

**Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Rondônia - Campus
Cacoal**

Coordenação do Curso de Zootecnia

PABLO BRAGA LIMA

**AVALIAÇÃO CROMATOGRÁFICA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FRUTOS
DE AÇAÍ (EUTERPE OLERACEA) PRODUZIDOS SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE DIVERSIDADE DE POLINIZADORES EM RONDÔNIA.**

**CACOAL/RO
2026**

PABLO BRAGA LIMA

**AVALIAÇÃO CROMATOGRÁFICA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FRUTOS
DE AÇAÍ (EUTERPE OLERACEA) PRODUZIDOS SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE DIVERSIDADE DE POLINIZADORES EM RONDÔNIA.**

Monografia entregue como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Cacoal, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado, junto ao Curso de Zootecnia, sob a orientação do Prof. Dr. Henrique Silva Sérvio.

**CACOAL/RO
2026**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Lima, Pablo Braga.

Avaliação cromatográfica de compostos fenólicos em frutos de açaí (eutepe oleracea) produzidos sob diferentes condições de diversidade de polinizadores em Rondônia. / Pablo Braga Lima. - Cacoal, 2026.
28 f. : il.

Orientador(a): Prof. Dr. Henrique Silva Sérvio.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Cacoal, 2026.

1. Biodiversidade. 2. Açaí. 3. Amazônia. 4. Qualidade funcional. I. Sérvio, Henrique Silva (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Ana Lucia Bastos Paiva Martins, CRB-11/1306

PABLO BRAGA LIMA

**AVALIAÇÃO CROMATOGRÁFICA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FRUTOS
DE AÇAÍ (EUTERPE OLERACEA) PRODUZIDOS SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE DIVERSIDADE DE POLINIZADORES EM RONDÔNIA.**

Monografia entregue como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Cacoal, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado, junto ao Curso de Zootecnia, sob a orientação do professor Henrique Silva Sérvio.

Aprovado em: 16/07/2026 pela banca examinadora.

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE DE ALMEIDA SILVA**
Data: 22/07/2026 19:55:27-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. André de Almeida Silva

Documento assinado digitalmente
 **RODOLFO GUSTAVO TEIXEIRA RIBAS**
Data: 22/07/2026 15:29:43-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Rodolfo Gustavo Teixeira Ribas

Documento assinado digitalmente
 **HENRIQUE SILVA SÉRVIO**
Data: 22/07/2026 21:41:41-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Henrique Silva Sérvio
Orientador

AVALIAÇÃO CROMATOGRÁFICA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM FRUTOS DE AÇAÍ (*EUTERPE OLERACEA*) PRODUZIDOS SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE DIVERSIDADE DE POLINIZADORES EM RONDÔNIA.

RESUMO: A crescente valorização do açaí (*Euterpe oleracea*) nos mercados nacional e internacional tem estimulado pesquisas voltadas à qualidade nutricional e funcional dos frutos produzidos na Amazônia. Entre os fatores que podem influenciar a composição química do açaí, a diversidade de polinizadores tem recebido atenção crescente devido à sua importância nos processos reprodutivos vegetais e nos serviços ecossistêmicos associados à produção agrícola. O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da diversidade de abelhas sobre o perfil de compostos fenólicos em frutos de açaí produzidos em condições naturais. O experimento foi conduzido em uma propriedade localizada no município de Candeias do Jamari, Rondônia, onde foram comparadas duas áreas contrastantes quanto à diversidade de polinizadores. Os compostos fenólicos foram extraídos por técnica de extração líquido-líquido com efeito salting-out e analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de arranjo de diodos (RP-HPLC/DAD). Observou-se aumento de 44,7% nos fenólicos totais na área com maior diversidade de polinizadores, bem como aumento significativo do composto galato de epigallocatequina. Os resultados indicam que a diversidade de polinizadores influencia o metabolismo secundário do açaí, contribuindo para a qualidade funcional do fruto e reforçando a importância da conservação da biodiversidade para a sustentabilidade dos sistemas produtivos amazônicos.

Palavras-chave: biodiversidade; açaí; amazônia; qualidade funcional.

ABSTRACT: The increasing market value of açaí (*Euterpe oleracea*) has encouraged studies focused on the nutritional and functional quality of Amazonian fruits. Among the factors that may influence fruit composition, pollinator diversity has emerged as an important ecological variable. This study evaluated the influence of bee diversity on the phenolic profile of açaí fruits produced under natural conditions. The experiment was conducted in Rondônia, Brazil, comparing two areas with contrasting pollinator diversity. Phenolic compounds were extracted using a salting-out liquid-liquid extraction method and analyzed by RP-HPLC/DAD. The results showed a 44.7% increase in total phenolic compounds in the area with greater pollinator diversity and a significant increase in epigallocatechin gallate. These findings indicate that pollinator diversity influences secondary metabolism and contributes to the functional quality of açaí fruits, highlighting the importance of biodiversity conservation for sustainable Amazonian production systems.

Keywords: biodiversity; açaí palm; amazon rainforest; functional quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1 O Açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i>).....	6
2.2 Produção de Açaí na Amazônia e em Rondônia.....	6
2.3 Biologia Floral e Polinização do Açaizeiro.....	7
2.4 Abelhas e Serviços Ecossistêmicos.....	8
2.5 Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante.....	9
2.6 Biodiversidade e metabolismo secundário vegetal.....	10
2.7 Polinização e qualidade nutricional dos frutos.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1 Caracterização da Área de Estudo.....	11
3.2 Delineamento Experimental.....	12
3.3 Coleta das Amostras.....	13
3.4 Preparo das Amostras.....	14
3.5 Extração dos Compostos Fenólicos.....	15
3.6 Determinação Cromatográfica dos Compostos Fenólicos.....	15
3.7 Análise Estatística.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1 Compostos Fenólicos Totais.....	16
4.2 Perfil dos compostos fenólicos individuais.....	18
4.3 Galato de Epigallocatequina: Principal Resposta à Diversidade de Polinizadores.....	19
4.4 Diversidade de Polinizadores e Metabolismo Secundário Vegetal.....	21
4.5 Implicações para a Bioeconomia Amazônica.....	21
4.6 Limitações do Estudo e Perspectivas Futuras.....	22
5 CONCLUSÕES.....	23
6 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS.....	23
6.1 Conservação de Áreas Naturais.....	23
6.2 Monitoramento da Diversidade de Polinizadores.....	23
6.3 Ampliação dos Estudos Científicos.....	24
6.4 Estratégias de Polinização Assistida.....	24
6.5 Aplicação dos Resultados na Bioeconomia Amazônica.....	24
7. REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*) é uma das espécies vegetais de maior relevância econômica, social e ambiental da Amazônia brasileira. Tradicionalmente explorado por populações ribeirinhas e comunidades tradicionais, o fruto ganhou projeção nacional e internacional devido ao seu elevado valor nutricional, características sensoriais diferenciadas e elevada concentração de compostos bioativos. Nas últimas décadas, a demanda crescente por produtos derivados do açaí impulsionou a expansão de áreas cultivadas e consolidou a espécie como um dos principais produtos da bioeconomia amazônica.

Além da importância econômica, o açaí possui reconhecido potencial funcional devido à presença de compostos fenólicos, antocianinas, flavonoides e outros metabólitos secundários associados à atividade antioxidante. Estudos demonstram que esses compostos contribuem para a neutralização de radicais livres e podem exercer efeitos benéficos sobre a saúde humana, estando associados à prevenção de doenças cardiovasculares, processos inflamatórios e estresse oxidativo (ROGEZ, 2000; RUFINO et al., 2010).

A composição química do açaí pode variar em função de diversos fatores, incluindo genética, condições edafoclimáticas, manejo agrícola, estágio de maturação e características ambientais. Entretanto, fatores ecológicos relacionados à interação planta-polinizador ainda permanecem pouco explorados na literatura científica, especialmente em sistemas amazônicos de produção.

A polinização constitui um dos mais importantes serviços ecossistêmicos fornecidos pela biodiversidade. Estima-se que aproximadamente 75% das culturas agrícolas utilizadas para alimentação humana dependam, ao menos parcialmente, da ação de animais polinizadores (KLEIN et al., 2007). Entre esses organismos, as abelhas destacam-se como os agentes mais eficientes, desempenhando papel fundamental na manutenção dos ecossistemas naturais e na produtividade agrícola.

Diante desse cenário, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a influência da diversidade de abelhas sobre o perfil de compostos fenólicos em frutos de açaí produzidos em condições naturais, contribuindo para a compreensão das relações entre biodiversidade, serviços ecossistêmicos e qualidade funcional dos alimentos produzidos na Amazônia.

2. REVISÃO DE LITERATURA.

2.1 O Açaizeiro (*Euterpe oleracea*).

O açaizeiro (*Euterpe oleracea*) é uma palmeira pertencente à família Arecaceae, amplamente distribuída nas áreas de várzea e igapó da Amazônia brasileira, ocorrendo naturalmente nos estados do Pará, Amapá, Amazonas e Rondônia (ROGEZ, 2000). A espécie apresenta elevada adaptação às condições climáticas tropicais úmidas e desempenha importante papel ecológico e socioeconômico na região amazônica.

Historicamente, o açaí constitui um dos principais componentes da alimentação das populações amazônicas, sendo consumido principalmente na forma de polpa. Além de representar importante fonte energética, o fruto possui elevado valor nutricional devido à presença de lipídios, fibras, minerais e compostos bioativos (YUYAMA et al., 2011).

A partir da década de 1990, o interesse comercial pelo açaí expandiu-se significativamente em razão do reconhecimento de suas propriedades funcionais e antioxidantes, impulsionando sua inserção nos mercados nacional e internacional (ROGEZ, 2000).

Do ponto de vista botânico, o açaizeiro apresenta crescimento cespitoso, formando touceiras compostas por múltiplos estipes que podem ultrapassar 20 metros de altura. Essa característica favorece a produtividade e a exploração contínua da cultura ao longo dos anos (HOMMA et al., 2014).

Atualmente, o açaí é considerado um dos principais produtos da sociobiodiversidade amazônica, desempenhando papel estratégico na geração de renda para agricultores familiares, povos indígenas e comunidades tradicionais (HOMMA, 2014). A crescente demanda por polpa, extratos, óleos e ingredientes funcionais tem consolidado a espécie como importante componente da bioeconomia amazônica.

2.2 Produção de Açaí na Amazônia e em Rondônia

A cadeia produtiva do açaí apresenta elevada relevância econômica para a Amazônia, destacando-se o estado do Pará, responsável por 89,5% da produção nacional e por 93,8% do valor gerado pelo setor, que alcançou R\$ 8,8 bilhões em 2024. (FAPESPA, 2026).

Nos últimos anos, outros estados amazônicos passaram a ampliar significativamente suas áreas cultivadas, incluindo Rondônia. O crescimento da cultura no estado está associado à adaptação da espécie às condições ambientais locais, à disponibilidade de áreas agrícolas e à crescente demanda de mercado por frutos destinados à produção de polpa e derivados (CONAB, 2019).

Além da expansão produtiva, observa-se crescente valorização das características funcionais do açaí. Estudos demonstram que o fruto apresenta elevada capacidade antioxidante, associada principalmente à presença de antocianinas e compostos fenólicos (RUFINO et al., 2010).

Diversos fatores podem influenciar a qualidade dos frutos, incluindo genética, fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, condições climáticas e interações ecológicas (ROGEZ, 2000). Nesse contexto, a biodiversidade presente nos sistemas produtivos tem sido apontada como fator potencialmente relevante para a composição química dos frutos.

A manutenção de ambientes mais conservados favorece a ocorrência de serviços ecossistêmicos essenciais, incluindo a polinização, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (GARIBALDI et al., 2013).

2.3 Biologia Floral e Polinização do Açaizeiro

O açaizeiro apresenta inflorescências altamente ramificadas, compostas por grande número de flores masculinas e femininas distribuídas ao longo das ráquias florais (OLIVEIRA; FREITAS, 2004).

A dependência do açaizeiro pela polinização cruzada torna a presença de polinizadores um fator determinante para a produtividade. Estudos demonstram que a introdução de colônias de *Scaptotrigona aff. postica* promove aumento significativo no número, tamanho e peso dos frutos, evidenciando a relevância das abelhas sem ferrão para os sistemas produtivos amazônicos (MUTO et al., 2020).

Entre os visitantes florais, as abelhas destacam-se como importantes agentes polinizadores devido à elevada frequência de visitas e eficiência na transferência de pólen (OLIVEIRA; FREITAS, 2004).

A eficiência da polinização não depende apenas da abundância de indivíduos, mas também da diversidade de espécies presentes no sistema produtivo. Segundo Klein et al. (2007), comunidades diversificadas de polinizadores tendem a apresentar maior complementaridade funcional, favorecendo o sucesso reprodutivo das plantas.

Apesar da importância ecológica da polinização, ainda existem poucas pesquisas investigando a influência da diversidade de polinizadores sobre a composição química dos frutos de açaí, especialmente no contexto amazônico.

2.4 Abelhas e Serviços Ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos correspondem aos benefícios proporcionados pelos ecossistemas à sociedade humana, incluindo regulação climática, ciclagem de nutrientes, controle biológico e polinização (MEA, 2005).

Entre esses serviços, a polinização é considerada um dos mais importantes para a agricultura mundial. Estima-se que aproximadamente 75% das culturas agrícolas utilizadas para alimentação humana dependam, ao menos parcialmente, da ação de animais polinizadores (KLEIN et al., 2007).

As abelhas constituem o principal grupo de polinizadores em ecossistemas naturais e agrícolas. Além de promoverem a fecundação das plantas, contribuem para a manutenção da biodiversidade vegetal e para a estabilidade dos ecossistemas (POTTS et al., 2010).

Garibaldi et al. (2013) demonstraram que comunidades diversificadas de polinizadores aumentam significativamente a produtividade agrícola, independentemente da presença de abelhas manejadas. Segundo os autores, a complementaridade funcional entre espécies promove maior eficiência na polinização. Entretanto, o declínio global das populações de polinizadores tem gerado preocupação crescente. Fatores como perda de habitat, fragmentação florestal, uso intensivo de pesticidas e mudanças climáticas são apontados como os principais responsáveis pela redução da biodiversidade de abelhas (POTTS et al., 2010).

Na Amazônia, a conservação de áreas naturais adjacentes aos sistemas produtivos representa importante estratégia para manutenção das comunidades de polinizadores e dos serviços ecossistêmicos associados.

Nos últimos anos, diversos estudos demonstraram que a polinização influencia não apenas a quantidade de frutos produzidos, mas também aspectos relacionados à qualidade dos produtos agrícolas. A presença de comunidades diversificadas de polinizadores pode resultar em maior fecundação floral, melhor formação de sementes, aumento do tamanho dos frutos e alterações na composição química dos tecidos vegetais (GARIBALDI et al., 2013).

A redução global das populações de polinizadores tem despertado preocupação em diferentes setores da sociedade. Alterações no uso da terra, fragmentação de habitats, uso inadequado de agroquímicos e mudanças climáticas figuram entre os principais fatores associados ao declínio da biodiversidade de abelhas (POTTS et al., 2010). Na Amazônia, embora ainda existam extensas áreas preservadas, o avanço da fronteira agrícola tem promovido modificações significativas na paisagem, podendo comprometer comunidades de polinizadores e os serviços ecossistêmicos por elas prestados.

Nesse contexto, compreender como a diversidade de polinizadores influencia características qualitativas dos frutos torna-se fundamental para o desenvolvimento de sistemas produtivos sustentáveis. A valorização da biodiversidade deixa de representar apenas uma estratégia de conservação ambiental e passa a constituir ferramenta importante para agregação de valor aos produtos agrícolas.

Os compostos fenólicos representam um dos principais grupos de metabólitos secundários presentes nos alimentos de origem vegetal. Esses compostos exercem funções relacionadas à defesa contra herbívoros, proteção contra radiação ultravioleta e interação com microrganismos. Além disso, apresentam elevado interesse para a indústria alimentícia e farmacêutica devido às suas propriedades antioxidantes.

Entre os compostos fenólicos encontrados no açaí destacam-se catequinas, epicatequinas, procianidinas e seus derivados. Essas moléculas têm sido amplamente estudadas devido à capacidade de sequestrar radicais livres e contribuir para a estabilidade oxidativa dos alimentos. O perfil fenólico dos frutos pode sofrer influência de fatores ambientais e fisiológicos, tornando-se importante indicador da qualidade funcional dos produtos vegetais.

Embora diversos trabalhos tenham investigado a composição química do açaí e os benefícios associados ao seu consumo, ainda são escassos estudos que relacionem a diversidade de polinizadores ao metabolismo secundário dessa espécie. Tal lacuna científica é particularmente relevante para a Amazônia, onde a manutenção da biodiversidade constitui elemento central para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

2.5 Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante

Os compostos fenólicos constituem um dos grupos mais importantes de metabólitos secundários presentes nos vegetais, exercendo funções relacionadas à

defesa contra herbívoros, proteção contra radiação ultravioleta e resposta a diferentes tipos de estresse ambiental (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Do ponto de vista nutricional, esses compostos despertam interesse devido à elevada atividade antioxidante. Sua capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio está associada à prevenção de doenças cardiovasculares, processos inflamatórios e outras enfermidades relacionadas ao estresse oxidativo (RUFINO et al., 2010).

O açaí é reconhecido como uma das mais importantes fontes de compostos fenólicos entre os frutos tropicais (ROGEZ, 2000). Entre os compostos encontrados destacam-se catequina, epicatequina, procianidinas e seus derivados, pertencentes à classe dos flavonoides (SCHAUSS et al., 2006).

A concentração desses compostos pode variar em função de fatores genéticos, fisiológicos e ambientais, tornando-se importante indicador da qualidade funcional dos frutos (YUYAMA et al., 2011).

2.6 Biodiversidade e metabolismo secundário vegetal

O metabolismo secundário vegetal compreende as vias bioquímicas responsáveis pela síntese de compostos especializados que desempenham funções ecológicas importantes para a sobrevivência das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017). Diversos fatores ambientais podem influenciar a produção desses metabólitos, incluindo luminosidade, temperatura, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo e interações ecológicas (DIXON; PAIVA, 1995).

Nos últimos anos, pesquisadores passaram a investigar como as interações entre organismos podem modificar o perfil metabólico dos vegetais. Evidências sugerem que relações ecológicas, incluindo a polinização, podem influenciar processos fisiológicos relacionados à produção de compostos bioativos (GARIBALDI et al., 2013).

A interação entre plantas e polinizadores representa uma das relações ecológicas mais importantes dos ecossistemas terrestres. Embora tradicionalmente associada à reprodução vegetal, estudos recentes indicam que essa interação pode influenciar características qualitativas dos frutos produzidos (KLEIN et al., 2007).

Essas evidências sustentam a hipótese investigada neste trabalho de que a diversidade de polinizadores pode influenciar o perfil fenólico do açaí.

2.7 Polinização e qualidade nutricional dos frutos

Tradicionalmente, os estudos sobre polinização concentraram-se nos efeitos sobre produtividade agrícola. Entretanto, pesquisas recentes demonstram que a polinização também pode influenciar atributos relacionados à qualidade dos frutos (GARIBALDI et al., 2013).

Diversos trabalhos relatam que a polinização eficiente pode aumentar tamanho, peso, uniformidade, teor de açúcares e concentração de compostos bioativos em diferentes culturas agrícolas (KLEIN et al., 2007).

Segundo Garibaldi et al. (2013), comunidades diversificadas de polinizadores promovem benefícios que vão além da produção quantitativa, contribuindo para atributos qualitativos de interesse nutricional e econômico.

No contexto amazônico, essa abordagem possui elevada relevância devido à importância do açaí para a bioeconomia regional e ao crescente interesse por alimentos funcionais. O elevado teor de compostos fenólicos presente no fruto torna a espécie particularmente adequada para estudos que relacionem biodiversidade e qualidade nutricional.

Assim, compreender a influência da diversidade de polinizadores sobre a composição química do açaí pode fornecer subsídios importantes para estratégias de manejo sustentável, conservação da biodiversidade e agregação de valor aos produtos amazônicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Candeias do Jamari, estado de Rondônia, inserida na região amazônica brasileira. A propriedade possui área total aproximada de 50 hectares, dos quais cerca de 16 hectares são destinados ao cultivo comercial de açaí (*Euterpe oleracea*). A escolha da área experimental considerou a existência de ambientes com diferentes níveis de conservação da vegetação circundante, possibilitando a avaliação do efeito da diversidade de polinizadores sobre a composição química dos frutos.

A região apresenta clima tropical úmido, caracterizado por elevadas temperaturas médias anuais, alta umidade relativa do ar e precipitação concentrada principalmente entre os meses de outubro e abril. Essas condições favorecem o

desenvolvimento da cultura do açaí e a manutenção de comunidades diversificadas de insetos polinizadores.

A propriedade foi selecionada por apresentar histórico de manejo homogêneo da cultura, reduzindo possíveis interferências decorrentes de diferenças de fertilização, irrigação ou práticas culturais. Dessa forma, buscou-se minimizar fatores de confusão e concentrar a análise na influência da diversidade de polinizadores.



Figura 1. Açaizal. Fonte: Próprio autor (2025)

3.2 Delineamento Experimental

Para avaliação da influência da diversidade de polinizadores sobre o perfil fenológico dos frutos, foram selecionadas duas áreas contrastantes dentro do sistema produtivo:

Área 1 (A1): Caracterizada por menor diversidade de polinizadores, associada à menor complexidade ambiental e menor disponibilidade de habitats naturais adjacentes.

Área 2 (A2): Caracterizada por maior diversidade de polinizadores, associada à presença de vegetação nativa mais conservada e maior disponibilidade de recursos florais ao longo do ano.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por duas áreas experimentais e quatro repetições por tratamento. Cada repetição foi constituída por amostras independentes de frutos coletados em plantas representativas das respectivas áreas.

A utilização de áreas contrastantes permitiu avaliar, em condições reais de produção, possíveis efeitos da biodiversidade de polinizadores sobre a composição química do açáí.



Figura 2: Demarcação do perímetro experimental. **Fonte:** Próprio autor (2025)

3.3 Coleta das Amostras

A coleta dos frutos foi realizada durante o período de produção comercial da cultura, respeitando o estágio adequado de maturação fisiológica entre os meses de agosto e setembro de 2025.

Foram selecionados cachos com padrão visual homogêneo quanto à coloração, sanidade e grau de maturação, evitando-se frutos danificados, atacados por pragas ou com sinais de deterioração.



Figura 3. Seleção de frutos. Fonte: Próprio autor (2025)

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em recipientes apropriados e transportados ao laboratório para processamento e realização das análises químicas. A padronização dos procedimentos de coleta teve como objetivo reduzir a variabilidade experimental decorrente de diferenças fisiológicas entre amostras.



Figura 4. Acondicionamento da Amostras. Fonte: Próprio autor (2025)

3.4 Preparo das Amostras

No laboratório Experimental de Alimentos do IFSertão, Campus Petrolina, as amostras foram fracionadas em recipientes menores (300mL, 100mL e 5 mL), codificadas e armazenadas em freezer, para facilitar o descongelamento no momento da análise. Cada determinação foi feita em triplicata para garantir confiabilidade. Os

frutos foram submetidos aos procedimentos de higienização, seleção e preparação para extração dos compostos fenólicos.

3.5 Extração dos Compostos Fenólicos

A extração dos compostos fenólicos foi realizada utilizando a técnica de extração líquido-líquido com efeito salting-out, metodologia amplamente empregada para isolamento de compostos fenólicos em matrizes alimentares complexas.

O método baseia-se na redução da solubilidade de determinados compostos em meio aquoso mediante adição de sais, promovendo sua transferência para uma fase orgânica.

Para a realização da extração foram utilizados:

- Acetonitrila como solvente orgânico;
- Cloreto de sódio como agente salting-out;
- Água ultrapura para preparo das soluções.

A escolha dessa metodologia foi fundamentada em sua elevada eficiência na recuperação de compostos fenólicos e na redução de interferentes presentes na matriz do açaí.

Após a separação das fases, os extratos foram adequadamente acondicionados para posterior análise cromatográfica.

3.6 Determinação Cromatográfica dos Compostos Fenólicos

A identificação e quantificação dos compostos fenólicos foram realizadas por meio de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detector de Arranjo de Diodos (RP-HPLC/DAD), considerada uma das técnicas mais precisas para análise de compostos fenólicos em alimentos. (COELHO et al., 2018).

A técnica permite separar, identificar e quantificar compostos individuais com elevada sensibilidade e reprodutibilidade.

Foram avaliados os seguintes compostos:

- Ácido fumárico;
- Procianidina B2;
- Procianidina B3;
- Catequina;
- Epicatequina;

- Galato de epicatequina;
- Galato de epigallocatequina;
- Procianidina A3.

Além da quantificação individual, também foi calculado o teor total de compostos fenólicos presentes nas amostras.

A identificação dos compostos foi realizada mediante comparação dos tempos de retenção e espectros de absorção com padrões analíticos previamente estabelecidos.

3.7 Análise Estatística

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise estatística.

Inicialmente foram calculadas:

- médias;
- desvios-padrão;
- variação percentual entre tratamentos.

Posteriormente, realizou-se a comparação entre as áreas A1 e A2 por meio do teste t de Student, adotando-se nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Esse procedimento permitiu verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre as áreas avaliadas.

Além da análise inferencial, também foi realizada avaliação descritiva dos resultados, considerando a magnitude biológica dos efeitos observados.

Tal abordagem é particularmente importante em estudos ecológicos, nos quais diferenças biologicamente relevantes nem sempre são acompanhadas por significância estatística, especialmente quando o número de repetições é reduzido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Compostos Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos constituem um dos principais grupos de metabólitos secundários responsáveis pelas propriedades funcionais do açaí. Essas substâncias exercem importante atividade antioxidante, contribuindo para a proteção celular contra espécies reativas de oxigênio e agregando valor nutricional ao fruto (ROGEZ, 2000; RUFINO et al., 2010).

No presente estudo, observou-se que os frutos provenientes da área com maior diversidade de polinizadores (A2) apresentaram concentração média de fenólicos totais de 518 ± 167 mg/L, enquanto a área com menor diversidade (A1) apresentou 358 ± 143 mg/L, correspondendo a um incremento de aproximadamente 44,7%. Embora a diferença observada não tenha alcançado significância estatística ao nível de 5% de probabilidade ($p = 0,196$), a magnitude do efeito biológico merece destaque (Figura 5).

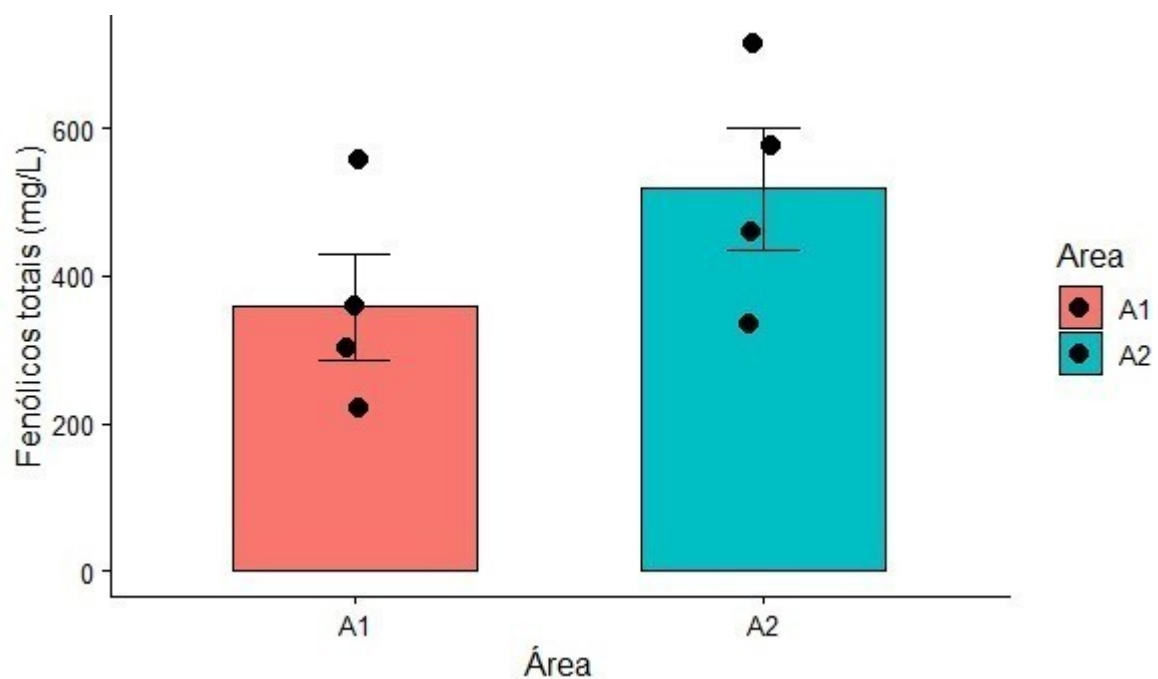


Figura 5. Concentração média de fenólicos totais nas áreas em com diferentes diversidades de polinizadores.

A ausência de significância estatística pode estar relacionada ao reduzido número de repetições experimentais e à elevada variabilidade natural observada em estudos conduzidos sob condições de campo. Segundo (Zar, 2010), experimentos ecológicos frequentemente apresentam elevada heterogeneidade ambiental, o que pode dificultar a obtenção de diferenças estatísticas mesmo diante de efeitos biologicamente relevantes.

Sob o ponto de vista ecológico, o aumento observado sugere que ambientes com maior diversidade de polinizadores podem favorecer processos fisiológicos associados à síntese de metabólitos secundários. Essa hipótese encontra respaldo em estudos que demonstram que a eficiência da polinização influencia o

desenvolvimento reprodutivo das plantas e pode afetar mecanismos relacionados à alocação de recursos metabólicos (GARIBALDI et al., 2013).

Além disso, a literatura demonstra que frutos oriundos de flores adequadamente polinizadas tendem a apresentar maior desenvolvimento, melhor formação de sementes e alterações em sua composição química (KLEIN et al., 2007). Embora os mecanismos específicos ainda não estejam completamente esclarecidos para o açaí, os resultados observados neste estudo indicam que a biodiversidade de polinizadores pode exercer influência sobre atributos qualitativos do fruto.

A importância desse resultado torna-se ainda mais evidente quando se considera a crescente valorização de alimentos funcionais. O mercado consumidor tem demonstrado interesse crescente por produtos ricos em compostos bioativos, especialmente aqueles associados à atividade antioxidante. Dessa forma, o aumento dos fenólicos totais observado na área com maior diversidade de abelhas pode representar potencial diferencial competitivo para sistemas produtivos sustentáveis.

4.2 Perfil dos compostos fenólicos individuais

Além da avaliação dos fenólicos totais, foi realizada a quantificação individual dos principais compostos fenólicos presentes nas amostras de açaí. Essa abordagem permite compreender de forma mais detalhada quais metabólitos foram mais influenciados pela diversidade de polinizadores.

Os compostos analisados incluíram procianidina B2, procianidina B3, catequina, epicatequina, galato de epicatequina, galato de epigallocatequina, procianidina A3 e ácido fumárico.

A análise individual revelou que nem todos os compostos responderam da mesma forma ao aumento da diversidade de polinizadores (Figura 6.)

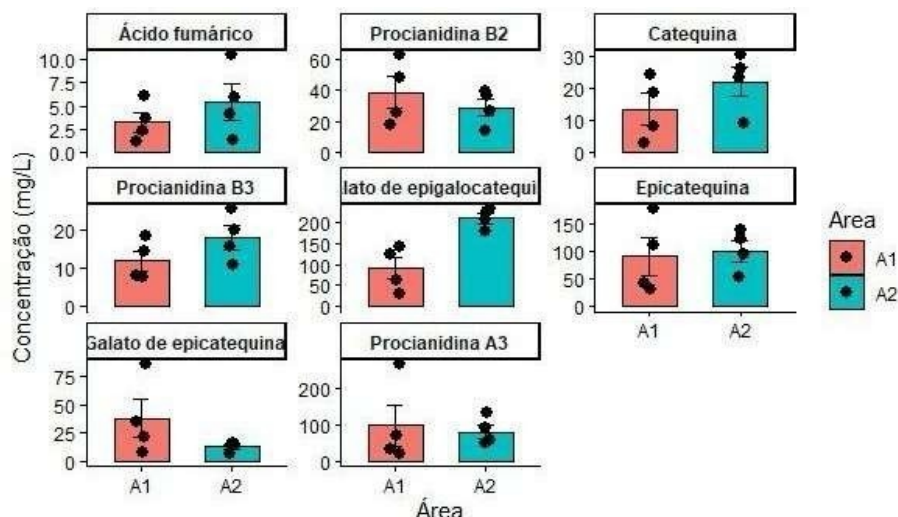


Figura 6. Compostos fenólicos individuais em áreas com diferentes diversidades de polinizadores.

Esse comportamento é esperado, uma vez que diferentes metabólitos são regulados por vias biossintéticas distintas e podem responder de maneira específica às condições ambientais e fisiológicas da planta (TAIZ et al., 2017).

Os resultados indicaram tendência de aumento para compostos como catequina, procianidina B3 e ácido fumárico na área com maior diversidade de polinizadores. Por outro lado, procianidina B2 e galato de epicatequina apresentaram redução relativa.

Esse padrão sugere que a influência da biodiversidade não ocorre de forma uniforme sobre todo o metabolismo secundário, mas pode direcionar o fluxo metabólico para determinadas rotas biossintéticas.

Segundo Dixon e Paiva (1995), pequenas alterações fisiológicas decorrentes de fatores ambientais podem modificar significativamente a expressão de enzimas relacionadas à síntese de flavonoides e compostos fenólicos. Dessa forma, mudanças na eficiência da polinização podem repercutir indiretamente na composição química dos frutos.

Outro aspecto importante é que muitos compostos fenólicos atuam de forma sinérgica. Assim, mesmo quando determinados metabólitos apresentam redução relativa, o efeito global sobre a atividade antioxidante pode permanecer positivo em razão do aumento de outros compostos com maior capacidade antioxidante.

4.3 Galato de Epigallocatequina: Principal Resposta à Diversidade de Polinizadores

Entre todos os compostos avaliados, o galato de epigalocatequina apresentou a resposta mais expressiva à diversidade de polinizadores (Figura 7)

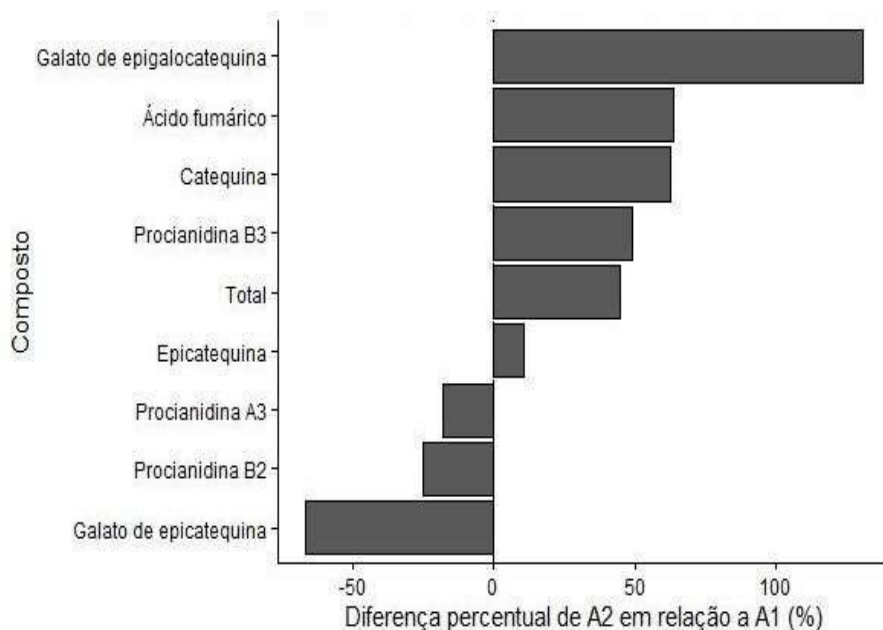


Figura 7. Impacto da maior diversidade de abelhas sobre os compostos fenólicos.

Na área com menor diversidade de abelhas (A1), a concentração média observada foi de $90,5 \pm 52$ mg/L, enquanto na área com maior diversidade (A2) a concentração atingiu 209 ± 23 mg/L, representando aumento superior a 130% e diferença estatisticamente significativa ($p = 0,031$).

Esse resultado constitui a principal evidência científica produzida pelo presente estudo.

O galato de epigalocatequina pertence ao grupo dos flavonoides e é amplamente reconhecido por sua elevada atividade antioxidante. Diversos estudos demonstram que esse composto apresenta capacidade significativa de neutralização de radicais livres, proteção contra danos oxidativos e potencial aplicação em alimentos funcionais e nutracêuticos (SCHAUSS et al., 2006).

O aumento significativo desse metabólito sugere que a diversidade de polinizadores pode influenciar especificamente rotas metabólicas relacionadas à biossíntese de flavonoides.

Segundo Winkel-Shirley (2001), os flavonoides desempenham funções ecológicas fundamentais, incluindo proteção contra radiação ultravioleta, defesa contra herbivoria e participação em processos de sinalização celular. Dessa forma,

alterações em sua concentração podem refletir mudanças fisiológicas importantes durante o desenvolvimento dos frutos.

Sob a perspectiva da qualidade funcional dos alimentos, esse resultado possui elevada relevância. O incremento observado indica que frutos produzidos em ambientes com maior diversidade biológica podem apresentar potencial antioxidante superior, contribuindo para a valorização do produto final.

4.4 Diversidade de Polinizadores e Metabolismo Secundário Vegetal

Os resultados obtidos sugerem que a diversidade de polinizadores influencia o metabolismo secundário do açaí, especialmente as rotas relacionadas à produção de flavonoides.

Embora a maioria dos estudos sobre polinização concentre-se em produtividade, número de frutos e produção de sementes, pesquisas recentes têm demonstrado que os efeitos da polinização podem ultrapassar aspectos quantitativos e atingir características qualitativas dos produtos agrícolas (GARIBALDI et al., 2013).

Uma possível explicação para esse fenômeno está relacionada ao aumento da eficiência reprodutiva proporcionado por comunidades mais diversificadas de polinizadores. Flores adequadamente polinizadas tendem a apresentar maior sucesso na fecundação, o que pode desencadear alterações hormonais e metabólicas durante o desenvolvimento dos frutos.

Essas alterações podem influenciar a síntese de compostos fenólicos, modificando a composição química final do produto.

Embora sejam necessários estudos adicionais para elucidar os mecanismos envolvidos, os resultados obtidos fornecem evidências preliminares de que a biodiversidade exerce papel relevante na qualidade funcional do açaí.

4.5 Implicações para a Bioeconomia Amazônica

A bioeconomia amazônica baseia-se na utilização sustentável dos recursos biológicos da floresta para geração de renda, desenvolvimento regional e conservação ambiental.

Nesse contexto, o açaí destaca-se como um dos produtos mais importantes da sociobiodiversidade brasileira. Sua crescente valorização nos mercados nacional e

internacional está diretamente relacionada às propriedades nutricionais e funcionais do fruto.

Os resultados deste estudo indicam que a conservação da biodiversidade pode contribuir para o aumento da qualidade funcional do açaí, agregando valor ao produto e fortalecendo cadeias produtivas sustentáveis.

O futuro da Amazônia depende da construção de modelos econômicos capazes de conciliar conservação ambiental e geração de riqueza. Os resultados aqui apresentados reforçam essa perspectiva ao demonstrar que a manutenção da diversidade de polinizadores pode resultar em benefícios concretos para a produção agrícola.

Dessa forma, práticas voltadas à conservação de áreas naturais, recuperação de habitats e promoção da diversidade biológica devem ser consideradas estratégias não apenas ambientais, mas também econômicas.

A valorização dos serviços ecossistêmicos passa a representar ferramenta importante para fortalecimento da agricultura sustentável e para a consolidação da bioeconomia amazônica.

4.6 Limitações do Estudo e Perspectivas Futuras

Embora os resultados obtidos sejam promissores, algumas limitações devem ser consideradas.

O número reduzido de áreas avaliadas e a natureza exploratória da pesquisa limitam a extrapolação dos resultados para outras regiões produtoras. Além disso, o estudo representa apenas uma etapa de um projeto mais amplo voltado à compreensão das relações entre biodiversidade e qualidade funcional do açaí.

Pesquisas futuras poderão ampliar o número de áreas amostradas, incorporar avaliações sazonais e incluir análises complementares de atividade antioxidante, expressão gênica e perfil metabolômica.

Também são recomendados estudos voltados à identificação das espécies de polinizadores mais relevantes para a cultura, bem como investigações sobre estratégias de manejo que favoreçam sua conservação.

Apesar dessas limitações, os resultados apresentados constituem importante contribuição para o avanço do conhecimento científico sobre a influência da biodiversidade na qualidade dos alimentos produzidos na Amazônia.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que a diversidade de polinizadores possui potencial para influenciar positivamente a qualidade funcional do açaí, reforçando a importância da conservação da biodiversidade como elemento estratégico para a sustentabilidade dos sistemas produtivos amazônicos.

A comparação entre áreas com diferentes níveis de diversidade de abelhas revelou aumento de aproximadamente 44,7% na concentração de compostos fenólicos totais na área com maior diversidade de polinizadores.

O principal resultado do estudo foi observado para o composto galato de epigallocatequina, que apresentou aumento significativo na área com maior diversidade de polinizadores. Esse resultado fornece evidência consistente de que comunidades diversificadas de abelhas podem contribuir para alterações específicas em rotas metabólicas relacionadas à biossíntese de flavonoides.

6 RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

Com base nos resultados obtidos e nas observações realizadas durante o desenvolvimento desta pesquisa, recomenda-se:

6.1 Conservação de Áreas Naturais

Manter fragmentos florestais próximos aos sistemas produtivos de açaí, favorecendo a disponibilidade de recursos alimentares e locais de nidificação para as comunidades de polinizadores.

Segundo Potts et al. (2010), a conservação de habitats naturais representa uma das principais estratégias para manutenção da diversidade de abelhas em ambientes agrícolas.

6.2 Monitoramento da Diversidade de Polinizadores

Realizar levantamentos periódicos da fauna de polinizadores presente nos sistemas produtivos, permitindo identificar possíveis alterações nas comunidades de insetos ao longo do tempo.

O monitoramento contínuo pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias de manejo voltadas à conservação dos serviços ecossistêmicos.

6.3 Ampliação dos Estudos Científicos

Recomenda-se a ampliação do número de áreas experimentais e a inclusão de diferentes regiões produtoras de Rondônia, possibilitando maior robustez estatística e melhor compreensão da relação entre biodiversidade e qualidade dos frutos.

Além disso, futuras pesquisas poderão incorporar:

- análises de atividade antioxidante;
- perfil metabolômico;
- expressão gênica relacionada à síntese de flavonoides;
- avaliação da produtividade e qualidade dos frutos.

6.4 Estratégias de Polinização Assistida

Sugere-se o desenvolvimento de estudos voltados à utilização de polinizadores manejados e à implantação de práticas de manejo que favoreçam a presença de abelhas nativas e outras espécies polinizadoras.

Essas estratégias podem contribuir para aumento da produtividade e melhoria da qualidade funcional dos frutos.

6.5 Aplicação dos Resultados na Bioeconomia Amazônica

Os resultados obtidos podem subsidiar iniciativas voltadas à certificação de produtos sustentáveis, agregação de valor ao açaí amazônico e fortalecimento da bioeconomia regional.

A valorização dos serviços ecossistêmicos associados à biodiversidade pode representar importante diferencial competitivo para produtores da Amazônia.

A hipótese de que a diversidade biológica não influencia apenas a produtividade agrícola, mas também características qualitativas dos alimentos produzidos. Nesse sentido, a biodiversidade passa a ser compreendida como fator diretamente relacionado à qualidade nutricional e funcional dos produtos agrícolas.

Do ponto de vista científico, o estudo contribui para preencher uma lacuna existente na literatura, uma vez que ainda são escassas as pesquisas que

relacionam

diversidade de polinizadores e composição química do açaí. Os resultados obtidos reforçam a necessidade de aprofundamento das investigações sobre as interações entre biodiversidade, fisiologia vegetal e qualidade dos alimentos produzidos na Amazônia.

Sob a perspectiva da sustentabilidade, os resultados indicam que a conservação de habitats naturais e a manutenção das comunidades de polinizadores podem representar estratégias importantes para agregação de valor aos produtos da bioeconomia amazônica. Assim, políticas e práticas voltadas à proteção da biodiversidade podem gerar benefícios simultâneos para a conservação ambiental e para a produção agrícola.

7. REFERÊNCIAS

COELHO, E. M.; PADILHA, C. V. S.; Miskinis, G. A.; SANTOS, J. S.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: **method validation and characterization of products from northeast Brazil**. Food Chemistry, v. 254, p. 205–214, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Cenário comparativo da Região Norte e Nordeste: análise mensal do mercado de açaí**. Brasília, DF: CONAB, 2019.

DIXON, R. A.; PAIVA, N. L. **Stress-Induced Phenylpropanoid Metabolism**. The Plant Cell, v. 7, n. 7, p. 1085–1097, 1995. DOI: 10.1105/tpc.7.7.1085.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS (FAPESPA). **Estudo da Fapespa revela que Pará detém 93,8% do valor da produção nacional de açaí**. Belém, 17 mar. 2026.

GARIBALDI, L. A. et al. **Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance**. Science, Washington, v. 339, n. 6127, p. 1608–1611, 2013.

HOMMA et. Al. **Açaí: novos desafios e tendências**. In: HOMMA, Alfredo Kingo Oyama (ed.). **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 7, p. 133-147.

KLEIN et, al. **Teja. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops**. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 2007.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, DC: Island Press, 2005.

MUTO, N. A.; LEITE, R. O. S.; PEREIRA, D. S.; ROGÉZ, H. L.; VENTURIERI, G. C. **Impact of the introduction of stingless bee colonies (*Scaptotrigona aff. postica*) on the productivity of acai (*Euterpe oleracea*)**. Revista Verde de Agroecologia e

Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 15, n. 3, p. 265-273, 2020. DOI: 10.18378/rvads.v15i3.8404.

OLIVEIRA et. al. **Abelhas nativas como polinizadores em sistemas naturais da Amazônia**. Acta Amazonica, Manaus, v. 34, n. 4, p. 597–603, 2004.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém: EDUFPA, 2000. RUFINO, M. S. M. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacities of Brazilian fruits. Food Chemistry, v. 121, p. 996–1002, 2010.

SCHAUSS, A. G. et al. **Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried Amazonian palm berry**, Euterpe oleracea Mart. (açaí). Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 54, n. 22, p. 8598–8603, 2006.

TAIZ et. al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p. ISBN 978-85-8271-367-9. 2017.

WINKEL-SHIRLEY. **Flavonoid biosynthesis: a colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology**. *Plant Physiology*, Rockville, v. 126, n. 2, p. 485–493, 2001. DOI: 10.1104/pp.126.2.485.

YUYAMA, L. K. O. et al. **Composição química e valor nutricional do açaí (Euterpe oleracea Mart.)**. Acta Amazonica, Manaus, v. 41, n. 2, p. 231–236, 2011. ZAR, Jerrold H. *Biostatistical analysis*. 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010. 944 p.