

Seasonality of fruit production of *Euterpe oleracea* and *E. precatoria* açai palm trees cultivated in the metropolitan region of Manaus (AM)

Sazonalidade da produção de frutos dos açazeiros *Euterpe oleracea* e *E. precatoria* cultivados na região metropolitana de Manaus (AM)

Ricardo Lopes*¹, Raimundo Nonato Vieira da Cunha², Marleson dos Santos Tavares³, Marcelo Domingues Martins Raizer⁴, Cibelle Azamora dos Santos⁵, Eduardo José Dias da Silva⁶, Maria Teresa Gomes Lopes⁷

Abstract: The off-season period for açai palm production cause social and economic problems that affect producers and consumers. Two species are used for açai pulp production, *Euterpe oleracea* and *E. precatoria*. These species have some distinct characteristics, including the harvest period. The cultivation of açai palm is expanding in the metropolitan region of Manaus, state of Amazonas, AM, and there are no studies on the harvest period of these species under cultivated conditions in this region. The objective of this study was to evaluate the reproductive phenophases of the açai palm *E. oleracea* and *E. precatoria* grown in the metropolitan region of Manaus, state of Amazonas and to check the harvest period of these species in this region. The reproductive phenophases were evaluated during 24 consecutive months in 20 plants of each species. *E. oleracea* emitted a greater number of inflorescences from January to July (76%), during the rainy season, and presented a greater number of mature bunches (56%) from October to December, at the end of the dry season. *E. precatoria* emitted the highest number of inflorescences (70%) from July to November, during the dry season, and the highest proportion of mature bunches (49%) was observed between May and July, at the end of the rainy season. The species presented different harvest periods, so the cultivation of both can contribute to reducing the off-season period of açai fruit production in the metropolitan region of Manaus, AM.

Key words: Açai-do-Amazonas. Açai-do-Pará. Harvest.

Resumo: O período de entressafra da produção de frutos de açai traz problemas de ordem social e econômica que afetam produtores e consumidores. Duas espécies são utilizadas para produção da polpa do açai, *Euterpe oleracea* e *E. precatoria*. Essas espécies apresentam algumas características distintas, incluindo o período de safra. Não existem estudos, com relação a essas espécies, sobre o período de safra do açazeiro na região metropolitana de Manaus, AM, onde a cultura está em expansão. Assim, objetivou-se com esse trabalho estudar a distribuição mensal da produção de frutos dos açazeiros *E. oleracea* e *E. precatoria* cultivados na região metropolitana de Manaus, Amazonas. As fenofases reprodutivas foram avaliadas por 24 meses em amostra de 20 plantas das duas espécies. *E. oleracea* emitiu maior número de inflorescências de janeiro a julho (76%), durante o período chuvoso, e maior número de cachos maduros (56%) de outubro a dezembro, no final da estação seca. A *E. precatoria* emitiu maior número de inflorescências (70%) de julho a novembro, durante a estação seca, e maior proporção de cachos maduros (49%) entre maio e julho, no final da estação das chuvas. As espécies *E. oleracea* e *E. precatoria* produzem frutos durante todos os meses do ano, mas apresentam período de safra distinto. A diversificação dos plantios com o cultivo das duas espécies pode contribuir para reduzir o período de entressafra da produção de frutos de açai na região metropolitana de Manaus, Amazonas.

Palavras-chave: Açai-do-Amazonas. Açai-do-Pará. Safra.

*Corresponding author

Submitted for publication on 01/04/2022, approved on 22/06/2022 and published on 22/08/2022

¹Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil, 69.010-970. E-mail: ricardo.lopes@embrapa.br

²Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: raimundo.vieira@embrapa.br

³Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: marleson.st@gmail.com

⁴Bolsista FIXAM-FAPEAM, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: marcelo_raizer@hotmail.com

⁵Programa de Pós-graduação em Agronomia no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: cibelle.azamora@gmail.com

⁶Programa de Pós-graduação em Agronomia no Trópico Úmido, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: edudias.bio@gmail.com

⁷Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: mtglopes@hotmail.com

INTRODUCTION

The açai palms trees *Euterpe oleracea* and *E. precatoria* have gained importance in the last years due to the increased consumption of their fruits in the form of pulp. Açai has high nutritional and energy values in addition to its antioxidant and anti-inflammatory properties, being classified as a “superfood” (YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

The natural dispersion of *E. oleracea*, known as açai-do-Pará, includes the states of Amapá, Goiás, Pará, Tocantins and Maranhão; and *E. precatoria*, known as açai-solteiro, açai-da-mata or açai-do-Amazonas, covering the states of Acre, Amazonas, Pará, Rondônia and Roraima (VIANNA, 2021). The species have some distinct characteristics, including better nutritional quality of the pulp (KANG *et al.*, 2012; MATOS *et al.*, 2017) and higher pulp yield of *E. precatoria* fruits compared to *E. oleracea* (CARTAXO *et al.*, 2020); the tillering in *E. oleracea* and a single stem in *E. precatoria* (VIANNA, 2021) besides the differences in the seasonality of fruit production (GAMA, 2004; MELO *et al.*, 2021).

The production of fruit from açai trees is based on extractivism and cultivation. Cultivation is predominantly done with the adoption of the cultivars BRS Pará and BRS Pai d'égua, species *E. oleracea* (CHAVES *et al.*, 2021), which is mainly justified by the precocity, as production starts between three and four years after planting, and the high productivity, 8 to 10 tons of fruits ha⁻¹ (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004). For *E. precatoria* there are no cultivars nor a validated production system. The beginning of the productive phase occurs between six and seven years after planting (CARTAXO *et al.*, 2020), being later than *E. oleracea*. However, the genetic variability in the populations of *E. precatoria* can be explored in genetic improvement, in order to obtain cultivars with more competitive and favorable characteristics for the cultivation of this species (RAMOS *et al.*, 2021).

One of the obstacles faced by the açai production chain is the regularity of fruit production throughout the year (FARIAS NETO *et al.*, 2020). It is known that the production period is influenced by climatic seasonality, particularly the precipitation (SILVA DIAS *et al.*, 2019).

INTRODUÇÃO

Os açazeiros *Euterpe oleracea* e *E. precatoria* ganharam destaque nos últimos anos devido ao aumento do consumo dos seus frutos, na forma de polpa. O açai tem alto valor nutritivo, energético, propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, sendo classificado como “superalimento” (YAMAGUCHI *et al.*, 2015).

A dispersão natural de *E. oleracea*, conhecido como açai-do-Pará, inclui Amapá, Goiás, Pará, Tocantins e Maranhão; e de *E. precatoria*, conhecido como açai-solteiro, açai-da-mata ou açai-do-Amazonas, abrange os estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima (VIANNA, 2021). As espécies apresentam algumas características distintas, entre elas: melhor qualidade nutricional da polpa (KANG *et al.*, 2012; MATOS *et al.*, 2017) e maior rendimento de polpa dos frutos de *E. precatoria* em relação aos de *E. oleracea* (CARTAXO *et al.*, 2020); perfilhamento em *E. oleracea* e haste única em *E. precatoria* (VIANNA, 2021) e diferenças na sazonalidade da produção de frutos (GAMA, 2004; MELO *et al.*, 2021).

A produção de frutos dos açazeiros é proveniente do extrativismo e do cultivo. Nesse último, com adoção das cultivares BRS Pará e BRS Pai d'égua, espécie *E. oleracea*, (CHAVES *et al.*, 2021), o que se justifica principalmente pela precocidade, com início da produção entre três e quatro anos após o plantio, e alta produtividade, 8 a 10 toneladas de frutos ha⁻¹ (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004). Para *E. precatoria* não existem cultivares nem sistema de produção validado. O início da fase produtiva ocorre entre seis e sete anos após o plantio (CARTAXO *et al.*, 2020), sendo mais tardia que *E. oleracea*. Contudo, a variabilidade genética nas populações de *E. precatoria* pode ser explorada no melhoramento genético, a fim de se obter cultivares com características mais competitivas e favoráveis para o cultivo dessa espécie (RAMOS *et al.*, 2021).

Um dos desafios da cadeia produtiva do açai é a regularidade na produção de frutos ao longo do ano (FARIAS NETO *et al.*, 2020). Sabe-se que o período de produção é influenciado pela sazonalidade climática, com destaque para precipitação (SILVA DIAS *et al.*, 2019).

In the state of Amazonas, production of *E. precatoria* is mainly concentrated in the first half of the year, although in some regions, production starts in November (Purus, Madeira, and Alto Rio Negro) or December (Jutaí, Solimões, and Juruá) and is extended until August (Middle and Lower Amazon) or October (Rio Negro and Solimões). The production of *E. oleracea* is concentrated from August to November, regardless of the region (MELO *et al.*, 2021).

Because of the infrastructure for production, the agricultural flow, and proximity to the large consumer market, the metropolitan region of Manaus, the state of Amazonas, particularly the municipalities with access to the capital by land, has potential for the development of açai grown in upland areas. Studies on the seasonality of açai fruit production under cultivation conditions in this region are necessary to validate the hypothesis of different harvest periods, thus demonstrating that the cultivation of both species can be a strategy to reduce the off-season period, with benefits for farmers, agro-industry and consumers. Thus, the objective of this work was to study the monthly distribution of fruit production of *E. oleracea* and *E. precatoria* açai palm trees cultivated in the metropolitan region of Manaus, Amazonas.

MATERIAL AND METHODS

The study areas are located in the municipalities of Manacapuru and Rio Preto da Eva, state of Amazona within the geographic coordinates 03°15'02.18805" S and 60°36'48.82136" W and 2°26'49.70" S and 59°33'43.50" W for the plantations of *E. precatoria* and *E. oleracea*, respectively.

The planting of *E. precatoria* was established in 2012, with seeds collected from a natural population in the municipality of Anori, and a population of 400 plants, spaced at 4 x 4 m. The planting of *E. oleracea* was established in 2013, cultivar BRS Pará, with a population of 60 plants, spacing of 5 m between plants, conducted with three tillers per clump.

According to Köppen-Geiger's classification (<https://en.climate-data.org/>), the climate of the region is Af type, hot and humid. The annual regime of the areas is characterized by a period of heavy rainfall between December and May, and another with less precipitation, from June to November (Figure 1).

No estado do Amazonas a produção de *E. precatoria* se concentra principalmente no primeiro semestre do ano, embora em algumas regiões a produção inicie no mês de novembro (Purus, Madeira e Alto Rio Negro) ou dezembro (Jutaí, Solimões e Juruá) e se estenda até agosto (Médio e Baixo Amazonas) ou outubro (Rio Negro e Solimões). A produção de *E. oleracea* se concentra nos meses de agosto a novembro, independente da região (MELO *et al.*, 2021).

Devido à infraestrutura para produção, escoamento agrícola e proximidade do grande mercado consumidor, a região metropolitana de Manaus, AM, particularmente os municípios com acesso à capital por via terrestre, tem potencial para o desenvolvimento do açai cultivado em terra-firme. Estudos sobre a sazonalidade da produção de frutos de açazeiros em condições de cultivo nessa região são necessários para validar a hipótese de diferentes períodos de safra, assim, demonstrar que o cultivo de ambas as espécies pode ser uma estratégia para reduzir o período de entressafra, com benefícios para agricultores, agroindústria e consumidores. Assim, objetivou-se com esse trabalho estudar a distribuição mensal da produção de frutos dos açazeiros *E. oleracea* e *E. precatoria*, cultivados na região metropolitana de Manaus, Amazonas.

MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de estudo estão localizadas nos municípios Manacapuru e Rio Preto da Eva, estado do Amazonas. As coordenadas geográficas 03° 15' 02,18805" S e 60° 36' 48,82136" W e 2°26'49.70" S e 59°33'43.50" W são dos plantios de *E. precatoria* e *E. oleracea*, respectivamente.

O plantio de *E. precatoria* foi estabelecido em 2012, com sementes coletadas em população natural no município de Anori, e uma população de 400 plantas, espaçadas em 4 x 4 m. O plantio de *E. oleracea* foi estabelecido em 2013, cultivar BRS Pará, com população de 60 plantas, espaçamento de 5 m entre plantas, conduzidas com 3 perfilhos por touceira.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger (<https://en.climate-data.org/>), o clima da região é do tipo Af, quente e úmido. O regime anual das áreas é caracterizado por um período de alta precipitação, entre dezembro e maio, e outro com menor precipitação, entre junho e novembro (Figura 1).

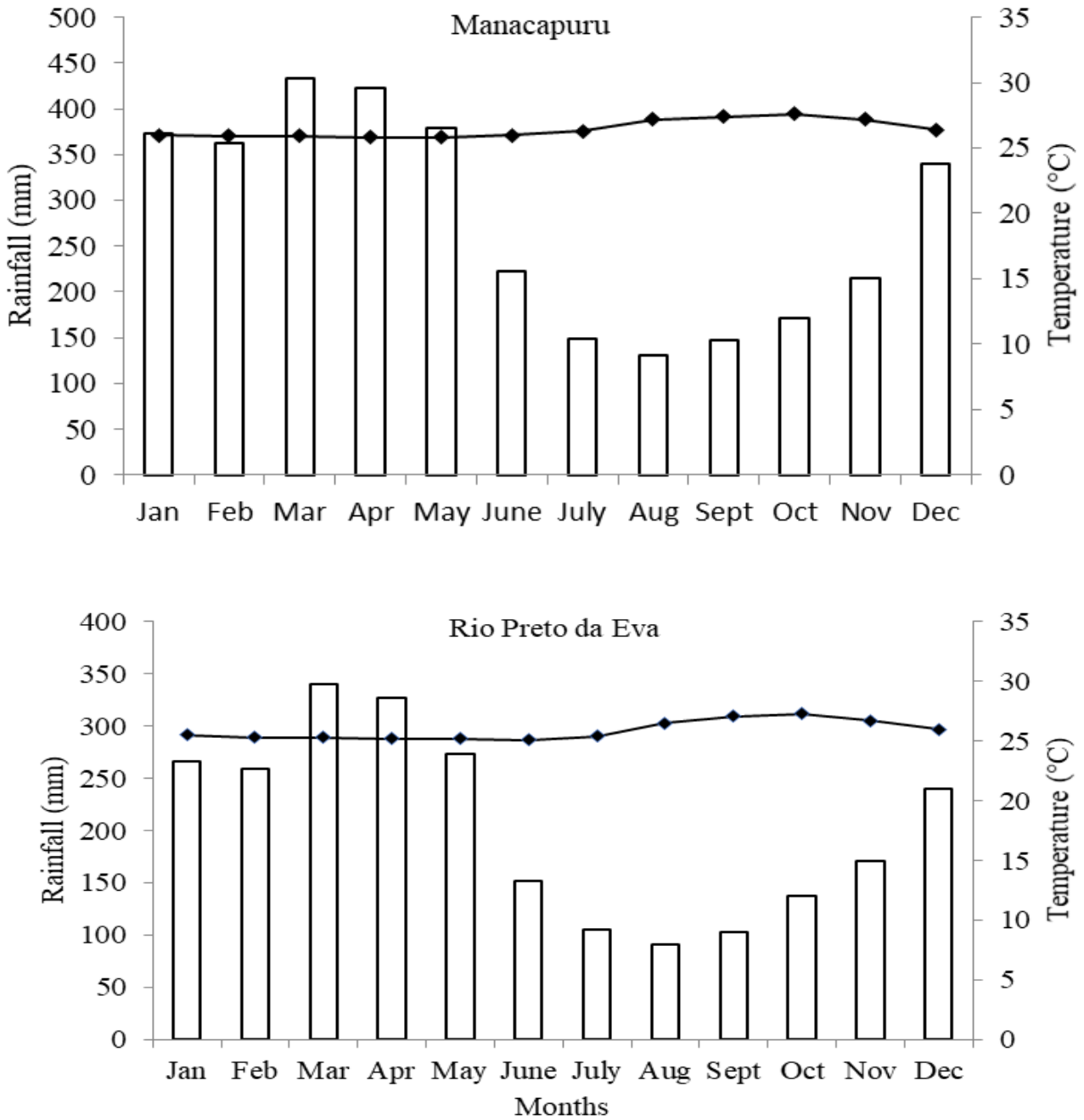


Figure 1 - Rainfall (bars) and temperature (rows) in the municipalities of Manacapuru and Rio Preto da Eva, located in the metropolitan region of Manaus, Amazonas, Brazil.

(Source: <http://en.climate-data.org>). Mean values corresponding got the 1999-2019 period.

Figura 1 - Precipitação (barras) e temperatura (linha) nos municípios de Manacapuru e Rio Preto da Eva, localizados na região metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

(Fonte: <http://en.climate-data.org>). Valores médios referentes ao período de 1999 a 2019.

The historical average for annual rainfall in Rio Preto da Eva is 2,466 mm and in Manacapuru it is 3,345 mm. The monthly average temperature has a low oscillation, and the variation between the highest and lowest temperature is 2.1 °C in Rio Preto da Eva and 1.8 °C in Manacapuru. The month with the highest temperature is October, both in Manacapuru (27.6 °C) and in Rio Preto da Eva (27.3 °C), and the coldest month is June in Rio Preto da Eva (25.1 °C). and May in Manacapuru (25.8 °C).

The evaluations of reproductive phenophases were carried out for 24 months, from November 2018 to October 2020, in a sample of 20 plants of each species and every 15 days, where the following variables were evaluated: number of inflorescences emitted and number of bunches harvested. These data allowed us to obtain the monthly and annual averages of these variables as well as their monthly percentages. The percentage distribution of inflorescence emission and harvest of mature bunches, over the months of the year, was shown using graphs, built in Microsoft Excel software (2007).

To compare whether the distribution of the total number of emitted inflorescences and harvested bunches was homogeneous among the species, the χ^2 -test was applied ($p < 0.05$). The species were also compared for the variables total number of inflorescences emitted and the total number of bunches harvested. The means were submitted to the non-parametric Kruskal Wallis test ($p < 0.05$), using the Action Stat software (ESTATCAMP, 2014). Using the difference between the annual average values of the number of inflorescences emitted and of bunches harvested per plant, the percentage of aborted inflorescences was calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

In cultivated conditions of upland areas in the metropolitan region of Manaus, the species *E. oleracea* and *E. precatoria* presented different periods of concentration of emission of inflorescences and harvested bunches (Figures 2a and 2b).

A média histórica para precipitação anual em Rio Preto da Eva é de 2.466 mm e em Manacapuru é de 3.345 mm. A temperatura média mensal tem baixa oscilação, e a variação entre a temperatura mais alta e mais baixa é de 2,1 °C em Rio Preto da Eva e de 1,8 °C em Manacapuru. O mês com maior temperatura é outubro, tanto em Manacapuru (27,6 °C) como em Rio Preto da Eva (27,3 °C), e o mês com menor temperatura é junho em Rio Preto da Eva (25,1 °C) e maio em Manacapuru (25,8 °C).

As avaliações das fenofases reprodutivas foram realizadas durante 24 meses, de novembro de 2018 a outubro de 2020, em amostra de 20 plantas de cada espécie e a cada 15 dias, sendo avaliadas as variáveis: número de inflorescências emitidas e número de cachos colhidos. A partir desses dados foram obtidos média mensal e anual dessas variáveis, bem como os seus percentuais mensais. A distribuição percentual da emissão de inflorescências e colheita de cachos maduros, ao longo dos meses do ano, foi apresentada por meio de gráficos, construídos no software Microsoft Excel (2007).

Para comparar se a distribuição do número total de inflorescências emitidas e cachos colhidos foi homogênea entre as espécies aplicou-se o teste χ^2 do ($p < 0,05$). As espécies também foram comparadas para as variáveis: número total de inflorescências emitidas e número total de cachos colhidos. As médias foram submetidas ao teste não paramétrico de Kruskal Wallis ($p < 0,05$), usando o software Action Stat (ESTATCAMP, 2014). Pela diferença entre os valores médios anuais do número de inflorescências emitidas e de cachos colhidos por planta foram calculados os percentuais de inflorescências abortadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em condições de cultivo em terra-firme, na região metropolitana de Manaus, as espécies *E. oleracea* e *E. precatoria* apresentaram diferentes períodos de concentração de emissão de inflorescências e de cachos colhidos (Figuras 2a e 2b).

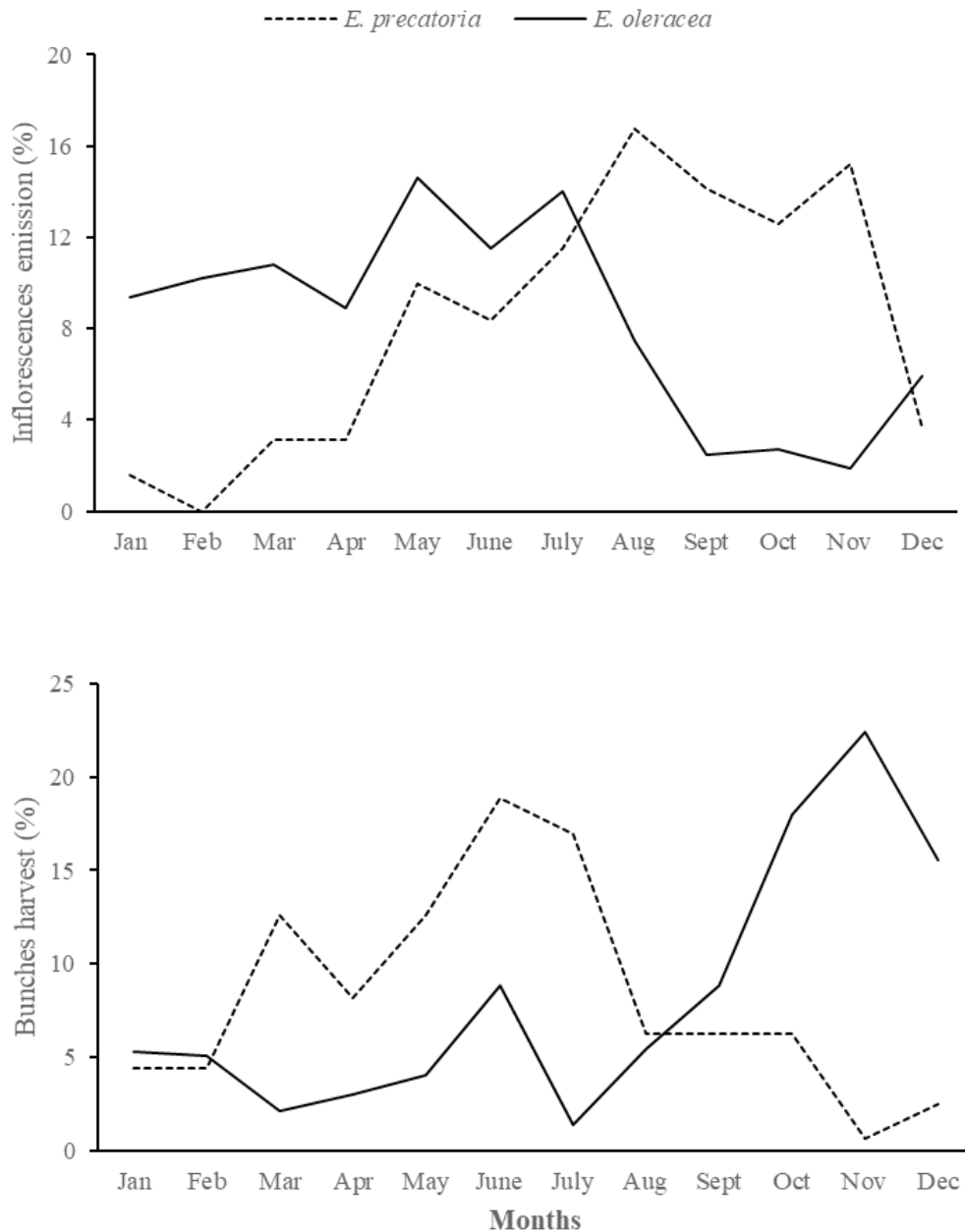


Figure 2 - Distribution of inflorescence emission (a) and harvested bunches (b) over the year in the species *Euterpe precatoria* (solid line) and *E. oleracea* (dashed line) in municipalities in the metropolitan region of Manaus, AM.

Average data corresponding to the evaluation period from November 2018 to October 2020. Heterogeneous distribution among the species *E. oleracea* and *E. precatoria* (χ^2 , $p < 0.05$).

Figura 2 - Distribuição da emissão de inflorescências (a) e colheita de cachos (b) ao longo dos meses do ano nas espécies *Euterpe precatoria* (linha sólida) e *E. oleracea* (linha tracejada) em municípios da região metropolitana de Manaus, AM.

Dados médios referente ao período de avaliação de novembro de 2018 a outubro de 2020. Distribuição heterogênea entre as espécies *E. oleracea* e *E. precatoria* (χ^2 , $p < 0,05$).

In the species *E. oleracea*, the emission of inflorescences was more intense from January to July (77%), coinciding with the period of greatest rainfall in the year in the region, while the maturation of bunches was more concentrated in the period from October to December (56%), at the end of the dry season of the year, with the highest production recorded in November (22%) and the lowest in July (1%). For *E. precatoria*, the period with the highest emission of inflorescences was from July to November (70%), coinciding with the driest season, while the highest proportion of bunches was harvested between May and July (49%), at the end of the rainfall season, with the highest production recorded in June (18.9%) and the lowest in November (1%) (Figure 2a).

The results obtained for the reproductive phenology of açai trees *E. oleracea* and *E. precatoria* in this study were similar to those found by Gama (2004), in upland areas forest fragments in the municipality of Manaus, the plants were evaluated for 12 months (February 2003 to January 2004), with peak fruit maturation between August and January (*E. oleracea*) and from April to September (*E. precatoria*). These results demonstrate that in the metropolitan region of Manaus, both under single cultivation in upland areas and upland forest conditions, the species *E. oleracea* and *E. precatoria* have different harvest periods.

Although the harvest period is well characterized, for both species, apart from *E. precatoria*, the emission of inflorescences and the harvest of mature bunches occurred in all months of the year with no record of emission of inflorescences in February (Figures 2a and 2b). The month with the lowest harvest of bunches in the species *E. oleracea* coincided with the period with the highest harvest of *E. precatoria*, and vice versa. These results indicate the possibility of reducing the off-season period of açai production in the region with the planting of both species.

In Amazonas, the price of açai fruit (values for the period from July 2016 to September 2020) is lower during the period from March to June, when the value of the kilogram oscillates between 1.0 BRL and 1.5 BRL. In the period of fruit scarcity, usually in January, there is a rise in the price of one kilogram of fruit, oscillating between 2.0 BRL and 2.5 BRL (CONAB, 2020). According to Tavares *et al.* (2020), in Pará, during the off-season, the consumer pays 32 BRL for the liter of thick açai (value of 2018).

Na espécie *E. oleracea*, a emissão de inflorescências foi mais intensa de janeiro a julho (77%), coincidindo com o período de maior precipitação do ano na região, enquanto a maturação de cachos apresentou maior concentração no período de outubro a dezembro (56%), no final da estação seca do ano, com registro da maior produção em novembro (22%) e da menor em julho (1%). Para *E. precatoria*, o período de maior emissão de inflorescências foi de julho a novembro (70%), coincidindo com a estação mais seca, enquanto a maior proporção de cachos foi colhida entre maio e julho (49%), no final da estação das chuvas, com registro da maior produção no mês de junho (18,9%) e a menor no mês de novembro (1%) (Figura 2a)

Os resultados obtidos para fenologia reprodutiva de plantas de açai *E. oleracea* e *E. precatoria* nesse estudo foram similares aos verificados por Gama (2004), em fragmentos de floresta de terra-firme no município de Manaus, as plantas foram avaliadas durante 12 meses (fevereiro de 2003 a janeiro de 2004), com pico de maturação dos frutos entre agosto e janeiro (*E. oleracea*) e de abril a setembro (*E. precatoria*). Esses resultados demonstram que na região metropolitana de Manaus, tanto o cultivo solteiro em terra-firme como em condições de floresta de terra-firme, as espécies *E. oleracea* e *E. precatoria* apresentam diferentes períodos de safra.

Apesar do período de safra ser bem caracterizado, para as duas espécies, a emissão de inflorescências e colheita de cachos maduros se deu em todos os meses do ano, exceto em *E. precatoria*, sem registro de emissão de inflorescências no mês de fevereiro (Figuras 2a e 2b). O mês com menor colheita de cachos na espécie *E. oleracea* coincidiu com período de maior colheita de *E. precatoria*, e vice-versa. Esses resultados indicam a possibilidade de reduzir o período de entressafra da produção de açai na região com o plantio de ambas as espécies.

No Amazonas, o preço do fruto do açai (valores referentes ao período de julho de 2016 a setembro de 2020) é menor durante o período de março a junho, quando o valor do quilo oscila entre R\$1,0 e R\$1,5. No período de escassez de frutos, geralmente em janeiro, o preço do quilo do fruto sobe, oscilando entre R\$2,0 e R\$2,5 (CONAB, 2020). De acordo com Tavares *et al.* (2020), no Pará, período de entressafra, o litro do açai tipo grosso chega ao consumidor a R\$32,00 (valor de 2018).

The concentration of açai fruit production generates socioeconomic issues such as a reduction in employment and a rise in the value of the pulp in the off-season, which penalizes the low-income population in particular, who uses the açai as an important food supplement (FARIAS NETO *et al.*, 2020). The better distribution of açai fruit production throughout the year will enable a more efficient exploitation of the workforce and infrastructure used in the production, transport, processing, and storage of the pulp, as well as provide the market with a better quality product with less fluctuation in value, thus benefiting all components of the açai production chain, from the producer to the consumer.

To extend the açai fruit harvest period, the literature has indicated the use of supplementary irrigation and genetic improvement (FARIAS NETO *et al.*, 2020; TAVARES *et al.*, 2020). The latter can contribute to the selection of genotypes with earlier and later production, both in *E. oleracea* and in *E. precatória*. The interspecific hybridization of the species *E. oleracea* and *E. precatória* also needs to be investigated, to observe the agronomic performance and the harvest period of the hybrids, with the possibility of obtaining genotypes with an extension of the production period, depending on the genetic control of the character. On the other hand, as they are predominantly allogamous species (RAMOS *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020), they can interbreed. Growing *E. oleracea* close to natural populations of *E. precatória*, or vice versa poses the risk of contamination of native populations with the introduced species, with important consequences for the conservation of genetic resources, as there will be a change in the structure and genetic composition of native populations with natural hybridization between species.

The results have also shown that the investigated species are influenced by agroclimatic variables. The period of highest precipitation and lowest air temperature in the region is from December to May (Figure 1), when the species *E. oleracea* emitted the highest number of inflorescences (60%), while *E. precatória* emitted the highest number of inflorescences (79%) during the months of lower precipitation and higher temperature, from June to November. In the *E. oleracea* species, grown without irrigation, Moraes *et al.* (2019) found that soil moisture was the physical characteristic with the greatest influence on fruit yield. The authors reported that the phenological phases of mature leaves and spathe emission were the most sensitive to climatic conditions and generated a model capable of predicting fruit yield, 6 to 9 months, before harvest.

A concentração da produção de frutos de açai gera problemas socioeconômicos, como: redução de emprego e elevação do valor da polpa no período de entressafra, o que penaliza principalmente a população de baixa renda, que tem no açai importante complemento alimentar (FARIAS NETO *et al.*, 2020). A melhor distribuição da produção de frutos de açai ao longo do ano possibilitará explorar com maior eficiência a mão de obra e a infraestrutura utilizada na produção, transporte, processamento e armazenamento da polpa, bem como disponibilizar ao mercado um produto de melhor qualidade e com menor oscilação de valor, beneficiando assim todos os componentes da cadeia produtiva do açai, do produtor ao consumidor.

Para aumentar o período da safra de frutos do açai, a literatura tem indicado o uso da irrigação suplementar e melhoramento genético (FARIAS NETO *et al.*, 2020; TAVARES *et al.*, 2020). Esse último pode contribuir na seleção de genótipos com produção mais precoce e mais tardia, tanto em *E. oleracea* como em *E. precatória*. A hibridação interespecífica das espécies *E. oleracea* e *E. precatória* também necessita ser estudada, verificando o desempenho agrônomo e o período de safra dos híbridos, com possibilidade de obter genótipos com prolongamento do período de produção, dependendo do controle genético da característica. Por outro lado, como são espécies predominantemente alógamas (RAMOS *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2020), elas podem se cruzar. O cultivo de *E. oleracea* próximo a populações naturais de *E. precatória*, ou vice-versa, corre o risco de contaminação de populações nativas com a espécie introduzida, com importantes consequências para a conservação dos recursos genéticos, pois haverá modificação da estrutura e composição genética das populações nativas com a hibridação natural entre as espécies.

Os resultados também demonstraram que as espécies estudadas são influenciadas pelas variáveis agroclimáticas. O período de maior precipitação e menor temperatura do ar na região vai de dezembro a maio (Figura 1), quando a espécie *E. oleracea* emitiu maior número de inflorescências (60%), já *E. precatória* emitiu maior número de inflorescências (79%) durante os meses de menor precipitação e maior temperatura, de junho a novembro. Na espécie *E. oleracea*, cultivada sem irrigação, Moraes *et al.* (2019) verificaram que a umidade do solo foi a característica física com maior influência na produtividade de frutos. Os autores relataram que as fases fenológicas de folhas maduras e emissão de espata foram as mais sensíveis às condições climáticas e geraram um modelo capaz de prever a produtividade de frutos, 6 a 9 meses, antes da colheita.

Works on modeling with agroclimatic variables and fruit production for *E. precatoria* are necessary, but the information on reproductive phenology obtained in this study has already indicated different responses among the investigated species. In oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), production modeling with agroclimatic variables showed that soil moisture is related to abortion and inflorescence sex determination (male/female inflorescence ratio), important factors in cluster productivity in this palm. Furthermore, it was possible through this model, using the variables percentage of available soil water holding capacity and plant age, to predict with good accuracy the yield of bunches ($R^2 = 68\%$), up to 9 months in advance (KEONG; KENG, 2012).

The average number of inflorescences and bunches produced by *E. oleracea* was higher than that observed for *E. precatoria* (Table 1). In the development of the cultivar BRS Pará, the source of the *E. oleracea* plants evaluated in this study, plants with an annual production of more than 16 bunches per clump was selected (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004). Besides, the plants were managed keeping three tillers, which provides greater productivity (FARIAS NETO *et al.*, 2020). Considering the origin and management of *E. oleracea* plants, the average number of bunches produced per year (16 bunches per clump) is in line with the expected value.

The average number of bunches produced annually (4.7 bunches per plant) by *E. precatoria* plants (Table 1) under cultivation conditions is within the range reported by Cartaxo *et al.* (2020) for natural populations exploited employing extractivism, where annual production ranges from 2 to 6 bunches per plant. Although the species *E. precatoria* produces fewer bunches, these are generally larger than those produced by *E. oleracea*. An *E. precatoria* plant under cultivation conditions, with a rational arrangement of the plants in the area and cultural practices (mowing between the lines, crowning the plants, and fertilization), can produce up to 50 kg of fruit annually (CARTAXO *et al.*, 2020). In this work, only the number of harvested bunches was recorded instead of the weight of bunches or fruits produced, thus, the data do not allow comparing the productive potential of the species.

Estudos de modelagem com variáveis agroclimáticas e produção de frutos para *E. precatoria* são necessários, mas as informações sobre fenologia reprodutiva obtidas nesse estudo já indicam respostas diferentes entre as espécies estudadas. Em palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), a modelagem da produção com variáveis agroclimáticas demonstrou que a umidade do solo tem relação com aborto e determinação do sexo das inflorescências (relação inflorescências masculinas/femininas), fatores importantes na produtividade de cachos nessa palmeira. Ainda, foi possível por meio desse modelo, usando as variáveis porcentagem da capacidade de retenção de água disponível no solo e idade da planta, prever com boa precisão a produtividade de cachos ($R^2 = 68\%$), com até 9 meses de antecedência (KEONG; KENG, 2012).

O número médio de inflorescências e cachos produzidos por *E. oleracea* foi superior ao verificado para *E. precatoria* (Tabela 1). No desenvolvimento da cultivar BRS Pará, fonte das plantas de *E. oleracea* avaliadas nesse estudo, foram selecionadas plantas com produção anual superior a 16 cachos por touceira (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2004), além disso, as plantas foram conduzidas com três perfilhos, que conforme Farias Neto *et al.* (2020) proporciona maior produtividade. Considerando a origem e o manejo das plantas de *E. oleracea*, o número médio de cachos produzidos por ano (16 cachos por touceira) está de acordo com o valor esperado.

O número médio de cachos produzidos anualmente (4,7 cachos por planta) pelas plantas de *E. precatoria* (Tabela 1) em condições de cultivo está dentro da variação relatada por Cartaxo *et al.* (2020) para populações naturais exploradas por extrativismo, onde a produção anual varia de 2 a 6 cachos por planta. Embora a espécie *E. precatoria* produza menor número de cachos, estes são geralmente maiores do que os produzidos por *E. oleracea*. Uma planta de *E. precatoria* em condições de cultivo, com arranjo racional das plantas na área e tratamentos culturais (roçagem das entrelinhas, coroamento das plantas e adubação), pode produzir anualmente até 50 kg de frutos (CARTAXO *et al.*, 2020). Nesse estudo, foi registrado apenas o número de cachos colhidos e não o peso de cachos ou de frutos produzidos, assim, os dados não permitem comparar o potencial produtivo das espécies.

Table 1 - Annual mean values of the production variables of açai trees, *E. precatoria*, and *E. oleracea*, in municipalities in the metropolitan region of Manaus, AM

Tabela 1 - Valores médios anual das variáveis de produção de açazeiros, *E. precatoria* e *E. oleracea*, em municípios da região metropolitana de Manaus, AM

Species	Mean	Minimum	Maximum
Number of inflorescences produced			
<i>E. precatoria</i>	5.6 b	3.5	10.5
<i>E. oleracea</i>	21.1 a	12.0	29.0
Number of ripened bunches produced			
<i>E. precatoria</i>	4.7 b	2.5	8.0
<i>E. oleracea</i>	14.2 a	9.0	20.5

Means followed by the same letter in the column are not different from each other by the test of Kruskal Wallis ($p < 0.05$).

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

The average percentage of aborted inflorescences or bunches per plant in *E. oleracea* was 33% and 17% in *E. precatoria*. A higher abortion rate in *E. oleracea* was also reported by Gama (2004). This may be caused by the greater sensitivity of *E. oleracea* to agroclimatic variables in conditions of cultivation on upland areas as the environment of the natural occurrence of this species is humid or hydromorphic soils of the Amazon estuary. Nevertheless, specific studies are needed to validate this hypothesis.

E. oleracea has mechanisms to tolerate moderate stress from water shortage, typical of mesophytic species (CALBO; MORAES, 2000). However, this species shows significant decreases in growth when subjected to water deficit (MAR *et al.*, 2013; SILVESTRE *et al.*, 2016, 2017). For *E. precatoria*, there are no works on the physiological effects on plants subjected to water deficit, which will be important for the establishment of strategies in the development of production systems for high fruit productivity.

O percentual médio de inflorescências ou cachos abortados por planta em *E. oleracea* foi de 33% e em *E. precatoria* 17%. Maior taxa de abortamento em *E. oleracea*, também, foi relatada por Gama (2004). Isso pode ser em razão da maior sensibilidade de *E. oleracea* as variáveis agroclimáticas em condições de cultivo em terra firme, visto que o ambiente de ocorrência natural dessa espécie são solos úmidos ou hidromórficos do estuário amazônico. Mas, estudos específicos são necessários para validar essa hipótese.

A *E. oleracea* possui mecanismos para tolerar estresse moderado de falta de água, típico de espécies mesófitas (CALBO; MORAES, 2000). No entanto, essa espécie apresenta decréscimos significativos no crescimento quando submetidas a déficit hídrico (MAR *et al.*, 2013; SILVESTRE *et al.*, 2016, 2017). Para *E. precatoria*, não existem estudos sobre os efeitos fisiológicos em plantas submetidas a déficit hídrico, os quais serão importantes para o estabelecimento de estratégias no desenvolvimento de sistemas de produção para alta produtividade de frutos.

Considering the importance of *E. precatoria* as a source of food and income for thousands of families that exploit the species in an extractive or cultivated way, there is little attention to research, unlike *E. oleracea*, in which cultivars and production systems have already been developed for high productivity, both for rainfed and irrigated conditions, technologies that have already been shown to provide significant positive socioeconomic impacts (NOGUEIRA; SANTANA, 2016).

In addition to the differences between the species already appropriately duly registered in the literature, related to the nutritional quality and yield of the fruit pulp and morphological characteristics of the plant, it was observed in this study verified that the species present distinct reproductive phenology in relation to the period of inflorescence emission and fruit maturation, which determines different harvest period. The seasonal differences related to the reproductive phenophases of *E. oleracea* and *E. precatoria* under similar agroclimatic conditions suggest different physiological responses to variations in environmental conditions such as precipitation and temperature. These observations allow us to establish the hypothesis that in the event of uncommon seasonal variations, for example, years with greater or lesser precipitation, positive or negative impacts on production are possible, which needs to be studied.

Finally, it is recommended to deepen the knowledge about the influence of agroclimatic variables and seasonal effects of the climate on fruit yield, pulp yield, and harvest period, which allow for the prediction of yield after the occurrence of periods with atypical climate and the best planning of commercial plantations, as well as generating information to help define strategies for genetic improvement.

CONCLUSIONS

In the metropolitan region of Manaus, state of Amazonas, in cultivation conditions, the harvest of mature bunches in açai trees of the species *Euterpe precatoria* and *Euterpe oleracea* occurs all over the year;

Considerando a importância de *E. precatoria* como fonte de alimento e renda para milhares de famílias que exploram de forma extrativista ou cultivada a espécie, há pouca atenção da pesquisa, diferentemente de *E. oleracea*, que já foram desenvolvidas cultivares e sistemas de produção para alta produtividade, tanto para condições de sequeiro como irrigado, tecnologias que já demonstraram proporcionar significativos impactos socioeconômicos positivos (NOGUEIRA; SANTANA, 2016).

Além das diferenças entre as espécies já devidamente registradas na literatura, relacionadas à qualidade nutricional e rendimento da polpa do fruto e características morfológicas da planta, nesse estudo, verificou-se que as espécies apresentam fenologia reprodutiva distinta em relação ao período de emissão de inflorescências e maturação de frutos, o que determina diferente período de safra. As diferenças sazonais relacionadas às fenofases reprodutivas de *E. oleracea* e *E. precatoria* em condições agroclimáticas similares sugere respostas fisiológicas diferentes a variações das condições ambientais como precipitação e temperatura. Essas observações permitem estabelecer a hipótese de que na ocorrência de variações sazonais fora da média, por exemplo, anos com maior ou menor precipitação, é possível impactos positivos ou negativos sobre a produção, o que precisa ser estudado.

Por fim, recomenda-se aprofundar o conhecimento sobre a influência das variáveis agroclimáticas e efeitos sazonais do clima na produtividade de frutos, rendimento de polpa e período de safra, que permitam realizar a previsão de produtividade após ocorrência de períodos com clima atípico e o melhor planejamento dos plantios comerciais, bem como gerar informações para auxiliar na definição de estratégias de melhoramento genético.

CONCLUSÕES

Na região metropolitana de Manaus, AM, em condições de cultivo, a colheita de cachos maduros em açazeiros das espécies *Euterpe precatoria* e *Euterpe oleracea* ocorre durante todos os meses do ano;

The peak of the *Euterpe precatoria* harvest is from March to July; and from September to December for *Euterpe oleracea*;

The diversification of plantations with the species *E. oleracea* and *E. precatoria* reduces the off-season periods and scarcity of the açai fruit, which contributes positively to the production chain of the fruit.

O pico da safra da *Euterpe precatoria* é entre março e julho; e a da *Euterpe oleracea* de setembro a dezembro;

A diversificação dos plantios com as espécies *E. oleracea* e *E. precatoria* reduz os períodos de entressafra e escassez do fruto de açai, o que contribui de modo positivo para a cadeia produtiva do fruto.

ACKNOWLEDGMENTS

To Research Support Foundation of the state of Amazonas (Fapeam) for financing the experiment by means of Universal projects, Process No. 062.01247/2018 – Public Notice 002/2018, and FIXAM, Process No. 062.01529/2018 – Public Notice 005/2018;

To the farmer Marcos Antônio de Souza, landlord of Mayron Farm, Manacapuru, Amazonas for allowing access to his *Euterpe precatoria* area for the experiment.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam), pelo financiamento do estudo por meio dos projetos Universal, processo nº 062.01247/2018 – Edital 002/2018, e FIXAM, processo nº 062.01529/2018 – Edital 005/2018;

Ao produtor Marcos Antônio de Souza, proprietário do Sítio Mayron, Manacapuru, Amazonas, por permitir acesso a sua área de plantio do açai *Euterpe precatoria* para o estudo.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açai). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 3, p. 225-230, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000300001>

CARTAXO, C. B. C.; VASCONCELOS, M. A. M.; PAPA, D. A.; GONZAGA, D. S. O. M.; ÁLVARES, V. S. ***Euterpe precatoria* Mart.: boas práticas de produção na coleta e pós-coleta de açai-solteiro**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2020. 55 p. (Embrapa Acre. Documentos, 166). ISSN 0104-9046

CHAVES, S. F. S.; ALVES, R. M.; DIAS, L. A. S. Contribution of breeding to agriculture in the Brazilian Amazon. I. Açai palm and oil palm. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 21(S): e386221S8, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332021v21Sa21>

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Análise mensal: Açai – Inovações na cadeia do açai – Rastreabilidade**. Dezembro de 2020, 14p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-acai/item/download/35248_5198809397d2c737b588cc3b198e6216>. Acesso em: 22 de fev. 2022.

ESTATCAMP. **Software Action. Estatcamp** - Consultoria em estatística e qualidade, São Carlos - SP, Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 14 dez. 2018.

FARIAS NETO, J. T.; YOKOMIZO, G. K. I.; RESENDE, M. D. V. Productive capacity and genetic variation behavior in progenies from irrigated açai according to plant age. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 14, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v14i0.6409>.

- GAMA, M. A. M. **Estudo comparativo da biologia reprodutiva de *Euterpe oleracea* e *Euterpe precatoria* Martius (Arecaceae), na região de Manaus.** 2004. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.
- KANG, J.; THAKALI, K. M.; XIE, C.; KONDO, M.; TONG, Y.; OU, B.; JENSEN, G.; MEDINA, M. B.; SCHAUSS, A. L.; WU, X. Bioactivities of açai (*Euterpe precatoria* Mart.) fruit pulp, superior antioxidant and anti-inflammatory properties to *Euterpe oleracea* Mart. **Food Chemistry**, v. 133, p. 671–677, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.048>
- KEONG, Y. K.; KENG, W. M. Statistical modeling of weather-based yield forecasting for young mature oil palm. **Asia-Pacific Chemical, Biological & Environmental Engineering**, proc. 4, p. 58–65, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.011>.
- MAR, C. C.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SANTOS, A. B. R.; VIEGAS, I. J. M.; SILVA, S. N. Dry masses and leaf area production of young açai palm submitted to water deficits. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, p. 14-23, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18542/ragros.v5i2.1794>
- MATOS, C. B.; SAMPAIO, P.; RIVAS, A. A. A.; MATOS, J. C. S.; HODGES, D. G. Economic profile of two species of Genus *Euterpe*, producers of açai fruits, from the Pará and Amazonas States - Brazil. **International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology**, v. 2, n. 4, p. 1822-1828, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.4.46>
- MELO, G. S.; COSTA, F. S.; SIL, L. C. O cenário da produção do açai (*Euterpe* spp.) no estado do Amazonas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 1629-1641, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n1-112>
- MORAES, J. R. S. C.; ROLIM, G. S.; MARTORANO, L. G.; APARECIDO, L. E. O.; OLIVEIRA, M. S.; FARIAS NETO, J. T. Agrometeorological models to forecast açai (*Euterpe oleracea* Mart.) yield in the Eastern Amazon. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.10164>
- NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açai no Estado do Pará. **Revista Ceres**, v. 63, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663010001>
- OLIVEIRA, M. S. P.; FARIAS NETO, J. T. **Cultivar BRS-Pará: Açazeiro para Produção de Frutos em Terra Firme.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 3 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 114). ISSN 1517-2244
- RAMOS, S. L. F.; DEQUIGIOVANNI, G.; LOPES, M. T. G.; AGUIAR, A. V.; LOPES, R.; VEASEY, E. A.; MACEDO, J. L. V.; ALVES-PEREIRA, A.; FRAXE, T. J. P.; WREGGE, M. S.; GARCIA, J. N. Genetic structure in populations of *Euterpe precatoria* Mart. in the Brazilian Amazon. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 1, p. 1-11, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fevo.2020.603448>
- RAMOS, S. L. F.; LOPES, M. T. G.; LOPES, R.; DEQUIGIOVANNI, G.; MACEDO, J. L. V. D.; SEBENN, A. M.; SILVA, E. B.; GARCIA, J. N. Mating system analysis of Açai-do-Amazonas (*Euterpe precatoria* Mart.) using molecular markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, p. 126-130, 2019. DOI: <doi.org/10.1590/1984-70332019v19n1n17>
- SANTOS, J. F.; KENY MARIGUELE, H.; PEREIRA, A.; ZAMBONIM, F. M.; VENTURIERI, G. A. Parâmetros genéticos e teste de paternidade em progênies de *Euterpe oleracea* produto da hibridação espontânea com *Euterpe edulis* em clima subtropical. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, n. 1, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e036>
- SILVA DIAS, T. S.; SOUZA, E. B.; JARDIM, M. A. G.; SOUZA, P. J. O. P.; ROCHA, E. J. P.; PINHEIRO, A. N.; FRANCO, V. S.; SANTOS, R. C. Estimativa climática sazonal da produtividade de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) no estado do Pará - cenários futuros. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 517-533, 2019. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.2.p517-533>
- SILVESTRE, W. V. D.; PINHEIRO, H. A.; SOUZA, R. O. R. M.; PALHETA, L. F. Morphological and physiological responses of açai seedlings subjected to different watering regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 364-371, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agria_mbi.v20n4_p364-371

SILVESTRE, W. V. D.; SILVA, P. A.; PALHETA, L. F.; OLIVEIRA NETO, C. F.; SOUZA, R. O. R. M.; FESTUCCI BUSELLI, R. A.; PINHEIRO, H. A. Differential tolerance to water deficit in two açai (*Euterpe oleracea* Mart.) plant materials. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2301-9>

TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; PALHETA, M. P. Análise da produção e comercialização de açai no estado do Pará, Brasil. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 4, p. 35215-35221, 2020.

VIANNA, S. A. *Euterpe* in Flora do Brasil **2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22139>>. Acesso em: 19 ago. 2021.

YAMAGUCHI, K. K. D. L.; PEREIRA, L. F. R.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: chemistry and biological activities: a review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137–151, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.055>