p. 78-91, 1998.

FERRAZ, D. K. et al. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 59, p. 305-317, 1999.

FLOWERDEW, J. R.; GARDNER, G. Small rodent population and food supply in a Derbyshire ashwood. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 47, p. 725-740, 1978.

GUIMARÃES, A. J. M.; ARAÚJO, G. M.; CORRÊA, G. F. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 317-329, 2002.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, Davis, v. 4, n. 1, 2001. Disponível em: <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>. Acesso em: 10 out. 2018.

HENDERSON, A. **Evolution and ecology of palms**. Bronx: The New York B. G. Press, 2002.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 1995.

JUDD, W. S. et al. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

KHORSAND ROSA, R.; BARBOSA, R. I.; KOPTUR, S. How do habitat and climate variation affect phenology of the Amazonian palm, *Mauritia flexuosa*? **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 29, n. 3, p. 255-259, 2013.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of wood plants**. New York: McGraw-Hill, 1979.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rimas Artes e Textos, 2000. 531 p.

LEITMAN, P. et al. **Arecaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15725>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

MARTINS, R. C.; FILGUEIRAS, T.; ALBUQUERQUE, U. P. Use and diversity of palm (Arecaceae) resources in Central Western Brazil. **The Scientific World Journal**, Cairo, v. 3, n. 94, p. 20-43, 2014.

MENDES, F. N. et al. Reproductive phenology of *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae) in a coastal restinga environment in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 1, p. 29-37, 2017.

MIRANDA, I. P. et al. **Frutos de palmeiras da Amazônia**. 19. ed. Manaus: INPA/MCT, 2001.

MOORE, H. E. J. R. Palms in the tropical forest ecosystems of Africa and South America. In: MEGGERS, B. J.; AYENSU, E. S.; DUCKWORTH, W. D. (Ed.). **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1973. p. 63-88.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in Lowland Tropical Rain Forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Washington, v. 26, p. 141-159, 1994.

NUNES, Y. R. F. et al. Florística e fitossociologia das comunidades arbóreas de veredas: um estudo de caso no norte de Minas Gerais, Brasil. In: EISENLOHR, P. V. et al. (Ed.). **Fitossociologia do Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2015. p. 264-287.

OLIVEIRA-FILHO, T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.

PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 3rd ed. New York: Academic Press, 2008. 454 p.

PERES, C. A. Composition, density, and fruiting phenology of Arborescent Palms in an Amazonian Terra Firme Forest. **Biotropica**, Washington, v. 26, n. 3, p. 285-294, 1994.

PINTAUD, J. C. et al. Las palmeras de América del Sur: diversidad, distribución e historia evolutiva. **Revista Peruana de Biología**, Lima, v. 15, n. 1, p. 7-29, 2008.

PIRES, J. P. D. A.; SILVA, A. G.; FREITAS, L. Plant size, flowering synchrony and edge effects: what, how and where they affect the reproductive success of a Neotropical tree species. **Austral Ecology**, Carlton, v. 39, p. 328-336, 2013.

RAMOS, M. V. V. et al. Veredas do triângulo: mineiro: solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 283-293, mar./abr. 2006.

RESENDE, I. L. M. et al. Estrutura etária de populações de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) de veredas da região central de Goiás, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 1, p. 103-112, 2012.

SAMPAIO, M. B.; SCARIOT, A. Growth and reproduction of the understory palm *Geonoma schottiana* Mart. in the gallery forest in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 433-442, 2008.

SILVA, F. A. M. et al. Clima do bioma Cerrado. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Rio Branco: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2008. cap. 1.

STORTI, E. F. Biologia floral de *Mauritia flexuosa* Lin. Fil, na região de Manaus, AM, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 23, n. 4, p. 371-381, 1993.

SVENNING, J. C. et al. High tropical net diversification drives the New World latitudinal gradient in palm (Arecaceae) species richness. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 35, p. 394-406, 2008.

UHL, C.; DRANSFIELD, J. Genera Palmarum, a new classification of Palms and its implications. **Advances in Economic Botany**, Bronx, v. 6, p. 1-19, 1988.

URREGO, L. E. et al. Climate-related phenology of *Mauritia flexuosa* in the Colombian Amazon. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 217, p. 1207-1218, 2016.

VIRAPONGSE, A. et al. Ecology, livelihoods, and management of the *Mauritia flexuosa* palm in South America. **Global Ecology and Conservation**, New York, v. 10, p. 70-92, 2017.

WILLIAMS, R. J. et al. Reproductive phenology of woody species in a north Australian tropical savanna. **Biotropica**, Washington, v. 31, p. 626-636, 1999.

ZAMBRANA, N. Y. P. et al. Diversity of palm uses in the western Amazon. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 16, p. 2771-2787, 2007.

**ANEXO A - RESULTADO DO MODELO LINEAR GENERALIZADO (GLM) REALIZADO PARA AVALIAR
O EFEITO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DAS ÁREAS ESTUDADAS NO NORTE DE MINAS GERAIS**

Variáveis climáticas	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	F	p
Temp. máxima (°C)	2	69.006	59	247.93	0.8211	0.4449
Temp. mínima (°C)	2	1.026	59	817.85	0.037	0.9637
Temp. média (°C)	2	40.628	59	319.72	0.3749	0.689
Precipitação (mm)	2	3504.9	59	275257	0.3756	0.6885

ANEXO B - MATRIZ DE INTERAÇÕES PARA IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE AS QUATRO VEREDAS ESTUDADAS NO NORTE DE MINAS GERAIS. AD = ÁGUA DOCE; AL = ALMESCLA; PN = PANEIAS; RC = RIACHO CLARO; NF = NOTA FINAL

Vereda	Ações antrópicas												NF
	Queimadas		Corte seletivo		Pisoteio gado		Agricultura		Drenagem		Barramento		
Peso	5		1		5		4		4		2		
AD	0	0	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	15
	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
AL	0	0	1	3	1	6	1	3	1	4	1	3	19
	0	0	1	1	1	4	1	1	1	2	1	1	
PN	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	1	4	12
	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	1	2	
RC	1	3	0	0	2	8	1	3	0	0	0	0	14
	1	1	0	0	2	4	1	1	0	0	0	0	

1	4
2	3

Notas nos campos:

1 = Severidade; 2 = Espaço; 3 = Tempo; 4 = Soma (1+2+3)

Notas nos campos 1, 2 e 3:

0 = ausência; 1 = baixo; 2 = intermediário; 3 = alto; 4 = muito alto

ANEXO C - COMPORTAMENTOS FENOLÓGICOS REPRODUTIVOS DE *M. FLEXUOSA* EM DIFERENTES LOCALIDADES. ES = ESTAÇÃO SECA, EU = ESTAÇÃO ÚMIDA, TSU = TRANSIÇÃO SECA-ÚMIDA, TUS = TRANSIÇÃO ÚMIDA-SECA. FLORAÇÃO (BOTÕES+FLORES) E FRUTIFICAÇÃO (FRUTOS MADUROS)

Local	Fenofases		Referência
	Floração	Frutificação	
Brasil (Bonito de Minas)	Fevereiro-Maio (TUS)	Agosto-Outubro (ES)	Presente estudo
Brasil (Amazônia)	-	Março-Junho (TUS-ES)	Peres (1994)
Brasil (Manaus)	Abril-Junho (pico em Abril) (TUS)	-	Storti (1993)
Venezuela (Amazônia)	-	Junho-Agosto (EU)	Calderón (2002)
Bolívia (Amazônia)	Novembro-Dezembro (TSU-EU)	Março (TUS)	Cabrera e Wallace (2007)
Manaus (Amazônia)	Outubro-Novembro (TUS)	Agosto-Outubro (EU)	Khorsand Rosa, Barbosa e Koptur (2013)
Colômbia (Amazônia)	Agosto-Outubro (ES)	Junho-Agosto ES)	Urrego et al. (2016)
Brasil (Maranhão)	Agosto-Outubro (pico em setembro) (ES)	Setembro (ES)	Mendes et al. (2017)