

## Fenologia da floração e da frutificação do tucumanzeiro nas condições de Belém, Pará, Brasil

Flowering and fruiting phenology of the fiber palm under the conditions of Belém, Pará, Brazil

Fenología de floración y fructificación del chontilla en las condiciones de Belém, Pará, Brasil

Recebido: 11/07/2024 | Revisado: 23/07/2024 | Aceitado: 25/07/2024 | Publicado: 28/07/2024

**Maria do Socorro Padilha de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7812-2018>

Embrapa Amazônia Oriental, Brasil

E-mail: [socorro-padilha.oliveira@embrapa.br](mailto:socorro-padilha.oliveira@embrapa.br)

**Gleidson Guilherme Caldas Mendes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7923-0746>

Universidade Federal de Viçosa, Brasil

E-mail: [gmendesflorestal@gmail.com](mailto:gmendesflorestal@gmail.com)

**Alyne Regina Nazaré Alves Maciel**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7812-4255>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: [alynnemacie1110@gmail.com](mailto:alynnemacie1110@gmail.com)

**Jordan Brabo da Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1200-6422>

Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil

E-mail: [jordanbraboagro@gmail.com](mailto:jordanbraboagro@gmail.com)

### Resumo

O trabalho teve por objetivo avaliar a fenologia da floração e frutificação do tucumanzeiro (*Astrocaryum vulgare* Mart.) cultivado nas condições de Belém, PA. Foram acompanhados mensalmente 182 tucumanzeiros em plena fase reprodutiva conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, durante 36 meses para quatro eventos de floração e quatro de frutificação. Foram obtidas as taxas de ocorrência de cada evento por mês, o índice de atividade, as correlações entre as fenofases e variáveis meteorológicas, a análise fatorial e o fenograma. Os eventos ocorreram em todos os anos, porém com pequenas variações nos meses para o início e fim da ocorrência, com taxas variando de 0,0 a 90 %. O evento mais regular foi cacho com frutos verdes. O auge da floração ocorreu nos meses de maio, junho e julho e da frutificação de janeiro a março. A maioria dos eventos foi pouco sincrônico. A precipitação foi o fator climático mais importante na fenologia reprodutiva dessa espécie. Os resultados permitem afirmar que, nas condições do estudo, o tucumanzeiro apresenta eventos de floração nos meses menos chuvosos e os de frutificação nos meses mais chuvosos, sendo pouco sincrônica e de padrão fenológico anual.

**Palavras-chave:** *Astrocaryum*; Clima; Fenofases; Amazônia.

### Abstract

The objective of this work was to evaluate the reproductive phenology of fiber palm (*Astrocaryum vulgare* Mart.) cultivated in Belém, PA. Monthly monitoring was carried on 182 plants in full reproductive phase of the Active Germplasm Bank of Embrapa Amazon Eastern, during 36 months in three flowering and four fruiting events and their relationship with four meteorological variables. The occurrence rates of each event was determined per month, the activity index, the correlations between the phenophases and meteorological variables, the factor analysis and the phenogram. The events occurred in all years, but with small variations in the months for the beginning and end of the occurrence, with rates varying from 0.0 to 90%. The most regular event was bunches with green fruits. The peak of flowering occurred in the months of May, June and July and fruiting from January to March. Most events were not very synchronous. Precipitation was the most important climatic factor in the reproductive phenology of this species. The results allow us to state that, under the conditions of the study, the fiber palm presents flowering events in the least rainy months and fruiting events in the rainiest months, being not very synchronous and with an annual phenological pattern.

**Keywords:** *Astrocaryum*; Climate; Phenophases; Amazon.

### Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la fenología de floración y fructificación del chontilla (*Astrocaryum vulgare* Mart.) cultivado en las condiciones de Belém, PA. 182 palmeras en plena fase reproductiva, conservadas en el Banco Activo de Germoplasma de Embrapa Amazonía Oriental, fueron monitoreadas mensualmente durante 36 meses para cuatro

eventos de floración y cuatro de fructificación. Se obtuvieron las tasas de ocurrencia de cada evento por mes, el índice de actividad, las correlaciones entre las fenofases y las variables meteorológicas, el análisis factorial y el fenograma. Los eventos ocurrieron en todos los años, pero con pequeñas variaciones en los meses de inicio y fin de ocurrencia, con tasas que varían del 0,0 al 90%. El evento más habitual fue el racimo con frutos verdes. El pico de floración se produjo en los meses de mayo, junio y julio y del fructificación de enero a marzo. La mayoría de los eventos fue poco sincrónico. La precipitación fue el factor climático más importante en la fenología reproductiva de esta especie. Es posible afirmar que, bajo las condiciones de estudio, el chontilla presenta eventos de floración en los meses menos lluviosos y de fructificación en los meses más lluviosos, siendo poco sincrónico y con un padrón fenológico anual.

**Palabras clave:** *Astrocaryum*; Clima; Phenofases; Amazonía.

## 1. Introdução

O tucumazeiro (*Astrocaryum vulgare* Mart.), também conhecido por tucumã-do-Pará é uma palmeira perene, nativa da região Amazônica, cujo centro de origem está no estado do Pará (Cymerys, 2010). Apesar do potencial socioeconômico da planta nessa região, com o uso de todas as suas partes em uma variedade de aplicações, ainda são insuficientes estudos sobre esta palmeira, especialmente os que possam subsidiar seu manejo, dificultando seu cultivo em escala comercial, fazendo com que sua exploração ainda seja apenas extrativista (Fortes et al., 2016; Furtado et al., 2021). Apesar do uso múltiplo é pelos frutos que se destaca como um dos vegetais com a melhor fonte de pro-vitamina A (Cavalcante, 2010), os quais são comumente consumidos *in natura* ou na forma de cremes, bolos, sucos entre outras, além de possuir óleo de excelente qualidade muito similar ao azeite de dendê com potencial para substituí-lo na agroindústria, sendo indicada como fonte promissora ao mercado de biodiesel (Ferreira et al., 2021; Lima et al., 2013).

Informações a respeito dos eventos fenológicos reprodutivos e de como eles se repetem ao longo do ano, podem contribuir significativamente para o seu manejo, pelo entendimento dos padrões de desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, para a sua domesticação, sobretudo por possibilitar conhecer de que forma é organizada a distribuição temporal dos recursos (Calvi & Pinã-Rodrigues, 2005; Lima & Martins, 2023). Esses estudos também permitem identificar as relações existentes entre as fenofases e fatores abióticos, como a precipitação (Freitas et al., 2013), insolação, temperatura e umidade relativa do ar tornando mais fácil a definição das estratégias de coleta de sementes e disponibilidade de frutos (Mariot et al., 2003). Por conseguinte, devem ser primordiais para se conhecer os padrões fenológicos da palmeira em questão.

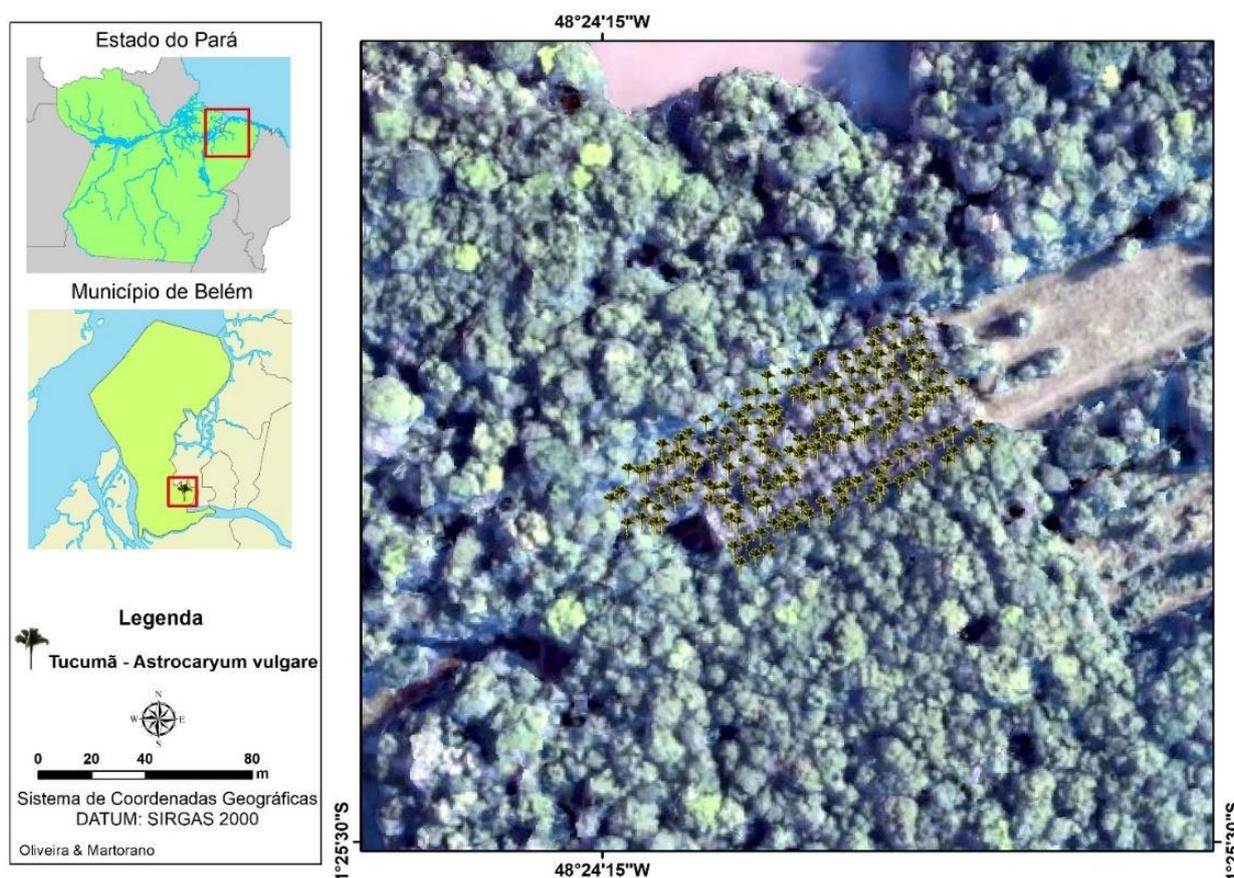
Vale ressaltar ainda que o conhecimento a respeito dos diferentes eventos fenológicos, pode ser amplamente utilizado para o entendimento da ecologia de ecossistemas e de seu funcionamento, uma vez que as fenofases de floração e frutificação estão associadas ao processo de interação planta-animal em relação à polinização, dispersão e predação de sementes, influenciando no fluxo gênico das espécies, como também contribui na tecnificação do cultivo, gerando informações fundamentais para o planejamento das atividades de manejo como: colheita, adubação, dentre outros (Jardim; Kageyama, 1994; Lima & Martins, 2023).

Mesmo em decorrência da importância de se conhecer os padrões fenológicos das espécies florestais, ainda são escassos os estudos com foco em espécies tropicais (Fournier; Charpentier, 1975; Mantovani et al., 2003), sobretudo em palmeiras nativas. Na literatura disponível há relatos para algumas espécies amazônicas (Jardim; Kageyama, 1994; Ruiz; Alencar, 2004; Freitas et al., 2011; Pires et al., 2016; Maciel et al., 2016). Para o tucumazeiro os registros são preliminares e ainda não permitiram a definição desse padrão (Oliveira et al., 2003). O objetivo do trabalho foi determinar os padrões fenológicos de floração e frutificação do tucumazeiro nas condições de Belém, PA, visando a geração de subsídios para o seu manejo sustentável e no avanço em pesquisas com recursos genéticos e melhoramento da espécie.

## 2. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em uma área experimental pertencente a Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, PA (latitude de 1° 27'21''S, longitude de 48° 30'16''W e altitude de 10,8m). O clima predominantemente é o equatorial quente e úmido, do tipo Af<sub>1</sub>, conforme a classificação de Köppen, com temperatura média de 25°C e a maior precipitação pluviométrica do Estado do Pará, acima de 3.000 mm por ano (Climatempo, 2024). Nesse local está instalado o Banco Ativo de Germoplasma de tucumã, BAG – Tucumã (Figura 1), desde novembro de 1984, em condições de terra firme, estabelecido em um latossolo amarelo textura média, sendo constituído por 182 plantas, representantes de 32 acessos, que estão em plena fase de frutificação e distribuídas em espaçamento de 5m x 3m. Nesse local os tucumanzeiros são mantidos com os seguintes tratamentos culturais, realizados trimestralmente: roçagens mecanizadas, coroamento, limpeza das plantas, adubação química e orgânica.

**Figura 1** - Localização da área do estudo, Banco Ativo de Germoplasma de Tucumã (BAG – Tucumã) e dos 182 tucumanzeiros (*A. vulgare*) acompanhados no estudo.



Fonte: Autores.

Nos tucumanzeiros foi observada a presença ou ausência de oito eventos fenológicos (Figura 2) a olho nu, sendo quatro eventos referentes a floração: brácteas (BRA), ramo florífero em diferentes estágios de desenvolvimento conforme a Figura 2A; inflorescências em floração (IFLO), inflorescências abertas nos estágios de floração, tanto de antese das flores femininas como das masculinas, Figura 2B; inflorescências fecundadas (IFEC), inflorescências cujas flores foram polinizadas e se encontravam fecundadas com a base do ovário esverdeada, Figura 2C; e inflorescências secas (ISEC), inflorescências cujas flores abortaram ou caíram, Figura 2D. Além de quatro relativos à frutificação: cachos com frutos verdes (CFVER), cachos com frutos em diferentes estágios de desenvolvimento e de coloração verde, conforme a Figura 2E; cachos com frutos

imaturos (CI), presença de cachos com frutos mudando da cor verde para alaranjada, vermelha ou amarela, conforme o tipo de fruto, Figura 2F; cachos com frutos maduros (CM), cachos com frutos em plena maturação e apresentando frutos de cor alaranjada, vermelha ou amarela, conforme a Figura 2G; e cachos secos (CS), presença de cachos cujos frutos caíram ou secaram ao longo do desenvolvimento, conforme ilustrado na Figura 2H. O monitoramento desses eventos fenológicos teve duração de 36 meses, compreendido entre novembro/2014 a outubro/2017. Para o referido período foram obtidas no site do Instituto Nacional de Metrologia (Imet, 2023) informações de quatro variáveis meteorológicas: precipitação pluviométrica (PREC), insolação (INS) umidade relativa do ar (URA) e temperatura média (TMED).

Foi utilizado o método de análise de caráter quantitativo em nível de área, que expressa a quantidade de indivíduos da área que manifestou o evento fenológico. Para tanto foram calculadas as porcentagens de ocorrência de cada evento para cada mês. A porcentagem foi obtida pela razão entre o número de plantas com o evento e o total de plantas acompanhadas (n=182), multiplicado por 100. A sincronia dos indivíduos manifestando cada evento na área foi calculada pelo índice de atividade (IA) para cada evento fenológico, em porcentagem, com base na média de ocorrência de cada fenofase no período de máxima atividade, sendo estimado o grau de sincronia, considerando a seguinte escala sugerida por Benke e Morellato (2002): assincrônico (< 20% de ocorrência), pouco sincrônico (entre 20% a 60% de ocorrência) e sincrônico (> 60% de ocorrência).

**Figura 2** - Eventos de floração: BRA, IFLO, IFEC e ISEC nas Figuras A, B, C e D respectivamente, e de frutificação: CFVER, CI, CM e CS nas Figuras E, F, G e H observados nos 182 tucumanzeiros (*A. vulgare*) conservados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, PA.



Fotos: Socorro Padilha. Fonte: Autores (2024).

Foram estimadas as relações entre as porcentagens de ocorrência dos oito eventos fenológicos e as quatro variáveis meteorológicas com base na correlação de Pearson ( $r$ ), sendo o nível de significância obtido pelo teste  $t$  de Student. Também foi obtida a análise fatorial pelo método de componentes principais (ACP) entre os eventos e as variáveis, para determinar a

contribuição de cada variável nos referidos eventos com a representação da dispersão das variáveis em eixo cartesiano, conforme Ruiz e Alencar (2004). Todas as análises foram realizadas no programa GENES versão 7.0 (Cruz, 2006).

O padrão fenológico de floração foi calculado pela soma dos índices de atividades dos eventos BRA, IFLO e IFEC, enquanto o de frutificação foi obtido pela soma dos eventos CFVER, CI e CM, para a obtenção do padrão temporal ou fenograma da espécie e conforme Morellato et al. (2010).

### 3. Resultados e Discussão

Na área de estudo foi observado evento de floração e de frutificação em 181 tucumanzeiros dos 182 acompanhados, ou seja, em uma taxa alta de indivíduos. Nessa área os quatro eventos relacionados a fenofase de floração ocorreram em todos os anos, porém com pequenas variações nos meses para o início e fim do evento (Figura 3).

O evento presença de bráctea (BRA), ou seja, do ramo florífero ou espata fechada em diferentes estágios de desenvolvimento não ocorreu ao longo de todos os meses avaliados, e sim em períodos de duração de cinco a oito meses, com variação de 1% a 90% (Figura 3 A). Em 2015, esse evento teve início em janeiro e se encerrou em agosto, com picos de ocorrência nos meses de maio e junho (80%). Em 2016, começou em março e foi até agosto, com pico de ocorrência no mês de maio (90%). Em 2017, teve o período mais curto e de menor ocorrência, iniciando em março e finalizando em julho, com pico em abril, quando atingiu 40% das plantas. De um modo geral as ocorrências foram registradas principalmente nos meses de abril, maio e junho, indicando que este evento seja mais frequente no final do período chuvoso e início de insolação.

A presença de inflorescência em floração (IFLO) deu-se também no final do período chuvoso com duração variável nos três anos (Figura 3 B). Em 2015, ocorreu de fevereiro a outubro, com pico nos meses de junho e julho, com taxa de 45%; em 2016, teve duração de maio a setembro, com pico também nos meses de junho e julho, porém com menor taxa de ocorrência (20%); em 2017, o período foi de maio a setembro, com pico em maio e junho, quando foi registrado um pouco mais de 50% de ocorrência. Apesar das pequenas variações, as maiores taxas ocorreram no mês de junho, coincidindo com o fim do período chuvoso.

Para o evento inflorescência fecundada (IFEC) os registros nos 36 meses também foram variáveis, mas sempre iniciando final do período chuvoso (Figura 3 C). Em 2015, ocorreu de março a outubro, com pico de ocorrência em julho com 90%. Em 2016 e 2017, foi de maio a setembro, com picos variáveis nos anos. Em 2016 foi em julho próximo de 90%. Já em 2017, as ocorrências foram bem menores, com pico de maio e junho, alcançando apenas 30%. O último evento da fenofase de floração, presença de inflorescência seca (ISEC) foi bem mais variável ao longo do estudo, com pouca ocorrência nos dois primeiros anos (Figura 3 D), ou seja, grande parte das inflorescências abertas alcançou altas taxas de flores fecundadas. O primeiro registro deu-se nos meses de dezembro de 2014 até março de 2015. Depois de maio a dezembro de 2015, com pico em agosto de 15% de ocorrência. Em 2016, o período foi curto indo de abril a setembro, com pico em junho de 6% de ocorrência. As maiores ocorrências aconteceram em 2017, no período de maio a setembro, com pico no mês de julho com taxa de 37%. Acredita-se que em 2017 pode ter sido provocado pelo aumento da temperatura média anual. Ao que tudo indica, os eventos fenológicos de floração do tucumanzeiro são de ocorrência no período de baixa precipitação pluviométrica.

As maiores ocorrências dos eventos de floração, a exemplo da bráctea (BRA) e da inflorescência em floração (IFLO) no tucumanzeiro, foram sempre observadas nos meses do final do período de precipitação pluviométrica. A regularidade de florescimento na população de *Astrocaryum mexicanum* também foi detectada por Piñero & Sarukhán (1982). A ocorrência de plena floração e inflorescências com flores fecundadas no final do período chuvoso também foi registrada por Piedade et al. (2006), Freitas et al. (2011), Guilherme et al. (2015), Pires et al. (2016), Oliveira (2020) e Maciel et al. (2021) quando avaliaram a fenologia de *Astrocaryum jauari*, *A. murumuru*, *Butia purpurascens*, *Attalea maripa*, *A. aculeatissimum* e

*Oenocarpus bataua*, respectivamente. Já para *Bactris gasipaes* Garcia e Barbedo (2016) e Rodrigues (2016) detectaram resultados diferentes, com o pico de emissão de espatas acontecendo no período mais quente e de maior precipitação.

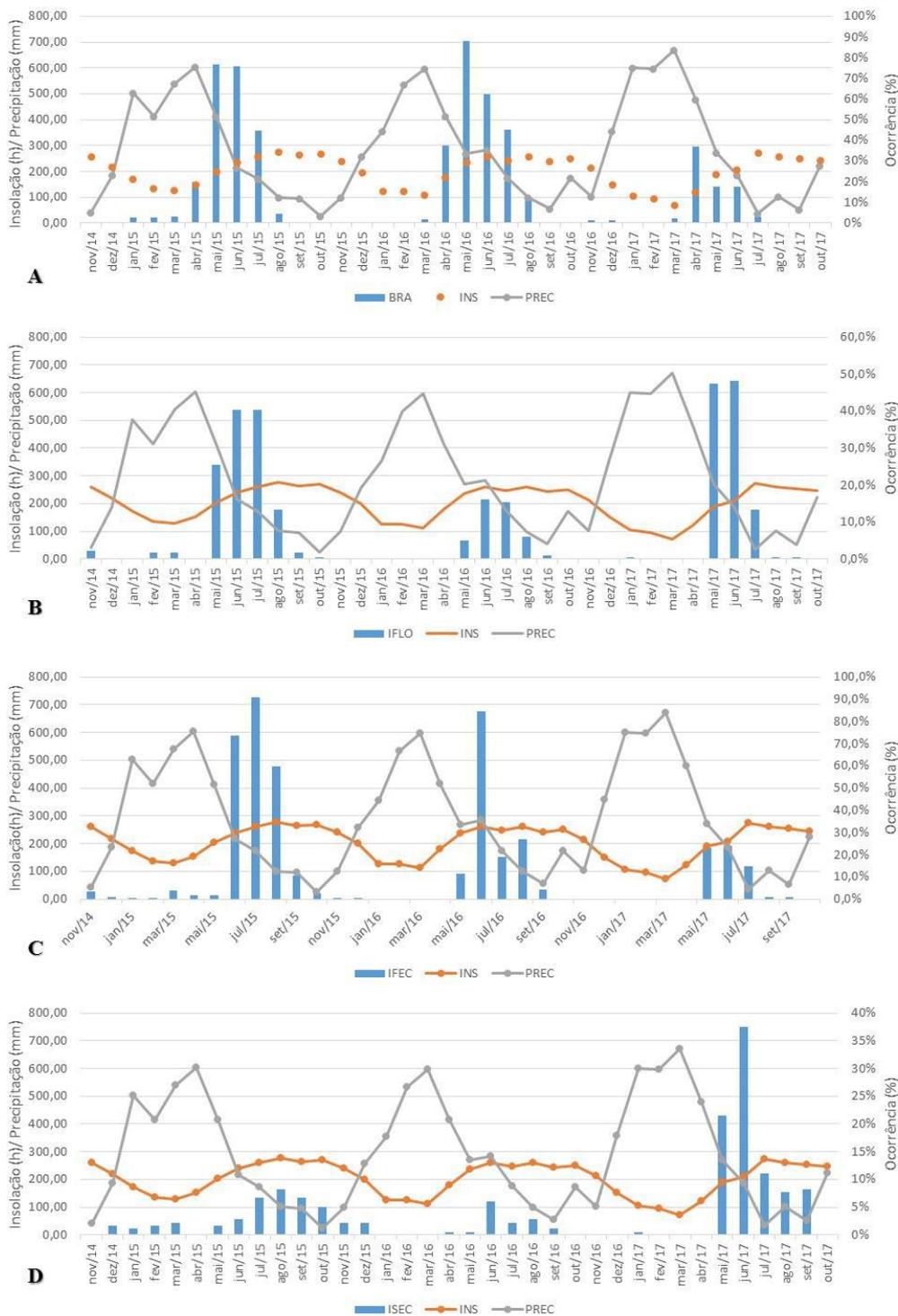
Em relação aos eventos da fenofase de frutificação, esses foram mais frequentes com dois deles sendo observados em quase todos os meses do estudo (Figura 4). O evento cacho com frutos verdes (CFV) ocorreu em todos os meses, com as maiores taxas registradas nos meses de nov/2014 a jan/2015; de agosto a dezembro/2015; de julho a novembro/2016; e de julho a outubro de 2017, coincidindo com o período de menor precipitação (Figura 4 A). Por outro lado, as menores taxas foram registradas nos meses de abril e maio/2016 e em abril/2017. O evento cacho imaturo (CI) ocorreu em mais da metade dos meses, basicamente em três períodos: nov/2014 a jul/2015; nov/2015 a abr/2016 e nov/2016 a abr/2017 (Figura 4 B). O início deste evento coincidiu com o início do período chuvoso e perdurou ao longo de todo esse período, com pico predominantemente no mês de janeiro. Enquanto, as taxas mínimas ou não ocorrência foram observadas de julho a outubro de 2015; de maio a outubro/2016 e de maio a agosto de 2017, quando as chuvas foram mais escassas e a insolação mais predominante.

A ocorrência de cacho maduro (CM) foi similar ao evento anterior (CI), ou seja, em três períodos: de nov/2014 a julho/2015, de nov/2015 a abr/2016 e de dez/2016 a abr/2017 (Figura 4 C), com picos nos meses de janeiro, fevereiro e março, meses de maiores índices pluviométricos. Não houve registro de cachos maduros nos meses de ago/2015; de maio, julho a outubro/2016 e de agosto a setembro/2017, com taxas mínimas de set e out/2015, junho e novembro/2016 e de maio a junho de 2017. Esses resultados sugerem que o tucumzeiro apresente frutificação anual e sazonal, com safra todos os anos e sempre no período chuvoso.

No caso do evento cacho seco (CS), este foi observado em quase todos os meses, exceto em maio e julho de 2016 (Figura 4 D). As maiores taxas foram registradas em fevereiro e março/2015 e nos meses de março e abril de 2016 e 2017, coincidindo com o período chuvoso ou no final deste período. Este evento, pode estar relacionado com o tempo que o cacho fica no estipe e queda de frutos. Pois, o tucumzeiro tem longo período entre a fecundação das flores e a maturação dos frutos, alcançando de 7 a 9 meses (Costa & Oliveira, 2023). Os principais eventos de frutificação (CFV, CI e CM), que indo do desenvolvimento a maturação dos frutos, foram mais regulares na estação chuvosa. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2020) para *A. aculeatissimum*, por Garcia e Barbedo (2016) em pupunheira e por Maciel et al. (2021) no patauzeiro. Mas, discordantes de Pimentel (2015) para mumbaca na Floresta Nacional do Tapajós. Para outras espécies do gênero *Astrocaryum* Piedade et al. (2006), Freitas et al. (2011) e Oliveira (2020) também observaram período longo para esses eventos, sugerindo que os frutos gastem muito tempo para amadurecerem.

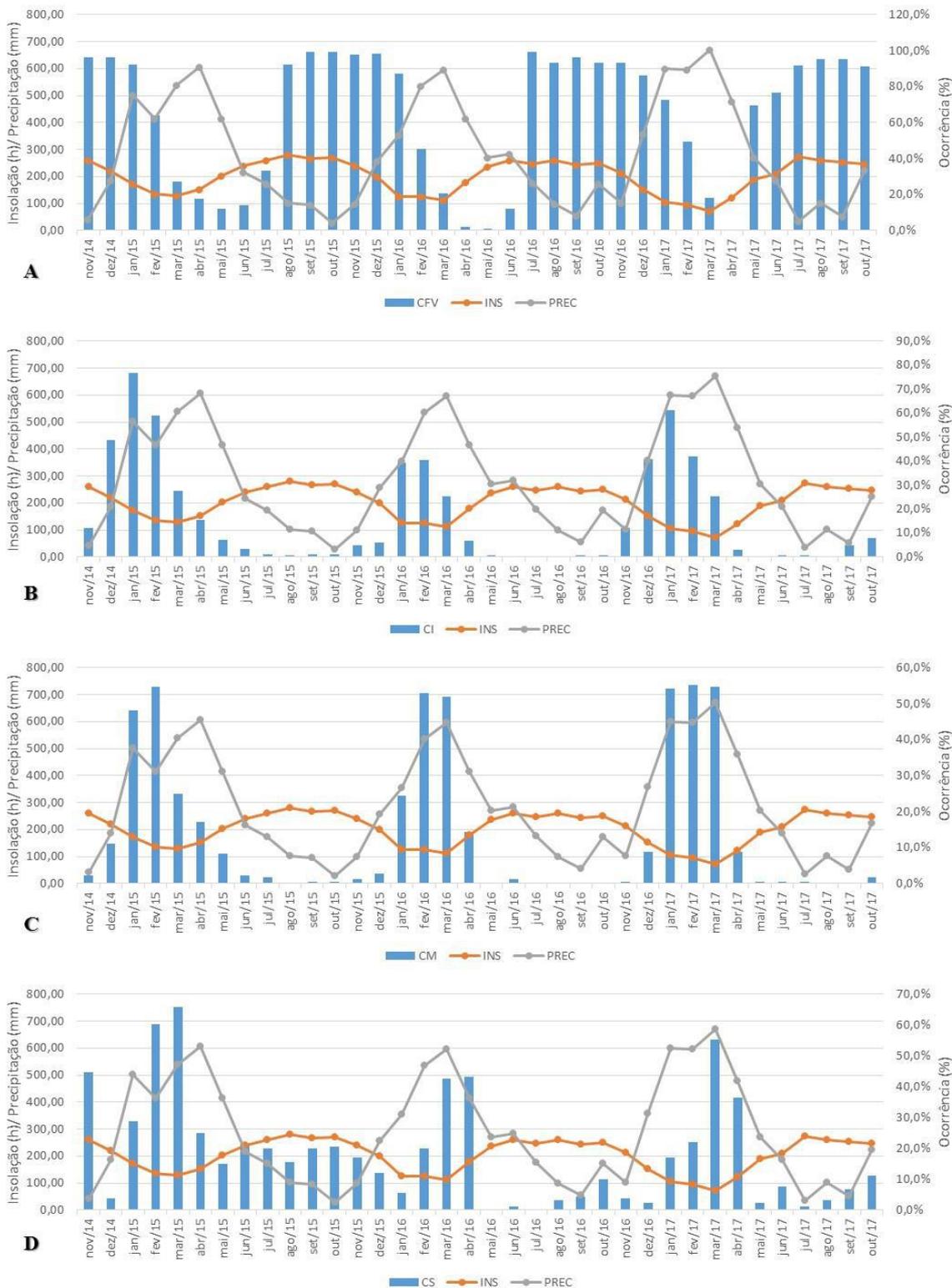
Quanto aos índices de atividades (IA) os três principais eventos da fenofase de floração (BRA, IFLO e IFEC) foram classificados como poucos sincrônicos (Tabela 1), uma vez que apresentaram porcentagens médias de ocorrência de 28% (IFLO) e 44% (BRA e IFEC). Esses eventos tiveram máxima atividade nos meses de abril a julho (BRA), maio a julho (IFLO) e junho a agosto (IFEC), abrangendo o final do período chuvoso. Outros trabalhos com palmeiras também relatam pouca sincronia em eventos de floração (Pereira et al., 2008; Garcia & Barbedo, 2016; Pires et al., 2016; Oliveira et al., 2018; Maciel et al., 2021), abrangendo inclusive outras espécies do gênero *Astrocaryum* (Piedade et al., 2006; Pereira et al., 2008; Freitas et al., 2011; Oliveira, 2020). Para Rodrigues (2016) a sincronia favorece a atração por polinizadores e o fluxo de grão de pólen.

**Figura 3** - Porcentagens de ocorrência dos quatro eventos fenológicos de floração: Emissão de Brácteas (BRA), Inflorescências (IFLO), Inflorescências recém fecundadas (IFEC) e Inflorescências secas (ISEC), no período de novembro/2014 a outubro/2017, em tucumanzeiros (*Astrocaryum vulgare*) cultivado nas condições de Belém, PA.



Fonte: Autores (2024).

**Figura 4** - Porcentagens de ocorrência dos quatro eventos fenológicos de frutificação: Cachos com frutos verdes (CVER), cachos imaturos (CI), cachos maduros (CM) e cachos secos (CS), no período de novembro/2014 a outubro/2017, em tucumanzeiros (*Astrocaryum vulgare*) cultivado nas condições de Belém, PA.



Fonte: Autores (2024).

**Tabela 1** - Índices de atividades (IA) calculado e escala, em porcentagem, e grau de sincronia para as fenofases de floração e de frutificação do tucumazeiro nas condições de Belém, PA, estimado no período de máxima atividade.

Eventos	IA calculado (%)	IA escala (%) <sup>1</sup>	Grau de sincronia
Brácteas (BRA)	44,0	20-60	Pouco sincrônico
Inflorescências em floração (IFLO)	28,0	20-60	Pouco sincrônico
Inflorescências fecundadas (IFEC)	44,0	20-60	Pouco sincrônico
Cachos com frutos verdes (CFV)	75,0	> 60	Sincrônico
Cachos imaturos (CI)	41,0	20-60	Pouco sincrônico
Cachos maduros (CM)	47,0	20-60	Pouco sincrônico

<sup>1</sup>: Bencke e Morellato (2002). Fonte: Autores (2024).

Para os três principais eventos da fenofase de frutificação o índice de atividade variou de 41% a 75% com a maior porcentagem sendo registrada no evento cachos com frutos verdes (CFV), sendo considerado sincrônico (Tabela 1). Ao passo que os eventos CI e CM alcançaram índices de 41% e 47%, respectivamente, ambos classificados como pouco sincrônico. Vale ressaltar que a presença do evento cachos com frutos verdes foi registrada em dez meses do ano (de maio a fevereiro), possivelmente com pouca influência das variáveis meteorológicas. Já os eventos cacho com frutos imaturos e maduros foram observados em quatro (janeiro a abril) e três meses (janeiro a março), respectivamente, em pleno período chuvoso. Freitas et al. (2011) e Garcia & Barbedo (2016) também verificaram alta sincronia nos eventos cachos verdes e cachos imaturos em *A. murumuru* e *E. edulis* e *Bactris gasipaes*, respectivamente. Enquanto Pires et al. (2016) e Oliveira et al. (2018) relataram ser pouco sincrônico em inajá (*Attalea maripa*) e em *Allagoptera campestris*, respectivamente.

Com base nos índices de atividades obtidos pode-se classificar a espécie como pouco sincrônica, pois com exceção do evento cachos com frutos verdes, os demais foram classificados como poucos sincrônicos. Para Bencke e Morellato (2002) quanto maior o número de indivíduos manifestando o evento maior a sincronia da população. Oliveira et al. (2018) sugeriram que a pouca sincronia, porém com constância de frutos maduros torna a espécie importante fonte de recursos para a fauna local. Assim, pode-se considerar que a espécie em foco seja uma espécie chave.

Os dados relativos as quatro variáveis meteorológicas, constam na Figura 5. Pode-se verificar que o regime de precipitação pluviométrica (PREC) foi o mais variável ao longo dos 36 meses, apresentando como período mais chuvoso de dezembro a abril, com os maiores índices registrados nos meses de março (2016 e 2017) e abril (2015), atingindo até 670 mm em março/2017. O período menos chuvoso ocorreu nos meses de agosto a outubro, onde os menores índices foram registrados nos meses de outubro/2015, setembro/2016 e julho e setembro de 2017, com taxa mínima de apenas 26 mm/mensal (out/2015). O período de estiagem foi considerado de setembro a novembro, quando foram registradas as menores precipitações e umidade relativa do ar, além de alta insolação. A umidade relativa do ar (URA) e a temperatura média (TMED) também tiveram variações, porém menores.

Foi constatado aumento em horas de insolação, superando 200 horas/mensal, com o período de maior insolação coincidindo com o período de menos chuvoso, alcançando máxima de 278 horas/mensal em agosto de 2015. No caso da umidade relativa do ar, esta variável apresentou seus maiores valores no período de máximas pluviométricas, ou seja, nos meses de janeiro, fevereiro e março. Logo, pode-se considerar como período de estiagem os meses de setembro a novembro, no qual foram observados baixos valores para precipitação e umidade relativa do ar, com pico de horas de insolação. As temperaturas médias (TMED) pouco variaram e foram sempre elevadas, indo de 25 °C a 32 °C. Na Tabela 2 estão contidas as correlações entre os oito eventos fenológicos e as quatro variáveis meteorológicas, onde pode-se constatar a influência dessas variáveis em três eventos de floração e em todos de frutificação.

**Figura 5** - Distribuição mensal de quatro variáveis meteorológicas: Precipitação (PREC), insolação (INS), temperatura média (TMED) e umidade relativa do ar (URA) no período de novembro/2014 a outubro/2017 no local de estudo.



Fonte: Autores (2024).

Dos eventos de floração, a ocorrência de brácteas (BRAC) foi o único que não sofreu influência significativa das variáveis climáticas. Os demais eventos foram influenciados positivamente pela insolação (INS) com magnitudes de 0,48 a 0,64 e relação negativa com a precipitação (PREC) e a umidade relativa do ar (URA), ambas de médias a altas magnitudes.

Para os eventos de frutificação, apesar de todos terem sido correlacionados, as variáveis exerceram influências distintas entre CFV e os demais eventos. Foram detectadas relações positivas e de médias magnitudes entre o evento CFV e as variáveis insolação e temperatura média, demonstrando que sua ocorrência seja maior quando houver temperatura e insolação alta. Este evento teve relação negativa com a precipitação e a umidade relativa do ar. Já os eventos CI, CM e CS foram correlacionados positivamente e com magnitudes médias a altas a precipitação e a umidade relativa do ar, cujos valores variaram de  $r=0,43$  a  $0,80$ , sugerindo que ocorram com mais frequência quando a precipitação e a umidade relativa do ar forem altas. Com a insolação e a temperatura média esses três eventos foram influenciados negativamente. Para Mantovani e Morellato (2000) fatores bióticos e abióticos, tais como localização, idade, características genéticas intrínsecas aos indivíduos, além das condições climáticas podem influenciar na ocorrência dos eventos reprodutivos das palmeiras.

Freitas et al. (2011) e Oliveira (2020) estudando duas espécies do gênero *Astrocaryum* (*A. murumuru* e *A. aculeatissimum*) também observaram que os eventos de floração diminuem com o aumento da precipitação e que a presença de cachos com frutos maduros tem relação positiva e significativa com a precipitação. Para outras palmeiras Pires et al. (2016), Maciel et al. (2021) e Garcia e Barbedo (2016) e Modolo et al. (2021) verificaram que a precipitação foi um fator climático importante na fenologia do inajazeiro, do patauzeiro e da pupunheira afetando negativamente a emissão de espata e positivamente a queda de frutos maduros. No presente estudo esta variável também exerceu influência negativa em quase todos os eventos de floração e positiva em três eventos de frutificação (CI, CM e CS), o que demonstra sua importância na fase reprodutiva do tucumanzeiro.

**Tabela 2** - Correlação entre os oito eventos fenológicos obtidos em tucumanzeiro (*A. vulgare*) e as quatro variáveis meteorológicas nas condições de Belém, PA.

Eventos fenológicos	Variáveis Climáticas	Correlação (r)	Valor de P (%)
BRA	INS	0,02	0,90
	PREC	0,20	0,24
	TMED	-0,27	0,11
	URA	0,25	0,13
IFLO	INS	0,48	0
	PREC	-0,36	0,03
	TMED	0,06	0,73
	URA	-0,18	0,29
IFEC	INS	0,64	0,03
	PREC	-0,48	0
	TMED	0,19	0,28
	URA	-0,36	0,03
ISEC	INS	0,60	0
	PREC	-0,52	0
	TMED	0,25	0,14
	URA	-0,41	0,01
CFV	INS	0,53	0
	PREC	-0,70	0
	TMED	0,60	0
	URA	-0,72	0
CI	INS	-0,69	0
	PREC	0,59	0
	TMED	-0,46	0
	URA	0,46	0,01
CM	INS	-0,81	0
	PREC	0,80	0
	TMED	-0,71	0
	URA	0,72	0
CS	INS	-0,42	0,01
	PREC	0,43	0,01
	TMED	-0,33	0,05
	URA	0,33	0,05

Fonte: Autores (2024).

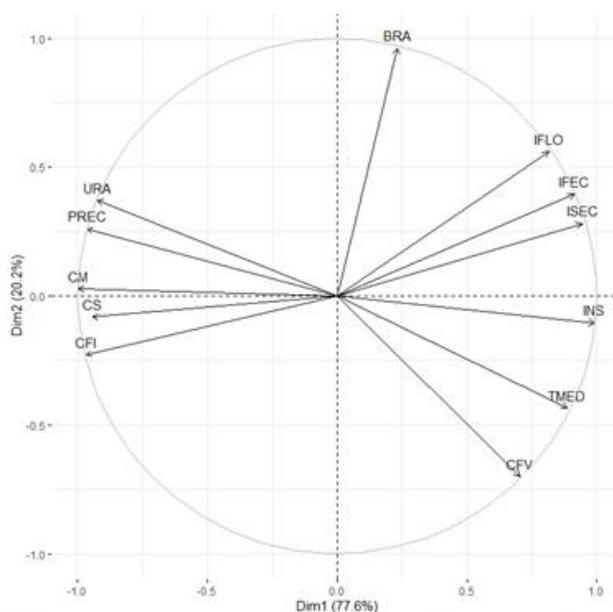
No caso da temperatura média, Oliveira (2020) detectou relação positiva e significativa com a ocorrência de cachos com frutos imaturos e maduros em *A. aculeatissimum* divergindo dos resultados aqui obtidos, onde essa variável expressou influência negativa nos mesmos eventos, mas positiva com a ocorrência de cachos com frutos verdes. Por conseguinte, esses resultados reforçam a safra do tucumanzeiro no período mais chuvoso, onde as temperaturas são mais amenas.

Pela análise dos componentes principais (PCA) foi constatado que os dois primeiros componentes explicaram 96,95% da variação total. Com base neles foi verificado que dois eventos da frutificação sofreram a influência direta das variáveis meteorológicas: CFV e CM (Figura 6). A presença de cachos com frutos verdes (CFV) sendo influenciado pela insolação (INS) e temperatura média (TMED), enquanto a ocorrência de cachos com frutos maduros (CM) com a umidade relativa do ar e a precipitação. Os demais eventos de frutificação e todos os eventos de floração não tiveram influência considerável das variáveis meteorológicas.

Pereira et al (2008) ao estudarem eventos fenológicos em *Astrocaryum aculeatissimum*, *Bactris setosa* e *Euterpe edulis* mostraram a precipitação como a variável climática de maior influência. O mesmo foi observado por Pires et al (2016)

em inajazeiro, onde evidenciaram que os três primeiros componentes principais explicaram 73% da variação e a importância da precipitação, com as porcentagens dos componentes principais bem abaixo do encontrado no presente trabalho. Para o patauazeiro Maciel et al. (2021) também detectaram a influência da precipitação, da umidade relativa do ar e da insolação quando obtiveram os três primeiros componentes principais explicando apenas 70% da variação total. Assim sendo, pode-se considerar que precipitação e a umidade relativa do ar exercem influência na ocorrência de frutos maduros e, por conseguinte, na safra do tucumazeiro. Para Fisch et al (2000) a fase reprodutiva é a etapa das espécies vegetais mais suscetível às variações ambientais de um ano para o outro. Logo, um estudo fenológico mais longo seria interessante, de modo a permitir um diagnóstico mais preciso para essa palmeira.

**Figura 6** - Análises dos componentes principais (PCA) envolvendo os quatro eventos de floração, os quatro de frutificação e quatro variáveis climáticas do tucumazeiro (*A. vulgare*) cultivado nas condições de Belém, PA.



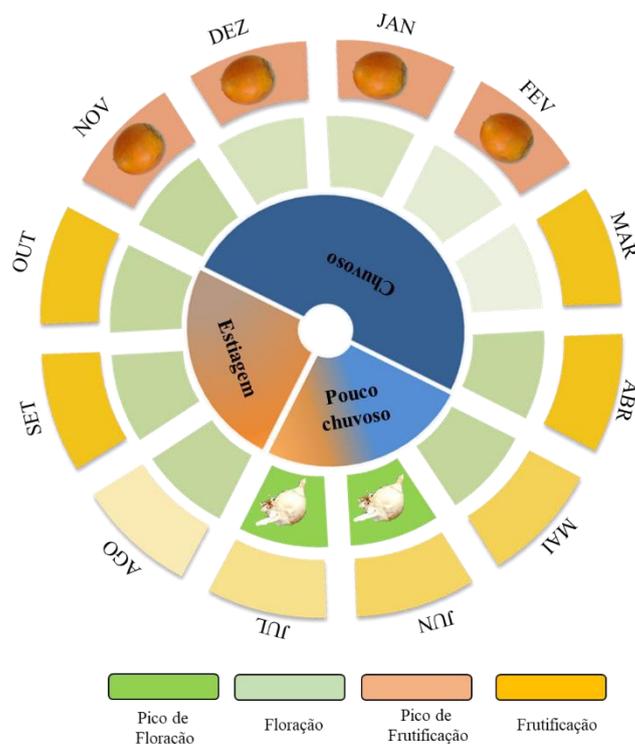
Fonte: Autores (2024).

Quanto ao padrão fenológico do tucumazeiro nas condições de Belém, PA, o mesmo está representado pelo fenograma na Figura 7. Nele se reconhece que a floração está presente de abril a novembro para esta palmeira, com pico nos meses de junho e julho, quando alcança até 49% de ocorrência, coincidindo com o período de menos chuvoso. Enquanto a frutificação pode ser encontrada o ano todo, com a safra iniciando em setembro e finalizando em março, porém o pico acontece nos meses de novembro a fevereiro, período que pode-se encontrar até 63% de ocorrência, ou seja, no período chuvoso. Resultados semelhantes foram obtidos por Piedade et al. (2006) e por Oliveira (2020) ao estudarem o padrão fenológico de *Astrocaryum jauari* e *A. aculeatissimum*. Padrão similar também foi obtido por Garcia e Barbedo (2016) quando estudaram três palmeiras (*E. edulis*, *Bactris gasipaes* e *Syagrus romanzoffiana*) e por Pires et al. (2016) em inajazeiro. Dessa forma considera-se que a espécie em foco apresenta eventos fenológicos de floração e de frutificação singulares e anuais, expressando variações nas intensidades e ao longo do ano.

Para Castro et al. (2007) pouco se sabe sobre os padrões fenológicos de palmeiras, especialmente, das arbóreas tropicais, existindo apenas informações generalizadas. Portanto, o conhecimento do padrão de floração e de frutificação desse grupo de plantas é fundamental para o entendimento do sucesso reprodutivo, auxiliando no desenvolvimento e dispersão dos frutos, além de permitir a previsão do período de reprodução, sendo essenciais em determinar as estratégias de coleta dos frutos

e no manejo da cultura (Fisch et al., 2000; Garcia & Barbedo, 2016). De um modo geral, acredita-se que um monitoramento fenológico mais longo possa oferecer dados mais acurados sobre a influência das variáveis meteorológicas nos eventos de floração e de frutificação do tucumazeiro.

**Figura 7** - Fenograma da floração e da frutificação do tucumazeiro (*A. vulgare*) cultivado nas condições de Belém, PA.



Fotos: Autores (2024).

#### 4. Conclusão

Os tucumazeiros cultivados nas condições de Belém-PA apresentam fenofases de floração e de frutificação ao longo do ano, porém em épocas distintas com os eventos de floração registrados no período menos chuvoso, enquanto os de frutificação nos meses mais chuvosos. A espécie possui relativa sincronia e tem reprodução anual. As variáveis meteorológicas influenciam a maioria dos eventos, com destaque para a precipitação. Em trabalhos futuros será interessante obter o quantitativo de inflorescências emitidas e de cachos colhidos para se estimar a produção de frutos por planta e a produtividade dessa palmeira na condição do estudo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESPA e à Embrapa pelo apoio financeiro na execução do estudo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa DTI - A ao quarto autor via Projeto REGEN\_16\_19\_Bancos Ativos de Germoplasma de Palmeiras. (10.20.02.001.00.00), CNPq/Embrapa.

#### Referências

Bencke, C. C., & Morellato, L. P. C. (2002). Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta Atlântica no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(2), 237-38. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200012>

- Calvi, G. P., & Pinã-Rodrigues, F. C. M. (2005). Fenologia e produção de sementes de *Euterpe edulis* – Mart. em trecho de floresta de altitude no município de Miguel Pereira – RJ. *Revista Universidade Rural*, Seropédica, RJ. 24(1), 33-40. <https://doi.org/10.5902/1980509831655>
- Castro, E., Galetti, M., & Morellato, P. (2007). Reproductive phenology of *Euterpe edulis* (Arecaceae) along a gradiente in the Atlantic rainforest of Brazil. *Australian Journal of Botany*, 55. <https://doi.org/10.1071/BT07029>
- Cavalcante, P. B. (2010). Frutas comestíveis na Amazônia. *Museu Paraense Emílio Goeldi*, Belém. 7ª ed. 282
- CLIMATEMPO (2023). Climatologia,2023 < <https://www.climatempo.com.br/climatologia/232/belem-pa>
- Costa, J. B. da & Oliveira, M. do S. P. de. (2023). Variação e número mínimo de amostras do caráter dias após a polinização em germoplasma de tucumazeiro. *Research, Society and Development*, 12(7), e4112742486
- Cymerys, M. (2010). Tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.). In: SHANLEY, P., SERRA, M. MEDINA, G. (Ed.). *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Belém: CIFOR, Imazon (2a ed.) 215-20.
- Cruz, C. D. (2006). *Programa Genes: Biometria*. Editora UFV. 382.
- Ferreira, M. J. A., Mota, M. F. S., Mariano, R. G. B., & Freitas, S. P. (2021). Evaluation of liquid-liquid extraction to reducing the acidity index of the tucuma (*Astrocaryum vulgare* Mart.) pulp oil. *Separation and Purification Technology*, 257, 117. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117894>
- Freitas, M. A. B., Lopes, M. A., & Farias, L. M. A. (2011). Fenologia reprodutiva de *Astrocaryum murumuru* Mart. em um fragmento de floresta de várzea estuarina em Belém, PA. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 10, 2011, São Lourenço, MG. *Anais...São Lourenço, MG: Sociedade de Ecologia do Brasil*.
- Fortes, A. C. R., Oliveira, M. do S. P. de; Oliveira, N. P. De; Sanches, E. De N. M., & Cunha, E. F. M (2016). Transferibilidade de locos microssatélites desenvolvidos em outras espécies de palmeiras para *Astrocaryum vulgare* Mart.. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém. 59(1), 80-86. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.1844>
- Fournier, L. A., & Charpentier, C. (1975). El tamaño de la muestra y la frecuencia e las observaciones en el estudio de las características fenológicas de los árboles tropicales. *Turrialba*, 25(1), 45-48.
- Freitas, J. da L., Santos, A. C., Silva, R. B. L. E., Rabelo, F. G., Santos, E. S., & Silva, T. de L. (2013). Fenologia reprodutiva da espécie *Carapa guianensis* Aubl. (Andiroba) em ecossistemas de terra firme e várzea, Amapá, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 3, (1), 31-38. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n1p31-38>
- Freitas, M. A. B., Lopes, M. A., & Farias, L. M. A. (2011). Fenologia reprodutiva de *Astrocaryum murumuru* Mart. em um fragmento de floresta de várzea estuarina em Belém, Pará. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 10. São Lourenço, MG. *Anais...*, São Lourenço, MG: Sociedade de Ecologia do Brasil.
- Furtado, G. N., Sarmiento, P. S. M., & Lucas, F. C. A. (2021). Population structure and spatial distribution of tucumã-do-pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) in Salvaterra, Marajó Island, Pará. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93, e20201186. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120201186>
- Fisch, S. T., Nogueira, J. R. L. R., & Mantovani, W. (2000). Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata atlântica (reserva Ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba-SP. *Revista de Biociências*, 6, 31-37.
- Garcia, V. A., & Barbedo, C. J. (2016). Estudo fenológico de *Bactris gasipaes* Kunth, *Euterpe edulis* Mart. e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman no Vale do Ribeira, SP, Brasil. *Hoehnea*, 43 (1), 135-149. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-40/2015>.
- Guilherme, F. A. G., Vasconcelos, E. I., Coelho, C. P., Ressel, K., Batista, N. T. F., Souza, L. F. (2015). Vegetative and reproductive phenology of *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae) under the effects of leaf harvesting. *Braz. J. Biol.*, 75(1), 77-85. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.07513>
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Dados climatológicos de precipitação e temperatura do Município de Oeiras do Pará, PA. (2023). [http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera\\_serie\\_txt\\_mensual.php?&mRelEstacao= 8263&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/2016&mRelDtFim=30/11/2016&mAtributos=,,,,,,1,,,1,,>](http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensual.php?&mRelEstacao= 8263&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/2016&mRelDtFim=30/11/2016&mAtributos=,,,,,,1,,,1,,>)
- Jardim, M. A. G., & Kageyama, P. Y. (1994). Fenologia de floração e frutificação em população natural de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário Amazônico. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Botânica: Belém, v. 10, (1), 77-82.
- Lima, A. F. T., Martins, M. S. (2023). Caracterização fenológica e necessidade térmica do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) irrigado. BTDA Ufra.
- Lima, L. C., Guerra, G. A. D., Ming, L. C., & Macedo, M. R. A. (2013). Ocorrências e usos do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em comunidades ribeirinhas, quilombolas e de agricultores tradicionais no município de Irituia, Pará. *Amazônica: Revista de Antropologia*, 5(3), 762-78. <http://dx.doi.org/10.18542/amazonica.v5i3.1604>
- Maciel, A. R. N. A., Oliveira, M. S. P., Brandão, C. P., & Mira, R. F. (2021). Fenologia reprodutiva do patauazeiro (*Oenocarpus bataua* Mart.) cultivado nas condições de Belém-PA. *Research, Society and Development*, 10(11), e376101119627-e376101119627. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19627>
- Maciel, A. R. N. A., Oliveira, M., & Sousa, T. S. (2016). Divergência genética entre populações de *Oenocarpus bacaba* de diferentes locais do Pará para caracteres de frutos. n: SIMPÓSIO DE FRUTICULTURA SUSTENTÁVEL NO NORDESTE PARAENSE, 2., 2016, Tomé-Açu. Anais... Tomé-Açu: UFRA, 2016. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1057722>
- Mantovani, A. & Morellato, L. P. C. (2000). Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmitero *Euterpe edulis* (Arecaceae). *Sellowia*, (49), 23-38
- Mantovani, M., Ruschel, A. R., Reis, M. S. dos; Puchalski, A., & Nodari, R. O. (2003). Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da Floresta Atlântica. *Revista Árvore*, 27(4), 451-58.

- Morellato, L. P. C., Alberti, L. F., & Hudson, I. L. (2010). *Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach*. In: Keatley, M& Hudson, I. L. (eds.) *Phenological research: Methods for environmental and climate change analysis*. New York, Springer .357-71. [http://doi.org/10.1007/978-90-481-3335-2\\_16](http://doi.org/10.1007/978-90-481-3335-2_16)
- Mariot, A., Mantovani, A., & Reis, M. S. (2003). Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Paulínia, 5(2) 1-10.
- Modolo, V.A., Martins, A.L.M., Praela-Pantano, A., Erismann, N. de M., & Pirano, I. F. N. (2021). Reproductive phenology of peach palms (*Bactris gasipaes* Kunth, Arecaceae) growing in the state of São Paulo. *Rev. Inst. Flor.*, 33(1), 89-103. <https://doi.org/10.24278/2178-5031.202133106>
- Oliveira, L. T. (2020). *Estrutura populacional e fenologia da palmeira Astrocaryum aculeatissimum no Parque Nacional da Tijuca, RJ*. Trabalho de Conclusão de Curso, UFRRJ, Seropédica, RJ. 26
- Oliveira, A. F. L., Azevedo, I. F. P., Santos, B. F. S., & Martins, R. C. (2018). Fenologia reprodutiva e vegetativa de *Allagoptera campestris* (Mart.) Kuntze (Arecaceae) no Parque Estadual Serra do Cabral. *Fórum FEPEG, 12*. Ciênica e Tecnologia. <http://doi.org/10.1016/j.flora.2021.151993>
- Oliveira, M. do S. P. de; Couturier, G., & Beserra, P. (2003). Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 17(3), 343-53. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000300002>
- Pereira T. S., Costa M. L. M. N., Moraes L. F. D., & Luchiari C. (2008). Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista IHERINGIA*, 63(2), 329-39.
- Piedade, M. T. F., Parolin, P., & Junk, W. J. (2006). Phenology, fruit production and seed dispersal of *Astrocaryum jauari* (Arecaceae) in Amazonian black water foodplains. *Revista de Biologia Tropical*, 54(4), 1171-78.
- Pimentel, M. S. (2015). Registro em Herbários e Expressões Fenológicas de Palmeiras Associadas à Condições Pluviais na Floresta Nacional do Tapajós, Estado do Pará. 2015. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) *Centro de Ciências Naturais e Tecnologia*–Universidade do Estado do Pará, Belém.
- Piñero, D., & Sarukhán, J. (1982). Reproductive behavior and its individual variability in a tropical palm, *Astrocaryum mexicanum*. *Journal of Ecology*, 70, 461-72.
- Pires, H. C. G., Rosa, L. S., Cabral, B. S., Silva, V. M., Nogueira, G. A., & Ferreira, P. R. N. (2016). Padrão fenológico de *Attalea maripa* (Aubl.) Mart. em áreas de pastagens na Amazônia Oriental. *Floresta e Ambiente*, v. 23,(1) 170-79. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.048313>
- Rodrigues, A. B. (2016). *Fenologia reprodutiva, polinizadores e dispersores de Bactris gasipaes Khunt., no município de Tefé, Amazonas*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Estado do Amazonas, Tefé, AM. 15
- Ruiz, R. R., & Alencar, J. (2004). Comportamento fenológico da palmeira pataúá (*Oenocarpus bataua*) na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brasil. *Acta amazônica*, 34(1), 553-58. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672004000400007>