

Dinâmica de metabólitos e produção de frutos durante a safra de guaraná

Metabolites dynamics and fruit production during the guarana harvest

Dinámica de metabolitos y producción de frutos durante la cosecha de guaraná

Recebido: 31/01/2022 | Revisado: 05/02/2022 | Aceito: 09/02/2022 | Publicado: 14/02/2022

Géssica Aline Nogueira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8739-254X>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: gessicaanogueira@gmail.com

Daniely Cunha da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2685-5288>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: dannycunhavivi@gmail.com

Laiane Sherly Gomes Torres

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1969-2724>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: laisherly@gmail.com

Flávia Camila Schimpl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2854-8698>
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas, Brasil
E-mail: flavia.schimpl@ifam.edu.br

José Ferreira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2827-368X>
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
E-mail: jfsilva@ufam.edu.br

Resumo

O guaraná da Amazônia é utilizado na suplementação humana principalmente devido a presença de metilxantinas e polifenóis representados por cafeína (CF), teobromina (TB), catequina (CT) e epicatequina (EP), que conferem propriedades energéticas e antioxidantes aos seus produtos a base das sementes. A frutificação do guaranazeiro não é padronizada, tornando a colheita dispendiosa, pois é realizada manualmente e de forma escalonada. Assim, objetivou-se investigar a produção de frutos e o teor de CF, TB, CT e EP ao longo da safra de 2017. A produção dos frutos foi analisada diariamente e foram realizadas 12 colheitas num intervalo de 63 dias, sendo colhidos somente os frutos maduros e abertos. Metilxantinas e polifenóis foram quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) a partir de frutos selecionados frutos de cinco momentos de colheitas, com intervalo de 14 dias. As quantidades de CT, EP e TB foram maiores quando os primeiros frutos amadureceram. Já a cafeína, se manteve praticamente estável durante todo o período avaliado. Nas primeiras quatro semanas a colheita precisou ser realizada duas vezes por semana, a partir daí, semanalmente. Posteriormente, foi necessário somente uma colheita por semana até o final da safra. A quantidade de frutos colhidos em cada colheita sofreu alterações e também alcançou um pico de produtividade na décima colheita, após 104 dias da polinização.

Palavras-chave: Guaranazeiro; Cultivo; Alcaloides; Taninos.

Abstract

Guarana from the Amazon is used in human supplementation mainly due to the presence of methylxanthines and polyphenols represented by caffeine (CF), theobromine (TB), catechin (CT) and epicatechin (EP), which provide energy and antioxidant properties to its products based on of the seeds. The fructification of the guarana tree is not standardized, making the harvest expensive, as it is carried out manually and in a staggered way. Thus, the objective was to investigate fruit production and the content of CF, TB, CT and EP throughout the 2017 harvest. Fruit production was analyzed daily and 12 harvests were carried out at an interval of 63 days, only Ripe and open fruits. Methylxanthines and polyphenols were quantified by high performance liquid chromatography (HPLC) from selected fruits from five harvest times, with an interval of 14 days. The amounts of CT, EP and TB were higher when the first fruits ripened. Caffeine, on the other hand, remained practically stable throughout the evaluated period. In the first four weeks, the harvest had to be carried out twice a week, from then on, weekly. Subsequently, only one harvest per week was required until the end of the season. The amount of fruits harvested in each harvest changed and also reached a peak of productivity in the tenth harvest, after 104 days of pollination.

Keywords: Guarana plant; Crop; Alkaloids; Tannins.

Resumen

El guaraná amazónico se utiliza en la suplementación humana principalmente por la presencia de metilxantinas y polifenoles representados por la cafeína (CF), la teobromina (TB), la catequina (CT) y la epicatequina (EP), que aportan propiedades energéticas y antioxidantes a sus productos a base de de las semillas. La fructificación del árbol de guaraná no está estandarizada, encareciendo la cosecha, ya que se realiza de forma manual y escalonada. Así, el objetivo fue investigar la producción de frutos y el contenido de CF, TB, CT y EP a lo largo de la cosecha 2017. Se analizó la producción de frutos diariamente y se realizaron 12 cosechas con un intervalo de 63 días, solo frutos maduros y abiertos. Las metilxantinas y polifenoles se cuantificaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) de frutos seleccionados de cinco épocas de cosecha, con un intervalo de 14 días. Las cantidades de CT, EP y TB fueron mayores cuando maduraron los primeros frutos. La cafeína, por su parte, se mantuvo prácticamente estable durante todo el período evaluado. En las primeras cuatro semanas, la cosecha debía realizarse dos veces por semana, a partir de entonces, semanalmente. Posteriormente, solo se requería una cosecha por semana hasta el final de la temporada. La cantidad de frutos cosechados en cada cosecha varió y también alcanzó un pico de productividad en la décima cosecha, después de 104 días de polinización.

Palabras clave: Planta de guaraná; Cultivo; Alcaloides; Taninos.

1. Introdução

Paullinia cupana var. *sorbilis* (Mart.) Ducke (Sapindaceae) também conhecido como guaraná-da-Amazônia é uma espécie nativa da região Amazônica. É considerada umas das principais espécies amazônicas com potencial de uso fitoterápico, pois tem demonstrado auxiliar nos mais diversos problemas de saúde (Ferreira et al., 2022). O primeiro relato do uso do guaraná ocorreu em 1669, quando em expedição jesuíta pela Amazônia, o missionário João Felipe Bettendorf registrou que os índios Sateré-Mawé consumiam frequentemente essa bebida, atribuindo-lhe efeito estimulante, diurético, contra dores de cabeça, febre e câibras (Henman, 1982; Maravalhas, 1965).

Hodiernamente pesquisadores confirmaram os benefícios associados ao consumo das sementes de guaraná vão além das propriedades estimulantes ocasionadas pelos altos teores de cafeína (Schimpl, Silva, Gonçalves, & Mazzafera, 2013).pois essas sementes também possuem polifenóis com diversos benefícios na suplementação humana. Altos teores de metilxantinas e flavonóides presentes nessa espécie são biodisponíveis e contribuem para reduzir o estresse oxidativo de indivíduos por ação antioxidante com efeitos estimulantes, anti-inflamatórios, anticancerígenos, hipocolesterolêmicos e antiobesidade (Torres et al., 2022).

Sabe-se até então que teobromina se concentra principalmente nas folhas, caules, inflorescências e pericarpo e a cafeína é acumulada principalmente em sementes, podendo atingir 6% dependendo da cultivar (Nina, Schimpl, Nascimento Filho, & Atroch, 2021; Schimpl et al., 2014). Para catequina e epicatequina foram relatados valores entre 1,3% a 1,5% de teor em sementes de guaraná (Nina et al., 2021; Sousa et al., 2010). Apesar desses estudos, não existe informação quanto a produção de metilxantinas e polifenóis ao longo do período de colheita do guaraná.

Normalmente, as análises desses metabólitos nesta espécie mencionam apenas um período estático de colheita. Isso ocorre porque diferentemente de outras culturas, o guaranazeiro não possui uma colheita homogênea de frutos. A produção de frutos de guaraná tem características intrínsecas, pois a espécie possui mecanismos morfológicos que favorecem a polinização cruzada, o que afeta o modo como a colheita ocorre, e um dos problemas observados nas plantações de guaraná é falta de uniformidade durante esse processo, podendo uma planta ser colhida de dez a vinte vezes durante o período de safra (Atroch & Nascimento Filho, 2018).

Apesar de flores masculinas e femininas estarem presentes na mesma inflorescência, o florescimento de ambas não ocorre ao mesmo tempo (Gondim, 1984) sendo a antese simultânea um fenômeno raro nesta espécie, mas que pode ser uma característica da cultivar. Normalmente, quanto mais tempo o período de inflorescência, maior a probabilidade de mais de um período de floração feminino. É por isso que as frutas e flores em diferentes estágios de maturação são encontradas, e que mais de uma colheita é necessária (Angelo et al., 2007).

A produção dos frutos do guaranazeiro não ocorre de forma única e homogênea, mas o que não significa que seja um

problema, pois a maioria dos produtores de guaraná da Amazônia, são produtores de porte pequeno caracterizados por pequenas áreas (Atroch et al., 2018). Para esses produtores, a colheita é feita basicamente pelo núcleo familiar (Tricaud, Pinton, & Pereira, 2016) e uma única colheita não seria interessante, pois o produtor pode não conseguir colher todas as plantas em tempo hábil.

Como o guaraná também é plantado por grupos de empresas a maturação homogênea dos frutos seria um fator importante, pois diminuir-se-ia o custo com mão de obra, e facilitaria a mecanização da colheita durante a safra (Atroch et al., 2018). Também conhecer a dinâmica da produção desses frutos se torna necessária para melhor administração de recursos de pequenos, médios e grandes produtores.

Até então, não havia informações a respeito do volume da produção de frutos e o conteúdo de metilxantinas e polifenóis em sementes de guaranazeiro em relação ao período de frutificação durante a safra. Os resultados desta pesquisa encontraram diferenças significativas no teor desses compostos ao longo do período de colheita do guaraná, além disso, observou-se um pico de colheita de frutos com maior incremento na colheita total ao final da safra. Entretanto, a variação de produção entre plantas ainda é muito alta, sendo uma dificuldade no planejamento da produção de guaraná.

2. Metodologia

Para este ensaio foram utilizadas plantas adultas de guaraná da cultivar BRS-Maués com idade de sei anos de idade, em uma área experimental localizada no município de Maués-Amazonas, Brasil, latitude 3° 27' 0" S e longitude 57° 38' 60" W. O solo predominante na área é Latossolo Amarelo Distrófico textura muito argilosa e o clima é "Afi" (Clima Tropical Chuvoso) segundo Köppen (Alvares et al., 2013).

Todas as plantas foram manejadas de acordo com as recomendações para a cultura, inclusive o controle de plantas daninhas por meio de capina manual. Em fevereiro do mesmo ano foi realizada poda para uniformizar a arquitetura das plantas.

O florescimento e a polinização da maioria das plantas ocorreram em agosto, a maturação dos primeiros frutos ocorreu em setembro e os últimos frutos foram colhidos em novembro. Destas plantas, foram colhidos frutos e pesados para análise de produção por planta.

Para análise de compostos do metabolismo secundário, foram separadas sementes com intervalo de coleta de 14 dias desde o início da colheita, que representavam em relação ao período de florescimento 51, 65, 79, 93 e 107 dias após a maioria das plantas já estarem polinizadas, o experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As sementes coletadas foram secas em estufa a 50 °C até massa constante e trituradas finamente em moinho de facas tipo Willey, peneirado e armazenado para as análises em laboratório.

Em campo foi avaliado o comportamento de maturação dos frutos no decorrer do tempo. Os frutos foram colhidos até duas vezes por semana. Esse procedimento foi necessário pois a maturação dos frutos do guaranazeiro não é uniforme, e foram colhidos somente os frutos maduros e abertos. Posteriormente, os frutos foram levados para galpão de beneficiamento, pesados e transformados para produção em Kg planta⁻¹.

Para determinar a quantidade de metilxantinas e polifenóis os métodos descritos por Schimpl *et al.* (2014) e Machado *et al.* (2018) foram adaptados. Cerca de 100 mg do material vegetal foi homogeneizado com 5 mL de metanol a 80% em tubos de vidro com tampa rosqueada e mantido em banho térmico a 50 °C durante 2 h, com agitação a cada 15 minutos em vortex.

Após resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram centrifugadas à 15000 x g durante 20 minutos e 100 µL do sobrenadante foi diluído em água destilada, na proporção de 1:4. A partir destes extratos, procedeu-se às análises de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de diodo (Shimadzu Inc., Kyoto, Japão) operando em 280 nm

para os polifenóis e 272 nm para as metilxantinas.

A separação foi em coluna de fase reversa C18 (25 cm x 4,6 mm x 5 µm Allcrom®) sendo a fase móvel (A) água com ácido acético a 1% e (B) metanol, sob um fluxo de 1,2 mL min⁻¹. O gradiente de eluição utilizado foi: 0 min 20% B, 13 min 45% B, 23 min 100% B e 30 min 20% B. Para a determinação das quantidades dos alcaloides e polifenóis foram realizadas curvas padrão com cafeína, teofilina, teobromina, catequina e epicatequina (Sigma).

O tempo de retenção das metilxantinas para a detecção na HPLC foi de aproximadamente 5,0 minutos para teobromina, 7,0 minutos para teofilina e 9,0 minutos para cafeína em 272 nm. Para os polifenóis, aproximadamente 7,0 minutos para catequina, e 9,2 minutos para epicatequina em 280 nm.

Para a análise da produção foram utilizadas as médias da produção acumulada no decorrer do tempo e as médias da produção nos dias em que se procedeu a colheita. Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade pelos testes Shapiro-Wilk, devido a não normalidade dos dados de teobromina, efetuou-se a transformação dos mesmos para raiz quadrada, e posteriores testes paramétricos. A análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

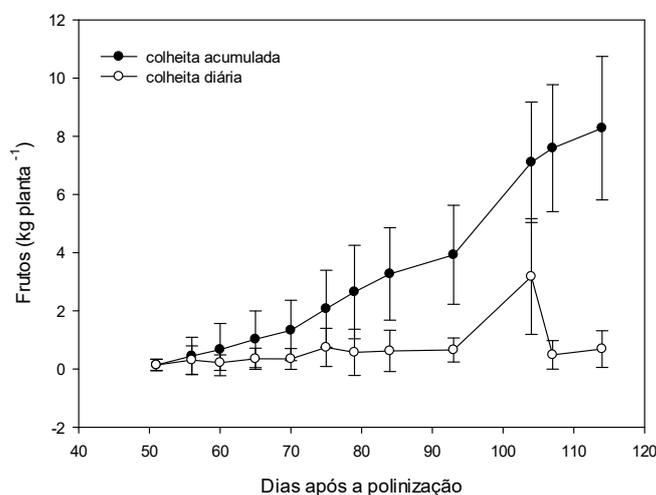
3. Resultados

A colheita dos frutos foi monitorada durante todo o período da safra do guaraná e no total, foram colhidos em média 8,27 Kg de frutos planta⁻¹ do início até o final da safra. Os primeiros frutos foram colhidos aos 51 DAP e os últimos aos 114 DAP. No total, a safra durou cerca de 64 dias (Figura 1).

A colheita se mostrou estável nos primeiros 19 dias (período entre 51 DAP e 70 DAP) com cerca de 0,280 Kg de frutos planta⁻¹ colhidos diariamente, havendo a necessidade de duas colheitas por semana. No período que consiste a 71 DAP a 84 DAP, a média diária de frutos foi de 0,647 Kg de frutos planta⁻¹ com a frequência de duas colheitas por semana (Figura 1).

No período de 85 DAP a 93 DAP, colheita dos frutos foi realizada somente uma vez, com a média de 0,656 Kg de frutos planta⁻¹. Aos 104 DAP ocorreu o pico da safra, quando a maior quantidade de frutos foi colhida com produção média de 3,17 Kg de frutos planta⁻¹. Após esse período, foram realizadas mais duas colheitas semanais, com a média de 0,558 Kg de frutos planta⁻¹ (Figura 1).

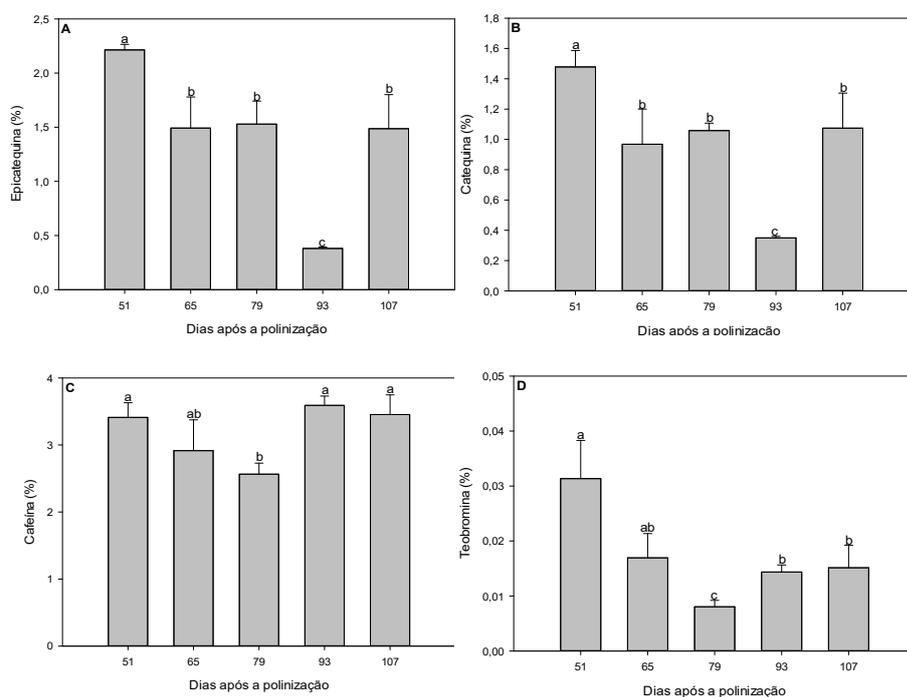
Figura 1. Colheita acumulada e colheita diária de frutos de guaraná durante a safra. As barras representam o erro padrão das médias ($n = 8$).



Fonte: Autores (2022).

Neste estudo foram avaliados os teores dos polifenóis: catequina e epicatequina; e as metilxantinas: teobromina, teofilina e cafeína de frutos durante o período da colheita de uma safra. Cinco intervalos de colheita após o período de polinização, que representaram respectivamente 51, 65, 79, 93 e 107 DAP com duração de 63 dias. Com exceção da cafeína, que pouco variou durante as colheitas, os teores de teobromina, catequina e epicatequina foram maiores nos primeiros frutos colhidos (Figura 2). Teofilina não foi detectada.

Figura 2. Teores de epicatequina (A), catequina (B), cafeína (C) e teobromina (D) em sementes de guaranazeiro colhidas durante cinco períodos durante a safra. Médias seguidas com a mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e as barras representam o erro padrão ($n = 4$).



Fonte: Autores (2022).

Os polifenóis foram quantificados e as médias dos teores para epicatequina variou de $0,38\% \pm 0,01$ para o período de 93 DAP a $2,21\% \pm 0,05$ para o período de 51 DAP (Figura 2A). Este último é representado pela primeira colheita realizada. Este foi o valor mais alto observado durante os períodos analisados, e foi mais de cinco vezes que o menor valor encontrado. Os teores de epicatequina para 65, 79 e 107 dias após o florescimento não diferiram estatisticamente entre si.

Catequina e epicatequina apresentaram o mesmo comportamento durante a frutificação, mas em proporções diferentes, sendo os valores de epicatequina 21% mais elevados do que catequina (Figura 2A-B). Para o conteúdo desses compostos, a primeira colheita foi mais significativa, com redução nos períodos seguintes, principalmente aos 93 DAP, onde ambos os compostos tiveram reduções expressivas nas sementes.

As metilxantinas, teobromina, teofilina e cafeína foram quantificadas em sementes provenientes das plantas durante os mesmos períodos. Teofilina foi detectada ocasionalmente nas amostras em valores abaixo de 0,12%, portanto, esses dados

não foram apresentados.

Para cafeína, os teores variaram de $2,5\% \pm 0,1$ para 79 DAP, e de $3,5\% \pm 0,1$ aos 51 DAP. Os teores de 51, 93 e 107 DAP não diferiram estatisticamente entre si, e representam os maiores teores encontrados deste alcaloide. Os menores teores encontrados representam o período central da colheita (Figura 2A).

Os teores de teobromina em sementes foram quantificados e o maior valor foi encontrado na primeira colheita dos frutos (51 DAP), valor este que é mais de três vezes o menor valor encontrado (51 DAP) (Figura 2D).

4. Discussão

Sabe-se que no guaranazeiro a maturação dos frutos não ocorre de forma homogênea devido ao fato de flores masculinas e femininas estarem presentes na mesma inflorescência, é por isso que os frutos e flores em diferentes estágios de maturação são encontrados e que várias colheitas são necessárias (Gondim, 1984; Angelo et al., 2007).

Os dados de produção de guaranazeiro demonstram elevada variação e valores altos para erro padrão e coeficiente de variação. Esses valores são comuns em decorrência da frutificação desuniforme e dos erros decorrentes do manuseio da produção, de modo que esses valores fiquem acima da média de outras culturas (Atroch et al., 2016).

No presente estudo, visto que foram necessárias duas colheitas por semana, até a 4ª semana, a partir desse período, foi feita colheita apenas uma vez por semana até o final da colheita. A colheita dos frutos apresentou quatro períodos de estabilização da quantidade colhida. O primeiro período, representa 16,58%, na colheita total. No segundo, todas as colheitas representam 31,21% de frutos na safra. O quarto período adicionou 38,19% nos frutos colhidos durante a safra. As últimas colheitas representam o quarto período de estabilização de colheita e representa 14,11% no acréscimo de frutos na safra. Até então, sabe-se que a precipitação influencia na produtividade anual do guaraná e anomalias positivas e negativas de precipitação podem ocasionar em oscilações sobre a produtividade anual, principalmente na fase da floração. (Santos, Saraiva, & Atroch, 2021). Nossos estudos trazem os primeiros dados sobre a dinâmica da produção de frutos em uma mesma safra.

Como todos os frutos do guaranazeiro foram colhidos no mesmo ponto de colheita, ou seja, com o pericarpo vermelho e aberto recomendado para essa cultivar (BRS-Maués), não se deve considerar a variação metabólica da maturação dos frutos na relação de conteúdo de metilxantinas aqui avaliada.

Estudos que buscam analisar os perfis desses compostos tem sido amplamente realizado para o chá (*Camellia sinensis*) e quanto ao guaraná, pesquisas relacionadas a estes compostos nesta espécie ainda são escassas, e não há análise de frutos durante todo o processo de colheita, que pode durar várias semanas. Sabe-se, que os teores de metilxantinas podem variar de acordo com a maturação dos frutos, sendo os teores maiores em frutos verdes, devido a atividade biossintética ser mais em tecidos jovens (Schimpl et al., 2014).

Compostos secundários, de maneira geral, tem sua regulação metabólica influenciada pelo ambiente, uma vez que muitos deles são compostos de defesa e comunicação (Taiz et al., 2017). Em folhas de chá, por exemplo, foram encontradas diferenças no perfil de diversos compostos, entre eles a teobromina, dependendo da época de colheita, o que estaria relacionado com as condições climáticas (Fang et al. (2017).

O aumento da precipitação desde a seca da primavera até a colheita do chá no período das monções (fenômeno climático caracterizado por fortes chuvas e longos períodos de seca) pode aumentar significativamente o peso e o comprimento da folha de chá. Simultaneamente, as mesmas condições climáticas resultariam em concentrações significativamente menores de polifenóis (epicatequina 3-galato, epigallocatequina 3-galato, epigallocatequina, ácido gálico, galocatequina, galato de galocatequina, catequina e galato de catequina) e de concentração total de metilxantina (TMC) (Ahmed et al. (2014). Logo, o estresse hídrico causado pelas secas, produziriam plantas com folhas menores, mas com teores maiores de metilxantinas e

polifenóis.

É importante ressaltar que a influência ambiental em metabólitos vegetais é sentida de forma diferente entre diferentes órgãos. Uma vez que a biossíntese desses compostos ocorre mais intensamente na fase inicial do desenvolvimento, as condições do ambiente durante essa fase é que poderiam afetar a qualidade dos frutos. Evidenciando mais um problema na desuniformização da frutificação do guaranazeiro, pois além de onerar a colheita, pode-se afetar o rendimento final dos compostos de interesse comercial dos grãos de guaraná.

O trabalho que analisou os frutos de guaranazeiro ao longo do tempo, refere-se à qualidade germinativa das sementes. Carvalho, Figueirêdo, Frazão, and Kato (1980) chegaram à conclusão que a germinação e o vigor de sementes de guaraná não são afetadas pela época de colheita. Ainda se fazem necessários outros estudos que visem elucidar questões relacionadas com o desenvolvimento da planta do guaranazeiro, as interações ambientais com a planta e o metabolismo de compostos secundários, de modo que novas técnicas e conhecimentos sejam aplicados para o aumento do rendimento da cultura e redução dos gastos de produção. De todo modo, os resultados desses estudos necessitam de avaliações durante diversos anos para consolidar as alterações de produção de frutos, polifenóis e metilxantinas de guaranazeiro em detrimento de fatores climáticos.

5. Considerações Finais

Foram registradas diferenças significativas no teor de polifenóis e metilxantinas ao longo do período de colheita do guaraná, além disso, a produção dos frutos apresentou tendência a aumentar em relação à produção com maior incremento da quantidade de frutos na colheita final da safra. O guaranazeiro não possui uma única colheita, e para fins industriais, deve-se considerar a seleção de materiais ou tecnologias que uniformizem a produção de frutos. Além disso, os compostos de interesse econômico de suas sementes, podem variar de acordo com a época de colheita de uma mesma safra e a interação desses resultados com fatores ambientais. A partir dessa possibilidade, deve ser estudado vários ciclos produtivos considerando-se outras variáveis de manejo como adubação e poda.

Referências

- Ahmed, S., Stepp, J. R., Orians, C., Griffin, T., Matyas, C., Robbat, A., & Unachukwu, U. (2014). Effects of extreme climate events on tea (*Camellia sinensis*) functional quality validate indigenous farmer knowledge and sensory preferences in tropical China. *PLoS one*, 9(10), e109126.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- Angelo, P. C. S., Atroch, A. L., Nascimento Filho, F. J., Sousa, N. R., Mendonça, W. S., & Fonseca, A. P. A. (2007). *Padrões de florescimento de clones de guaranazeiro*. Paper presented at the Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE).
- Atroch, A. L., & Nascimento Filho, F. J. (2016). Classificação do coeficiente de variação na cultura do guaranazeiro. *Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 43-48%N 43.
- Atroch, A. L., & Nascimento Filho, F. J. (2018). Guaraná *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke. In *Exotic Fruits* (pp. 225-236): Elsevier.
- Carvalho, J. d., Figueirêdo, F., Frazão, D., & Kato, A. (1980). Germinação de sementes de guaraná provenientes de diferentes épocas de colheita. *Embrapa Amazônia Oriental-Séries anteriores (INFOTECA-E)*.
- Fang, R., Redfern, S. P., Kirkup, D., Porter, E. A., Kite, G. C., Terry, L. A., & Simmonds, M. S. J. (2017). Variation of theanine, phenolic, and methylxanthine compounds in 21 cultivars of *Camellia sinensis* harvested in different seasons. *Food Chemistry*, 220, 517-526.
- Ferreira, F. A. M., Ferreira, B. B., Bragança, V. A. N., Lima, C. L. S., & Brasil, D. S. B. (2022). Guarana (*Paullinia cupana* Kunth), marapuama (*Ptychopetalum olacoides* Benth.), gentiana (*Gentiana lutea* L.), quassia (*Quassia amara* L.) and their properties: a brief review. *Research, Society and Development*, 11(2), e21711224592.
- Gondim, C. J. E. (1984). Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke-Sapindaceae. *Acta Amazonica*, 14(1-2), 9-38.
- Henman, A. R. (1982). Guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): ecological and social perspectives on an economic plant of the central Amazon basin. *Journal of ethnopharmacology*, 6(3), 311-338.

- Maravalhas, N. (1965). *Teofilina e teobromina, metilpurinas constantes nas plantas produtoras de cafeína*: MARAVALHAS, N. Estudos sobre o guarana e outras plantas produtoras de cafeína. Manaus: INPA, 1965. p. 17-25 (INPA. Química, 10).
- Nina, N. V. d. S., Schimpl, F. C., Nascimento Filho, F. J. d., & Atroch, A. L. (2021). Phytochemistry divergence among guarana genotypes as a function of agro-industrial characters. *Crop science*, 61(1), 443-455.
- Santos, F., Saraiva, J., & Atroch, A. (2021). Influência da precipitação pluvial na produtividade do guaraná no município de Maués, AM. *Agrometeoros*, 29.
- Schimpl, F. C., Kiyota, E., Mayer, J. L. S., Gonçalves, J. F. C., Silva, J. F., & Mazzafera, P. (2014). Molecular and biochemical characterization of caffeine synthase and purine alkaloid concentration in guarana fruit. *Phytochemistry*, 105, 25-36.
- Schimpl, F. C., Silva, J. F. d., Gonçalves, J. F. d. C., & Mazzafera, P. (2013). Guarana: Revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology*, 150(1), 14-31.
- Sousa, S. A., Alves, S. F., Paula, J. A. M. d., Fiuza, T. S., Paula, J. R., & Bara, M. T. (2010). Determinação de taninos e metilxantinas no guaraná em pó (*Paullinia cupana* Kunth, Sapindaceae) por cromatografia líquida de alta eficiência. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20(6), 866-870.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*: Artmed Editora.
- Torres, E. A. F. S., Pinaffi-Langley, A. C. C., Figueira, M. d. S., Cordeiro, K. S., Negrão, L. D., Soares, M. J., Camargo, A. C. (2022). Effects of the consumption of guarana on human health: A narrative review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 272-295.
- Tricaud, S., Pinton, F., & Pereira, H. d. S. (2016). Saberes e práticas locais dos produtores de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis*) do médio Amazonas: duas organizações locais frente à inovação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, 11(1), 33-53.