



**Serviço Público Federal**  
**Universidade Federal do Pará**  
**Campus Universitário de Altamira**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**



Dhyene Rayne Dos Santos Becker

**ALTERAÇÕES MORFOANATÔMICAS E BIOQUÍMICAS DURANTE A  
MATURAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES NATIVAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientadora: Profa. Dra. Raírys Cravo Herrera

Coorientador: Prof. Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis

ALTAMIRA - PA  
FEVEREIRO – 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CAMPUS ALTAMIRA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

Dhyene Rayne Dos Santos Becker

**ALTERAÇÕES MORFOANATÔMICAS E BIOQUÍMICAS DURANTE A MATURAÇÃO  
DE DUAS ESPÉCIES NATIVAS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Orientadora: Profa. Dra. Raírys Cravo Herrera

Coorientador: Prof. Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA - PA  
FEVEREIRO– 2022

## DEDICATÓRIA

### *Dedico*

*Aos meus pais Débora Nascimento Silva e Raimundo Nascimento dos Santos, por sempre me apoiarem e ter me dado forças para continuar, exemplos na minha vida.*

*Aos meus irmãos Raene Silva, Gabriel Silva e aos meus sobrinhos.*

*Ao meu marido Max Becker pelo amor, companheirismo e por sempre acreditar em meu potencial.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, oportunidade, por ter me dado forças e sabedoria para continuar e concretizar de mais um sonho.

À minha família, em especial aos meus pais Débora Nascimento e Raimundo Nascimento, meus grandes incentivadores, que sempre estiveram ao meu lado nas horas mais difíceis e felizes da minha vida.

Aos meus irmãos Gabriel Silva e Raene Silva por sempre torcerem por mim e aos meus sobrinhos.

Em especial agradeço ao meu marido Max Becker pelo amor, paciência, compreensão, carinho e incentivo durante a trajetória da graduação e na pós-graduação.

Meu sincero agradecimento e reconhecimento a minha orientadora Dr<sup>a</sup>. Raírys Cravo Herrera, pela confiança, profissionalismo, dedicação, paciência e apoio em todas as etapas dessa pesquisa, e por toda a contribuição em minha carreira acadêmica.

Ao meu coorientador, Alisson Reis, pela disponibilidade para as nossas reuniões, contribuindo sobremaneira para a elaboração dessa pesquisa.

À equipe do laboratório BIOTEC, que sempre me ajudaram e apoiaram no decorrer da pesquisa. Um agradecimento especial para Brenda, Israelly e parceira de mestrado Delziane por estarem comigo desde o início da pesquisa, foi ótimo trabalhar com vocês.

Agradeço ao apoio do Cássio e do parabolístico Raimundo por nos ajudar na coleta de material vegetal, sem o auxílio de vocês nossa pesquisa estaria comprometida.

À Universidade Federal do Pará – UFPA, a CAPES pela concessão de bolsa, ao PROCAD, ao PPGBC, aos docentes, técnicos e colaboradores pela oportunidade e aprendizado.

A todos os meus amigos e colegas que caminharam comigo ao longo desses anos. Vocês fazem parte do meu crescimento e são responsáveis também por essa vitória.

Enfim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho, e com a minha formação pessoal e profissional, meu muitíssimo obrigada!

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Resumo Geral</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Introdução Geral</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Literatura Citada</b>   | <b>9</b>  |
| <b>Capítulo I: Alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação de <i>Bagassa guianensis</i> (Moraceae)</b>            | <b>12</b> |
| <b>Capítulo II: Alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação de <i>Dicypellium caryophyllaceum</i> (Lauraceae)</b> | <b>32</b> |
| <b>Conclusão Geral</b>   | <b>53</b> |

## Resumo Geral

Dentre as diversas famílias botânicas existentes na região Amazônica, destacam-se a família Moraceae e Lauraceae, que são compostas de algumas espécies nativas de grande valor econômico e social como é o caso da *Bagassa guianensis* e *Dicypellium caryophyllaceum*. Entretanto, poucos são os estudos relacionados a essas espécies, principalmente, sobre maturação, morfologia, anatomia e bioquímica. Neste contexto, esse estudo tem como objetivo caracterizar as estruturas morfológicas e anatômicas, além da constituição bioquímica presente nas sementes de *Bagassa guianensis* e *Dicypellium caryophyllaceum* em diferentes estágios de maturação. No estudo foram analisados biometria, coloração e aspectos bioquímicos durante a maturação dos frutos. Para os frutos de *B. guianensis* foram caracterizados 4 estádios de desenvolvimento das sementes e para os frutos de *D. caryophyllaceum* foram caracterizados 2 estádios de desenvolvimento das sementes com base nas características morfológicas, com a coloração dos frutos associados a biometria de frutos e sementes, teor de umidade das sementes e teores de reservas. As sementes de *B. guianensis* foram consideradas como oleaginosas com um conteúdo de 34% de lipídios. As sementes obtidas de frutos com coloração com pigmentação aparente verde, apresentavam-se com embrião totalmente formados, e apesar dos menores valores biométricos, os teores de proteínas e açúcares foram observados em grandes quantidades nesse estágio de desenvolvimento das sementes. A análise de composição bioquímica da semente madura de *D. caryophyllaceum* demonstrou que os lipídios são uma das principais reservas que compõe as sementes com um conteúdo de 19%, sendo a semente classificada como oleaginosa, devido à sua maior proporção de extrato etéreo e os maiores valores de aminoácidos e amido foram observados no fruto maduro, representado pelo estágio II. Entender os processos fisiológicos de maturação e características bioquímicas das espécies florestais nativas facilitará a escolha de melhor época para colheita, conservação de germoplasma, desenvolvimento da espécie e produção de mudas.

## **Introdução Geral**

A Amazônia é detentora de mais da metade da biodiversidade do mundo, abrigando um imenso recurso florestal, que representa um terço das florestas tropicais, com milhares de espécies madeireiras de grande importância econômica e social (RAMOS, 2020). No entanto, a conservação da floresta e da sua biodiversidade representa um grande desafio, principalmente, pelo avançado processo de desmatamento que ocorre de maneira intensiva na região (ALMEIDA et al., 2011).

A crescente preocupação com o futuro da Amazônia e a necessidade de conservação da biodiversidade da floresta resultou em pesquisas básicas e avançadas sobre morfoanatomia, bioquímica e tecnologia de sementes florestais, fundamentais para o desenvolvimento técnico e científico da região (FREITAS, 2008).

Estudos pioneiros sobre aspectos anatômicos e morfológicos de frutos e sementes de eudicotiledôneas como de Corner (1976), Barroso et al. (1999) e Souza et al. (2006) para diversas famílias, incluindo Moraceae e Lauraceae, são referências sobre o assunto. Análises de morfologia e biometria de frutos e sementes têm sido necessárias nos estudos das espécies nativas devido sua importância na identificação botânica, manejo e propagação das espécies (AQUINO et al., 2009).

Garcia et al. (2006) enfatizam que pesquisas sobre a morfoanatomia de sementes de espécies florestais, bem como germinação e maturação são fundamentais para compreensão de fenômenos ligados ao comportamento/adaptação das espécies e dos processos fisiológicos das plantas. O conhecimento sobre a maturação de sementes de espécies florestais são fundamentais para entender e conhecer a dinâmica das florestas, a ecologia e a biologia, no sentido de possibilitar o manejo e a conservação das populações naturais (LOPES et al., 2014).

O processo de maturação e desenvolvimento das sementes envolve uma série de alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem a partir da fecundação e prosseguem até o momento que as sementes atinjam a maturidade fisiológica (MARCOS FILHO, 2018). Para compreender esse processo é importante considerar as mudanças morfoanatômicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes durante todo o período (TRANCOSO et al., 2021).

O estudo dos aspectos da composição bioquímica das sementes durante a maturação são fundamentais para entender os teores dos compostos de reserva presentes nas sementes nos estádios de desenvolvimento (HENNING et al., 2010), além de possibilitar a obtenção de informações que possam auxiliar na produção de mudas de alta qualidade, visto que o vigor e armazenamento são influenciados pelo teor dos compostos presente nas sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012), sendo carboidratos, lipídios e proteínas os principais compostos de reservas das sementes (ZHAO et al., 2018).

Entender os processos fisiológicos de maturação e características bioquímicas das espécies da Amazônia facilitará a escolha de melhor época para colheita (DE OLIVEIRA et al., 2020),

conservação de germoplasma, desenvolvimento da espécie e produção de mudas de alta qualidade, pois o vigor e armazenamento são influenciados pelo teor dos compostos presente nas sementes (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Conseqüentemente, esses estudos auxiliariam no aumento do uso de espécies florestais nativas em programas de reflorestamento e restauração de áreas degradadas.

Apesar do aumento considerável dos estudos com sementes de espécies florestais (OLIVEIRA et al., 2018), ainda não se dispõe de informações básicas suficientes referentes à morfologia, anatomia e bioquímica, principalmente para sementes de espécies florestais nativas da região Amazônica. Além disso, informações sobre a maturação de sementes de espécies nativas são relativamente escassas. No levantamento realizada por Duarte et al. (2020), sobre maturação de sementes de espécies de ocorrência na Mata Atlântica e Floresta Amazônica foram encontradas informações para 33 espécies em 36 trabalhos publicados entre 1979 e 2019, representando uma pequena fração das espécies catalogadas para a região.

Dentre as diversas famílias botânicas existentes na região Amazônica, destacam-se a família Moraceae e Lauraceae, que são compostas de algumas espécies nativas de grande valor econômico e social como é o caso da tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.) e do pau-cravo (*Dicypellium caryophyllaceum* (Mart.) Nees).

A tatajuba (*Bagassa guianensis*) pertencente à família Moraceae é uma planta dioica, com altura de 15 a 30 m, dotada de copa alongada, com tronco reto e cilíndrico, casca espessa e fibrosa. A espécie apresenta grande valor comercial, devido a trabalhabilidade e resistência de sua madeira ao ataque de pragas e doenças. A madeira pode ser empregada na construção civil, carpintaria, construções navais e marcenaria para produção de móveis de alta qualidade (LIMA et al., 2018). Em florestas adultas, a tatajuba é rara, tolera bem o sol e cresce rapidamente, no entanto, o processo de regeneração natural da espécie é muito demorado (PIVETTA, 2005), indicando que a intensa exploração da árvore devida à importância da sua madeira pode levar a casos preocupantes de escassez, até mesmo a extinção.

O pau-cravo (*Dicypellium caryophyllaceum*) é uma espécie pertencente à família Lauraceae, que ocorre na Floresta Amazônica do Brasil, Equador e Peru (SALOMÃO; ROSA, 2012), conhecida popularmente como pau-cravo (FAUSTO, 2013; DONINI et al., 2016) em referência ao aroma de todos os órgãos da planta (ZOGHBI et al., 2013). A espécie é considerada uma árvore de porte médio, que pode atingir até 20 m de altura, com flores miúdas de coloração rósea-avermelhadas, com frutos carnosos, pequenos e bastante aromáticos (DONINI et al., 2017). O pau-cravo é uma espécie de uso múltiplo, empregado na indústria de cosméticos, na produção de perfume, na alimentação, além de ser medicinal (FAUSTO, 2013). Devido a exploração ocorrida

ao longo dos séculos, a *D. caryophyllaceum* é extremamente rara no território brasileiro (SALOMÃO; ROSA, 2012).

O conhecimento das estruturas das plantas subsidia os estudos para identificação das espécies, entendimento de processos fisiológicos, bioquímicos e evolutivos, além de possibilitar entender e conservar a biodiversidade vegetal. Dessa forma, é importante a compreensão dos requisitos básicos necessários a respeito das espécies para estabelecimento de técnicas que possibilitem o manejo e conservação, principalmente de espécies nativas com potencial em extinção como as espécies objeto de estudo, o que justifica a realização da presente pesquisa. Assim, esse estudo busca contribuir com informações para o conhecimento de *D. caryophyllaceum* e *B. guianensis*, as quais estão inseridas no projeto “Rede de pesquisa em recursos genéticos de plantas da Amazônia: conservação *ex situ*” financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Este trabalho é composto em dois capítulos inter-relacionados entre si, em que no primeiro capítulo é apresentada a pesquisa morfoanatômica e bioquímica das sementes de *B. guianensis* e no segundo capítulo é apresentado a pesquisa com a espécie de *D. caryophyllaceum*, com fins de contribuir para a conservação das espécies.

### **Objetivo Geral**

- ✓ Descrever e caracterizar as mudanças morfoanatômicas e bioquímicas que ocorrem nos frutos e sementes de duas espécies florestais ocorrentes na Amazônia, durante o processo de maturação, como contribuição para a conservação das espécies.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Classificar os estádios de maturação em frutos de *B. guianensis* e *D. caryophyllaceum*.
- ✓ Caracterizar a morfologia e biometria das sementes e frutos de *D. caryophyllaceum* e *B. guianensis* nos diferentes estádios.
- ✓ Descrever as estruturas anatômicas das sementes de *Bagassa guianensis* e *D. caryophyllaceum*.
- ✓ Quantificar os teores de proteínas solúveis totais, fracionamento de proteínas, aminoácidos solúveis totais, açúcares, amido e lipídios presentes nas sementes de *D. caryophyllaceum* e *B. guianensis* nos diferentes estádios.

### **Literatura Citada**

ALMEIDA, F.S; GOMES D.S; QUEIROZ J.M. Estratégias para a conservação da biodiversidade biológica em florestas fragmentadas. **Ambiência**. v. 7, n. 2, p. 367-382, 2011.

AQUINO, N.F., et al.. Morfometria de sementes de *Jatropha curcas* L. em função da procedência. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, n. 2, 142-145, 2009.

BARROSO, G.M., et al. **Frutos e sementes. Morfologia aplicada à sistemática de Dicotiledôneas**. Viçosa, Editora UFV. 1999.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. FUNEP: Jaboticabal, 590 p., 2012.

CORNER, E.J.H. **The seeds of dicotyledons**. v.1. Cambridge, University Press, 1976.

DE OLIVEIRA FREITAS, S., et al. Determinação de parâmetros de qualidade de frutos da região amazônica durante o amadurecimento. In: **Realidades e perspectivas em Ciência dos Alimentos** [recurso eletrônico]. Editora Pantanal. 2020.

DONINI, C.V.Z. S., FIORI, M.M, & DOS SANTOS, C.F.M. Até a última árvore: extração, tráfico e consumo de pau-cravo (*Dicypellium caryophyllaceum*) na Amazônia do século XVIII. **Anais eletrônicos do 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**. 2016.

DUARTE, E. F., et al. Maturação de frutos e sementes de inhaíba (*Lecythis lurida* - Lecythidaceae). **Revista De Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology**, v.17, n.1, 15-34, 2020.

FAUSTO, A. Pau-cravo e a herança de Belo Monte. Destaque Amazônia. Informativo do Museu Paraense Emílio Goeldi. v. 29, n. 63, 2013.

FREITAS, A. D. D.. Aspectos tecnológicos e morfoanatômicos de sementes maduras, plântulas e plantas jovens de *Aspidosperma spruceanum* Benth. Ex mull. arg. (Apocynaceae). Dissertação (**mestrado**). Universidade Federal Rural da Amazônia e do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2008

GARCIA, L. C.; NOGUEIRA, A. C.; ALQUINI, Y. Aspectos morfoanatômicas de sementes de *Podocarpus lambertii* Klotz. e *Podocarpus sellowii* Klotz. - Podocarpaceae. **Rev. bras. sementes**, Pelotas, 129-134, v. 28, n. 3, v. 28, n. 3, 2006.

LIMA, T. F. P., et al. Propriedades físicas e mecânicas da madeira Tatajuba (*Bagassa guianensis*) proveniente de duas diferentes regiões brasileiras. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 23, 2018.

LOPES, I. S.; NOBREGA, A. M. S.; MATOS, V. P. Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 565-572, 2014.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

OLIVEIRA, A. K. M.; ALVES, F. F.; FERNANDES, V. Germinação de sementes de *Vochysia divergens* após armazenamento em três ambientes. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 525-531, 2018.

PIVETTA, M. Estoque finito na Amazônia. Pesquisa FAPESP. 2005. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2005/05/01/estoque-finito-na-amazonia>>. (Acessado em 13 de novembro de 2020).

RAMOS, C. A. A importância das florestas em pé na Amazônia. IPAM, Amazônia. 2020.  
SALOMÃO, R. P.; NA, Rosa. Pau-cravo: 'droga do sertão' em risco de extinção. **Ciência Hoje**, v. 49, n. 289, p. 46-50, 2012.

SASAYA, M. K., et al. Análise da qualidade de lotes de sementes de *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. Ex DC.) Mattos por meio de testes de condutividade elétrica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 6, p. 103-111, 2020

SOUZA, L.A. **Anatomia do fruto e da semente**. Ponta Grossa, UEPG, 2006.

TRANCOSO, A.C.R, et al.. Alterações anatômicas, histoquímicas e fisiológicas durante a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). **Revista Ciência Agronômica** , v. 52, 2021.

ZOGHBI, M.D.G.B., SALOMÃO, R.D.P., GUILHON, G.M.S.P. Óleos essenciais de folhas de *Dicypellium caryophyllaceum* (Mart.) Nees (Lauraceae): uma espécie quase extinta na Amazônia. **American Journal of Essential Oil and Natural Products** .1 n.2, p. 19-21, 2013.

Este capítulo está formatado nas normas da revista Frontiers, disponível em:

<https://www.frontiersin.org/submission/submit>

**Capítulo I: Alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação de *Bagassa guianensis* (Moraceae)**

# Alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação de *Bagassa guianensis* (Moraceae)

Dhyene Rayne Dos Santos Becker<sup>1\*</sup>, Rairys Cravo Herrera<sup>2</sup>, Alisson Rodrigo Souza Reis<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará, 68372-040– Altamira, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará, 68372-040– Altamira, PA, Brasil

\* **Correspondência:**

correspondente drayneagro@gmail.com

## Resumo

*Bagassa guianensis* Aubl. é uma espécie nativa da Floresta Amazônica, pertencente à família Moraceae, sendo conhecida popularmente como tatajuba. A espécie apresenta grande valor comercial, devido a trabalhabilidade e resistência de sua madeira. Este estudo objetiva caracterizar as alterações morfoanatômicas durante a maturação das sementes de *Bagassa guianensis*. Foram analisados biometria, morfoanatomia, coloração e aspectos bioquímicos durante a maturação dos frutos. Para os frutos de *B. guianensis* foram caracterizados 4 estádios de desenvolvimento das sementes. Na descrição anatômica observou-se a presença de endosperma na semente, classificada como uma semente albuminosa. A análise de composição bioquímica da semente madura de *B. guianensis* demonstrou um conteúdo de 34% de lipídios, classificada como oleaginosa. Sementes de *B. guianensis* obtidas de frutos com coloração verde, apresentavam-se com embrião totalmente formados, e apesar dos menores valores biométricos, os teores de proteínas e açúcares foram observados em grandes quantidades nesse estágio de desenvolvimento das sementes. Aminoácidos e amido foram as substâncias de reservas observadas em maiores quantidades nos estádios finais de maturação. O acúmulo de amido ocorre principalmente a partir do estágio II, onde sugere-se que as sementes já tenham atingindo a maturidade fisiológica.

**Palavras-chave:** Bioquímica<sup>1</sup>, Maturidade fisiológica<sup>2</sup>, Espécie florestal<sup>3</sup>, Sementes<sup>4</sup>, Tatajubas<sup>5</sup>,

## 1 Introdução

A família Moraceae compreende cerca de 63 gêneros e 1500 espécies distribuídas nas regiões tropicais e subtropicais, com poucas espécies provenientes das regiões temperadas (Souza & Lorenzi, 2012). Segundo Pederneiras et al. (2020), no Brasil, a família Moraceae é representada por 21 gêneros e 231 espécies, sendo 71 endêmicas e 206 sinônimos. A partir de estudos de filogenia, a família foi reunida na ordem de plantas Rosales, sendo uma das nove famílias incluídas atualmente nesta ordem (APG IV, 2016).

*Bagassa guianensis* Aubl. é uma espécie nativa da Floresta Amazônica, pertencente à família Moraceae, sendo conhecida popularmente como tatajuba, é uma planta dióica, com altura de 15 a 30 m, dotada de copa alongada, com tronco reto e cilíndrico, casca espessa e fibrosa. Suas folhas são simples, opostas, inteiras ou trilobadas em plantas jovens. O fruto é do tipo globoso, com polpa

carnosa, com numerosas sementes achatadas (Embrapa, 2004). A floração da espécie no Pará ocorre entre os meses de agosto a setembro, e a frutificação e dispersão, de novembro a fevereiro (Rios et al., 2011).

A espécie apresenta grande valor comercial devido a trabalhabilidade e resistência de sua madeira ao ataque de pragas e doenças. A madeira pode ser empregada na construção civil, carpintaria, construções navais e marcenaria para produção de móveis de alta qualidade (Lima et al., 2018). Em florestas adultas, a tatajuba é rara, tolera bem o sol e cresce rapidamente, no entanto, o processo de regeneração natural da espécie é muito demorado (Pivetta, 2005), indicando que a intensa exploração da árvore devida à importância da sua madeira pode levar a casos preocupantes de escassez, até mesmo a extinção. Apesar da grande importância econômica e social que a espécie apresenta, e seu potencial risco de extinção são escassas as informações sobre a espécie.

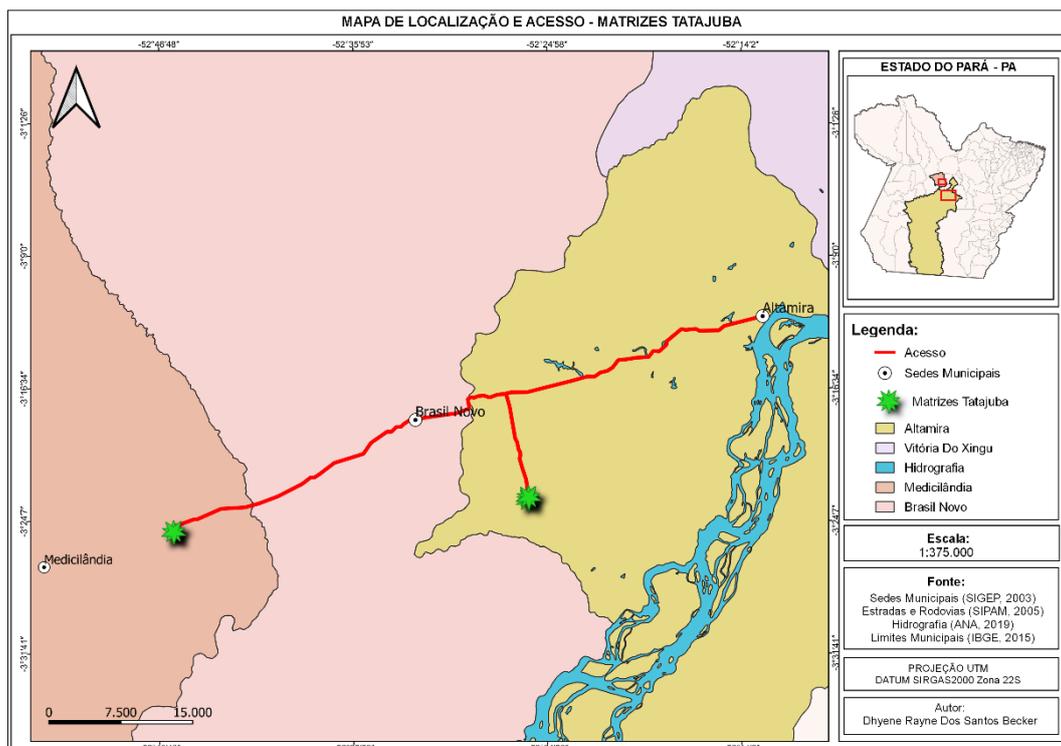
Embora, nos últimos anos seja crescente o aumento dos estudos com sementes de espécies florestais (Ribeiro-Oliveira e Ranal, 2014), para a grande maioria ainda não se dispõe de informações básicas referentes à morfoanatomia, bioquímica e maturação de sementes, principalmente para sementes de espécies florestais nativas da região Amazônica. No levantamento realizado por Duarte et al. (2020), sobre maturação de sementes de espécies de ocorrência na Mata Atlântica e Floresta Amazônica foram encontradas informações para 33 espécies em 36 trabalhos publicados entre 1979 e 2019, representando uma pequena fração das 14.003 espécies de plantas (Cardoso et al., 2017) catalogadas para a Amazônia.

O processo de maturação e desenvolvimento das sementes envolve uma série de alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem a partir da fecundação e prosseguem até o momento que as sementes atinjam a maturidade fisiológica (Marcos Filho, 2018). Para compreender esse processo é importante considerar as mudanças morfoanatômicas e bioquímicas que ocorrem nas sementes durante este estágio (Trancoso et al., 2018). O estudo dos aspectos da composição bioquímica das sementes durante a maturação são fundamentais para entender os teores dos compostos de reserva presentes nas sementes nos estágios de desenvolvimento (Henning et al., 2010), além de possibilitar a obtenção de informações que possam auxiliar na produção de mudas de alta qualidade, visto que o vigor e armazenamento são influenciados pelo teor dos compostos presente nas sementes (Carvalho; Nakagawa, 2012), sendo carboidratos, proteínas e lipídios, os principais compostos de reservas das sementes (Zhao et al., 2018).

O conhecimento da biologia e das estruturas das espécies nativas são fundamentais para os programas de conservação *in situ* e *ex situ*, além fornecer subsídios para identificação das espécies, entendimento de processos fisiológicos, bioquímicos e evolutivos. Diante da importância dos estudos básicos e avançados de sementes e à ausência de estudos de informação sobre a espécie, este estudo tem como objetivo caracterizar as alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação das sementes de *Bagassa guianensis*.

## **2 Material e métodos**

Os frutos de *Bagassa guianensis* foram coletados no mês de novembro de 2020 e março de 2021, em plantas matrizes da espécie com dispersão anual nessas áreas, localizadas em propriedades de agricultores familiares em sistema agroflorestal no Travessão da 9 no município de Altamira e no Km 76 no município de Medicilândia, áreas 1 e 2, sob as seguintes coordenadas geográficas: 03°22'56,87" S; 52°26'02,89" W e 03 24' 43,48854"S; 52 46' 00,23653" W, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1** – Áreas das coletas de *Bagassa guianensis* no município de Altamira e Medicilândia.

Após colhidos, os frutos foram conduzidos para o Laboratório de Biotecnologia – BIOTEC, da Universidade Federal do Pará, campus de Altamira, onde passaram por triagem e foram selecionados frutos que não possuem danos mecânicos e ausência de incidências de pragas e doenças.

Foram coletados ramos férteis e estéreis e confeccionadas exsicatas de *B. guianensis*, as mesmas foram incorporadas ao Herbário Padre José Maria Albuquerque (HATM) da Faculdade de Ciências Biológicas - Campus Altamira sob os números 2323 e 2324.

## 2.1. Biometria e morfoanatomia

Foram avaliadas a coloração de frutos e sementes conforme o catálogo de cores de Munsell (1976), enquanto que largura, comprimento e peso de frutos e sementes foram mensurados com paquímetro digital e pesados em balança de precisão; o teor de umidade das sementes foi determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ \text{C}$  durante 24 horas, conforme Brasil (2009).

Para as descrições morfológicas de frutos e sementes foram utilizadas a metodologia e terminologia empregadas por Barroso et al. (1999). Para o estudo anatômico, amostras de sementes para cada estágio foram fixadas em FAA (formol, ácido acético glacial e etanol 50, 1:1:18, v/v) durante 48 horas e estocado em etanol 70%, segundo as metodologias propostas por Kauss e Arduin (1997). Para caracterização anatômica, foram realizadas secções longitudinais e transversais nas sementes com cortes a mão livre. O material foi cortado com auxílio de lâmina, clarificado com hipoclorito de sódio diluído em água destilada (1:1). Os cortes obtidos foram lavados em água destilada, seguindo-se de coloração com azul de toluidina e montados em lâmina e lamínula em glicerina.

## 2.2. Análises bioquímicas de sementes

### 2.2.1. Preparação do material para as análises bioquímicas

Para quantificação de amido, açúcares redutores, açúcares solúveis totais, proteínas solúveis totais e aminoácidos, foram utilizadas amostras de sementes com triplicatas, dos diferentes estádios de maturação. Os materiais vegetais foram secos em estufa de bancada a 65°C durante 48 horas. Posteriormente, o material foi triturado em moinho para realização das análises. O material seco foi armazenado e encaminhado para análises na Unidade Experimental Horto Florestal, pertencente a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), na Bahia.

### **2.2.2. Extração de biomoléculas**

Para o fracionamento de proteínas sementes dos diferentes estádios de maturação foram submetidas à extração de proteínas de acordo com sua solubilidade (albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas). Inicialmente, 0,2 g de material de cada estágio foram submetidos à extração consecutiva com 5 mL de água destilada (albuminas), 5 mL de cloreto de sódio 1% (globulinas), 5 mL de etanol 80% (prolaminas) e 5 mL de hidróxido de sódio 0,1 M (glutelinas). Os extratos foram incubados e agitados a 30 °C por 40 minutos, centrifugados em centrífuga de mesa a 3200 rpm por 15 minutos, sendo recolhidos os sobrenadantes de cada extrator separadamente.

A extração para quantificação de Aminoácidos Solúveis Totais (AA), Açúcares Solúveis Totais (AST) e Açúcares Redutores (AR) foram realizadas utilizando 0,2 g de material seco, homogeneizados em 10 mL de tampão fosfato 0,1 M com pH= 7, as amostras foram agitadas manualmente e levadas ao banho maria a 40 °C por 30 minutos (agitando sempre) e após centrifugadas a 3200 rpm por 30 minutos, sendo utilizado o sobrenadante para quantificar as reservas.

Para extração de amido, 0,2 g de material seco foi colocado em tubo de centrífuga, homogeneizado em 10 mL de etanol 80% e incubado a 40°C por 10 minutos. Em seguida a amostra foi centrifugada a 4000 rpm por 20 minutos, e o sobrenadante separado do precipitado. Esse procedimento foi repetido por mais uma vez. Ao precipitado foram adicionados 10 mL de ácido perclórico a 52% para sua ressuspensão e, posteriormente, colocado em banho de gelo por 40 minutos. Após tal procedimento, a amostra foi centrifugada a 3.200 rpm por 20 minutos, a solução foi filtrada e seu volume completado para 50 mL de água destilada.

### **2.2.3. Quantificação de Proteínas e Fracionamento de Proteínas**

O fracionamento de proteínas foi determinado segundo o método descrito por Bradford (1976) utilizando-se albumina sérica bovina (BSA) como padrão, e leitura em espectrofotômetro U.V em 595 nm. Para determinação de Proteínas Solúveis Totais (PST) foi realizado o somatório das proteínas de reservas (albuminas, prolaminas, globulinas e glutelinas) para cada estágio.

### **2.2.4. Quantificação de Aminoácidos Solúveis Totais**

Para quantificação dos aminoácidos foi utilizado o ensaio da ninhidrina (Yemm e Cocking, 1955), tendo como padrão a glicina. A leitura foi realizada em espectrofotômetro U.V em 570 nm.

### **2.2.5. Quantificação de Açúcares Solúveis Totais, Açúcares Redutores e Amido**

A determinação de AST e amido foi quantificado pelo método da Antrona proposto por Yemm e Willis (1954) utilizando como padrão a glicose, a leitura realizada em 620 nm em espectrofotômetro U.V. A quantificação de AR foi realizada pelo protocolo descrito por Miller (1959), utilizando o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), com a glicose como padrão, a leitura foi em 540 nm no espectrofotômetro U.V.

### **2.2.6. Lipídios**

A extração e quantificação do teor de lipídios foram realizados em aparelho do tipo Soxhlet, pelo método de extração a frio com éter de petróleo por 4 h, conforme adaptação do método adaptado de Silva (1990), a partir de 1 g de material, com duplicatas, calculadas pela equação:

$$\% \text{ Lipídeos} = \frac{(\text{Peso balão de gordura} - \text{peso do balão}) \times 100}{\text{Peso amostra úmida}}$$

### 3 Resultados

#### 3.1 Biometria e morfoanatomia

Para os frutos de *B. guianensis* foram caracterizados 4 estádios de desenvolvimento das sementes com base nas características morfológicas, com a coloração dos frutos associados a biometria de frutos e sementes, teor de umidade das sementes e teores de reservas. Foram analisados 25 frutos de *B. guianensis* e 100 sementes para cada estádio.

Foram definidos quatro estádios de maturação de acordo com a coloração do epicarpo em: 5 GY 4/4 verde (estádio I), 5 Y 6/6 amarelo esverdeado (estádio II), 7,5 YR 4/6 marrom (estádio III) e 7,5 YR 3/4 marrom escuro (estádio IV) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Descrição da coloração do epicarpo dos frutos em função de acordo com Munsell (1976).

| Estádios    |   | Pigmentação aparente | Coloração  |
|-------------|---|----------------------|------------|
| Estádio I   |  | Totalmente verde     | 5 GY 4/4   |
| Estádio II  |  | Amarelo esverdeado   | 5 Y 6/6    |
| Estádio III |  | Marrom               | 7,5 YR 4/6 |
| Estádio IV  |  | Marrom escuro        | 7,5 YR 3/4 |

A tatajuba é uma fruta revestida por uma superfície granulosa, formado pelo agrupamento de flores femininas em inflorescência globosas (capítulos compostos de milhares de flores). A infrutescência é composta por numerosas sementes achatadas. Segundo dados da Embrapa (2004) o fruto em si da *B. guianensis* consiste em uma semente protegida pelo pericarpo. O epicarpo da tatajuba é grosso com superfície granulosa, de textura áspera, variando quanto à coloração verde quando fruto imaturo, marrom quando fruto maduro e coloração marrom escuro com o fruto muito maduro. O comprimento e a largura do fruto variaram entre 27,39 mm a 68,76 mm e 30,04 mm a 63,26 mm, respectivamente. No fruto imaturo, a polpa, resultado do receptáculo carnoso desenvolvido, possui coloração esverdeada (Figura 2). No fruto maduro, a polpa adquire coloração alaranjada, constituindo-se a parte comestível, com tamanho superior aos frutos imaturos e com sementes que apresentam maior quantidade de mucilagem no tegumento devido a maturação do fruto.

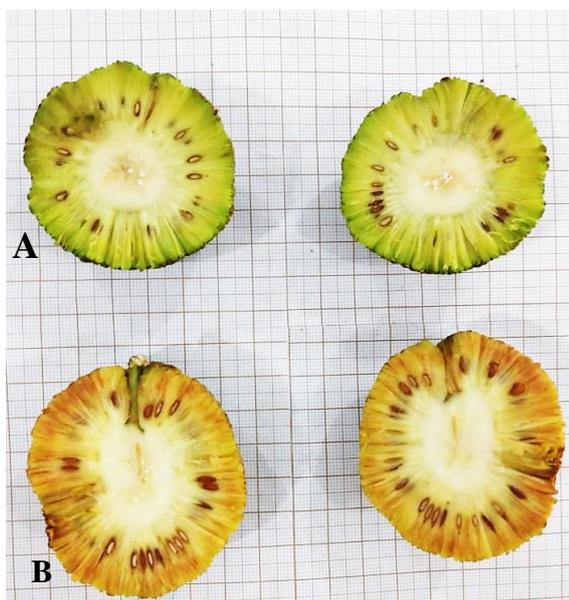


Foto: Elaborado pela autora.

**Figura 2.** Frutos maduros e imaturos de *B. guianensis* cortado longitudinalmente. (A) fruto imaturo de tatajuba; (B) fruto maduro de tatajuba.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise estatística descritiva das características biométrica e peso dos frutos. O comprimento dos frutos no estágio I variou de 27,39 mm a 63,50 mm (média de 44,88 mm), frutos no estágio II variou de 29,89 mm a 64,80 mm (média de 45,80 mm), frutos no estágio III variou de 39,97 mm a 68,76 mm (média de 52,59 mm) e frutos no estágio IV variou de 39,87 a 63,45 mm (média de 50,95 mm).

O diâmetro dos frutos no estágio I variou de 30,04 mm a 52,77 mm (média de 43,60 mm), frutos no estágio II variou de 31,85 mm a 59,88 mm (média de 44,13 mm), frutos no estágio III variou de 41,13 mm a 63,26 mm (média de 51,42 mm) e frutos no estágio IV variou de 41,77 a 60,19 mm (média de 48,49 mm). O peso dos frutos de tatajuba variaram de 48,80 g a 72,70 g. Observa-se a variação no tamanho dos frutos ao longo do desenvolvimento, sendo o peso a característica que mais variou entre os estádios, como observado no estágio II com a maior a variação no peso dos frutos (CV= 37%). Frutos com pesos entre 12,60 g a 71,6 g apresentaram médias de 97 sementes, com peso entre 15,9g a 80,90 g média de 296 sementes e frutos com peso entre 38,23 g e 116,22 g apresentaram médias de 420 sementes por fruto.

**Tabela 2.** Estatística descritiva das características dos frutos nos diferentes estádios de maturação, (V-mín.), valor máximo (V-máx.), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV).

| Estádios                | Média | V-mín. | V-máx. | S     | CV (%) |
|-------------------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| <b>Comprimento (mm)</b> |       |        |        |       |        |
| Estádio I               | 44,88 | 27,39  | 63,50  | 7,45  | 16,61  |
| Estádio III             | 45,80 | 29,89  | 64,80  | 6,86  | 14,97  |
| Estádio III             | 52,59 | 39,97  | 68,76  | 7,94  | 15,07  |
| Estádio IV              | 50,95 | 39,87  | 63,45  | 7,06  | 14,00  |
| <b>Diâmetro (mm)</b>    |       |        |        |       |        |
| Estádio I               | 43,60 | 30,04  | 52,77  | 6,41  | 14,70  |
| Estádio III             | 44,13 | 31,85  | 59,88  | 6,67  | 15,12  |
| Estádio III             | 51,42 | 41,13  | 63,26  | 6,71  | 13,02  |
| Estádio IV              | 48,49 | 41,77  | 60,19  | 6,85  | 14,25  |
| <b>Peso (g)</b>         |       |        |        |       |        |
| Estádio I               | 48,80 | 12,60  | 71,60  | 17,00 | 34,84  |
| Estádio II              | 49,72 | 15,70  | 80,90  | 18,39 | 37,00  |
| Estádio III             | 72,70 | 39,09  | 116,33 | 22,67 | 31,18  |
| Estádio IV              | 61,37 | 38,23  | 116,22 | 20,28 | 33,05  |

As sementes de *B. guianensis* têm forma achatada, ligeiramente ovalada, coloração marrom, com embrião cônico preenchendo praticamente toda a semente (Figura 3). No epicarpo da semente há também uma grande presença de mucilagem, que é pouco presente em sementes de frutos verdes.

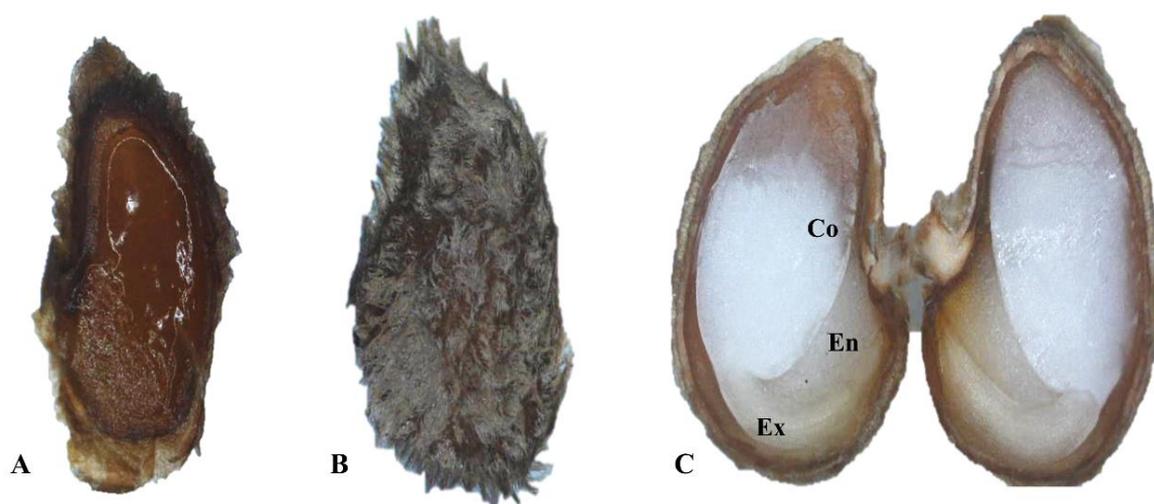


Foto: Elaborado pela autora.

**Figura 3.** Sementes de *B. guianensis* (A) Semente de tatajuba com parte aparente da mucilagem; (B) tricomas das sementes, (C) semente em corte longitudinal. Co: cotilédone; End: Endosperma; Ex: Eixo hipocótilo-radícula.

As sementes são pequenas, com comprimento e diâmetro médio de 3,64 mm e 2,15 mm para o estágio I, 3,71 mm e 2,16 mm para o estágio II, 3,93 mm e 2,34 mm para o estágio III, e 3,91mm de comprimento e 2,24 mm de largura para o estágio IV, não diferindo-se estatisticamente quanto a comprimento e largura entre os estádios (Tabela 3). As sementes quando obtidas nos diferentes estádios não apresentaram diferenciações quanto sua coloração.

**Tabela 3.** Estatística descritiva das características das sementes nos diferentes estádios de maturação, (V-mín.), valor máximo (V-máx.), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV).

| Estádios                        | Média | V-mín. | V-máx. | S      | CV (%) |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Comprimento (mm)</b>         |       |        |        |        |        |
| Estádio I                       | 3,64  | 3,02   | 4,11   | 0,2441 | 6,71   |
| Estádio II                      | 3,71  | 3,20   | 4,46   | 0,2457 | 6,62   |
| Estádio III                     | 3,93  | 3,01   | 4,28   | 0,2095 | 5,33   |
| Estádio IV                      | 3,91  | 3,44   | 4,25   | 0,1822 | 4,66   |
| <b>Diâmetro (mm)</b>            |       |        |        |        |        |
| Estádio I                       | 2,16  | 1,44   | 2,69   | 0,2967 | 13,76  |
| Estádio II                      | 2,16  | 1,61   | 3,19   | 0,2849 | 13,19  |
| Estádio III                     | 2,34  | 1,74   | 3,89   | 0,2885 | 12,33  |
| Estádio IV                      | 2,24  | 1,63   | 2,83   | 0,2396 | 10,70  |
| <b>Peso de 100 sementes (g)</b> |       |        |        |        |        |
| Estádio I                       | 0,47  | 0,46   | 0,48   | 0,01   | 2,07   |
| Estádio II                      | 0,41  | 0,37   | 0,43   | 0,03   | 7,41   |
| Estádio III                     | 0,36  | 0,34   | 0,39   | 0,02   | 6,46   |
| Estádio IV                      | 0,34  | 0,33   | 0,34   | 0,01   | 2,07   |

Por se tratar de sementes muito pequenas, foi realizado o peso de 100 sementes para determinação dos pesos médios de cada estágio. Os estádios I e II apresentaram os maiores pesos, enquanto os estádios III e IV apresentaram os menores pesos médios de 0,36 g e 0,34 g, respectivamente. É possível observar a ampla variação no tamanho das sementes, sendo a largura nos estádios I e II a característica que mais variou (CV= 13,76% e 13,19%), seguido pelo estágio III e IV (CV= 12,33% e 10,70%).

As principais estruturas das sementes de *B. guianensis* estão ilustradas na Figura 4. A semente apresenta forma ovoide com uma extremidade mais acuminada e a outra truncada é constituída por tegumento, endosperma, embrião e o eixo hipocótilo-radícula.

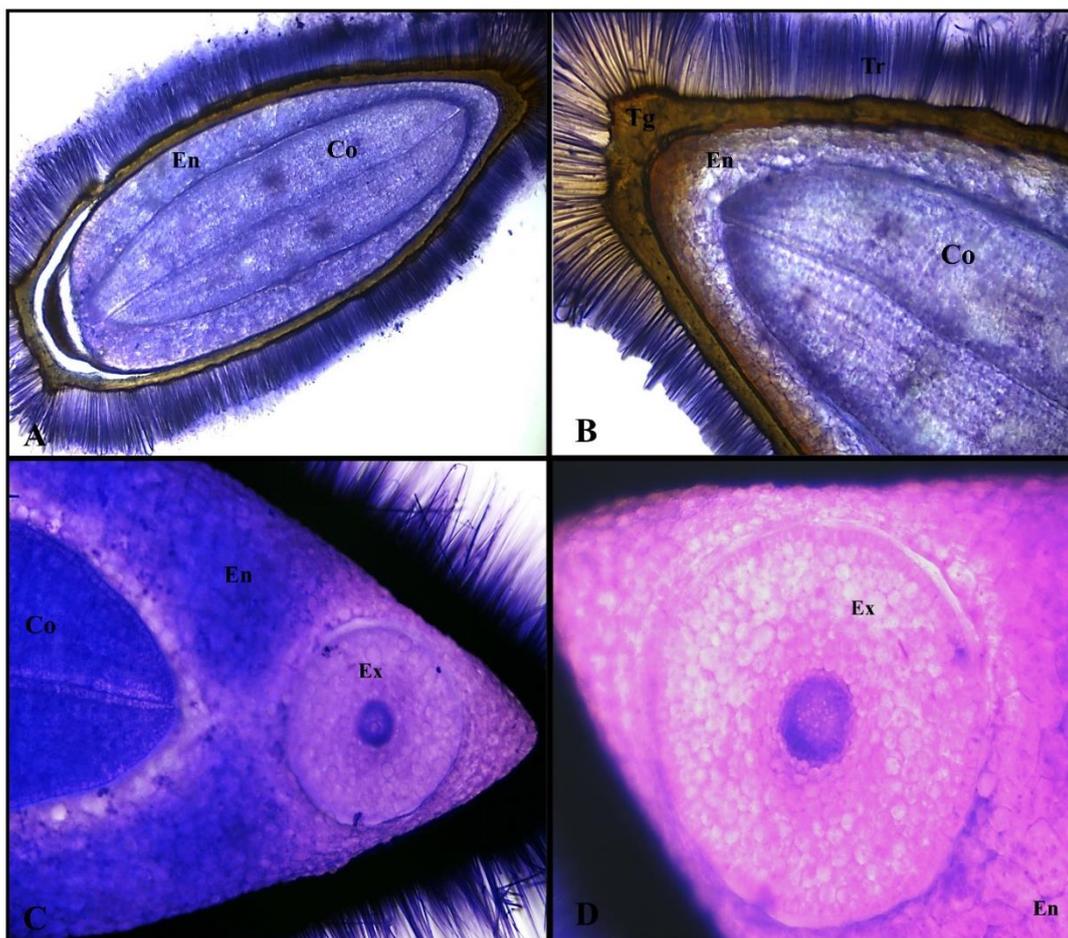


Foto: Elaborado pela autora.

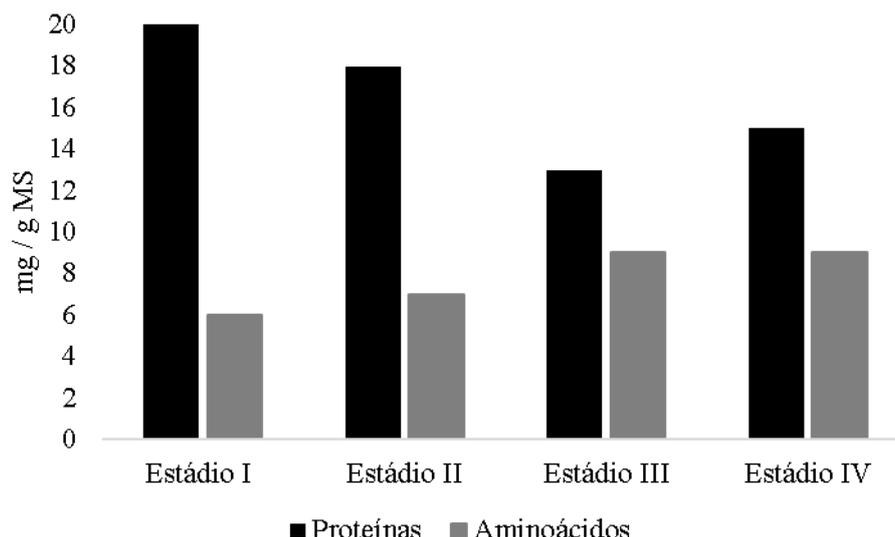
**Figura 4.** (A, B) semente em corte transversal, (C, D) semente em corte transversal com observação do eixo embrionário. Principais estruturas das sementes de *Bagassa guianensis*. Seções transversais, corados com Azul de Toluidina. Co: cotilédone; En: Endosperma; Ex: Eixo hipocótilo-radícula; Tg: tegumento, Tr: Tricoma.

Na parte externa ao pericarpo observa-se uma camada de tricomas com substâncias mucilaginosas, o que pode auxiliar na absorção e retenção de água em volta da semente, em seguida temos um envoltório que protege os cotilédones e o embrião. Esse envoltório apresenta 3 camadas a camada externa é fina, a camada mediana é espessada composta por esclereídes e a interna é uma camada fina, todas compostas por uma camada de células. O eixo hipocótilo-radícula é curto e ligeiramente achatado, a plúmula é indiferenciada, sem uma diferenciação evidente dos primórdios foliares. O embrião apresenta dois cotilédones carnosos e assimétricos em relação a forma e tamanho, corroborando com Barroso et al. (1999), que mencionaram a presença de cotilédones iguais e desiguais entre si para o gênero *Brossimum*.

### 3.2 Análises Bioquímicas

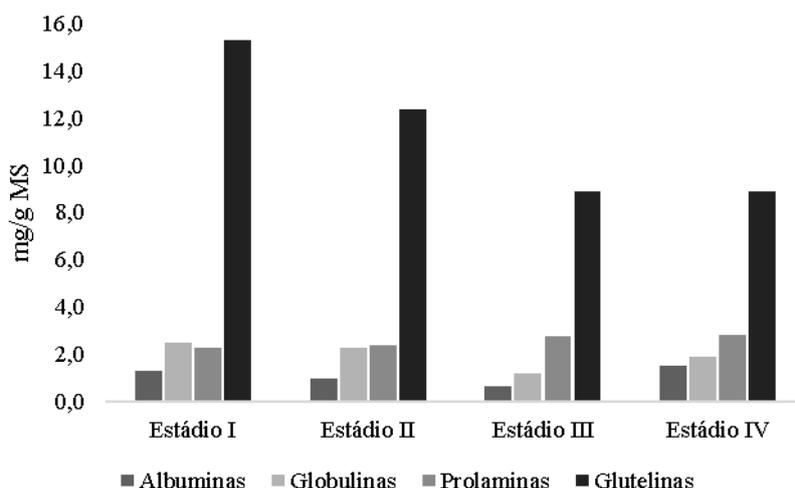
Verificou-se maior grau de umidade para as sementes provenientes do estágio I (76,9%), seguido pelo estágio II (75,1%), estágio III (72,1%) e menor valor para o estágio IV (71,5%).

Os valores encontrados para composição de proteínas solúveis totais (PST) e aminoácidos solúveis totais (AA) nos diferentes estádios de maturação de tatajuba, são mostrados na Figura 5. As PST atingiram o seu máximo de 21,3 mg PST/g MS no estágio I, seguido pelo estágio II com 17,9 mg PST/g MS.



**Figura 5.** Conteúdo de proteínas solúveis totais e aminoácidos solúveis totais em sementes de *B. guianensis* durante os estádios de maturação.

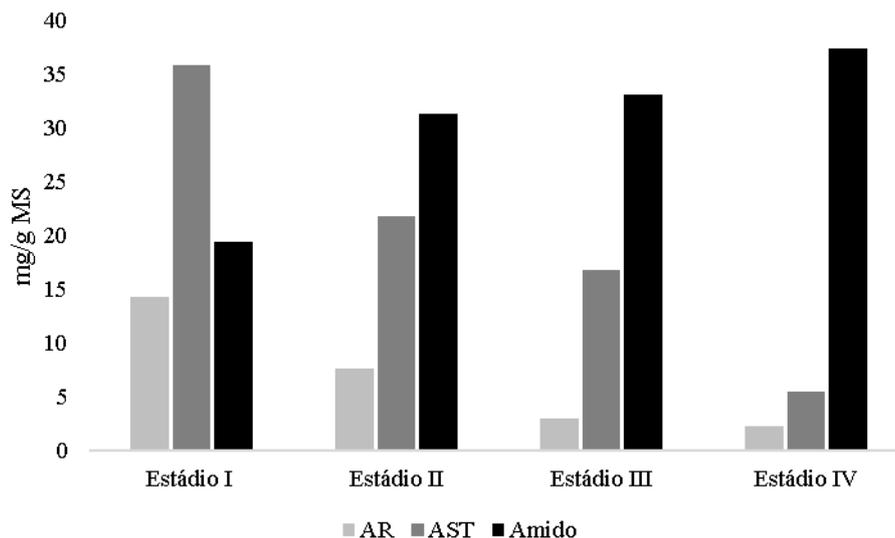
O teor das frações proteicas albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas das sementes de tatajuba está ilustrado na Figura 6. O teor da fração de glutelinas foi quantitativamente superior às demais frações proteicas em todos os estádios de desenvolvimento, com valores variando de 15,3 mg/g MS no estágio I para 8,9 mg/g MS no estágio IV.



**Figura 6.** Fracionamento de proteínas em sementes de *B. guianensis* durante os estádios de maturação.

Na Figura 5 observa-se os valores de aminoácidos nos diferentes estádios de maturação da tatajuba. O menor valor observado foi no estágio I com 5,55 mg de mg AA/g MS. Os maiores acúmulos de aminoácidos foram observados nos estádios IV e III, com 9,0 mg de mg AA/g MS e 8,7 mg de AA/g MS, respectivamente, em sementes consideradas maduras.

Na Figura 7, observa-se os conteúdos de açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR) durante o desenvolvimento das sementes de tatajuba. No estágio I, as sementes revelaram um valor de 35,87 mg AST/g MS, seguido pelo estágio II com 21,77 mg AST/g MS, sofrendo uma redução exponencial para 16,77 mg AST/g MS e 5,49 mg AST/g MS nos estádios III e IV, respectivamente.



**Figura 7.** Conteúdo de açúcares redutores (AR), açúcares solúveis totais (AST) e amido em sementes de *B. guianensis* durante os estádios de maturação.

Para AR, as sementes do estágio revelaram um valor de 14,28 mg AR/g MS, seguido pelo estágio II com 7,68 mg AR/g MS, sofrendo uma queda para 2,93 mg AR/g MS e 2,31 mg AR/g MS nos estádios III e IV, respectivamente, provavelmente indicando o final do período de intensa ocorrência de histodiferenciação nas sementes (Souza et al., 2018). Valores inversos ao observado para AST e AR, foi encontrado para os teores de amido, na Figura 7, observa-se maiores teores no último estágio de desenvolvimento da semente com 37,35 mg de AST/g MS no estágio IV, seguida pelo estágio III com 33,07 mg de AST/g MS, o menor valor observado foi para o estágio I com 19,39 mg de AST/g MS.

A análise de composição bioquímica da semente madura (estádio III) de *B. guianensis* demonstrou que os lipídios são uma das principais reservas que compõem as sementes com um conteúdo de 34%, seguida de amido (3,31%), PST (1,35%), AST (1,67%), aminoácidos solúveis totais (0,87%) e AR (0,29%).

#### 4 Discussão

Na literatura, diferentes estudos confirmam a eficiência da coloração de frutos como um dos índices práticos na determinação do ponto de maturidade fisiológica para várias espécies, como nos estudos realizados por (Silva et al. 2009; Rubio et al. 2013). Silva et al. (2009) discorrem sobre estádios de colheita de frutos de *Ricinus communis* e enfatizaram que a cor de frutos e sementes e o teor de água são parâmetros eficientes do ponto de colheita, indicando para *R. communis* que os frutos sejam colhidos com 86 dias após a antese com a coloração marron (7,5 YR 2/4 ou 7,5 YR 3/4), pois apresentaram boa taxa de germinação e vigor. Rubio et al. (2013) sobre maturação de *Jatropha curca*, indicaram como mais adequado para colheita os frutos do estágio A - sementes de frutos maduros com coloração 5 YR 3/2, pois os frutos nesse estágio e com a coloração também apresentaram boas taxas de vigor e germinação.

A coloração dos frutos também foi utilizada por alguns autores para identificar o período de maturidade fisiológica de sementes, como em *Anadenanthera colubrina* (Vera Cruz et al., 2021), *Albizia hasslerii* (Ristau et al., 2020) e *Amburana cearenses* (Allem.) A. C. Smith. (Lopes et al., 2014). Para Srimathi et al. (2013) padronizar as cores de frutos para as espécies florestais pode ser uma forte alternativa para auxiliar na coleta de sementes.

Os frutos de tatajuba nos diferentes estádios de maturação apresentaram-se muito semelhantes entre si, com relação aos aspectos estruturais e formato de frutos. No entanto, quanto às características biométricas e peso dos frutos, observou-se que houve grandes variações quanto ao comprimento e diâmetro, sendo o peso a característica que mais variou. Resultados semelhantes foram observados por Schulz et al. (2014) em *Inga laurina*, onde obtiveram os maiores valores de diâmetro e comprimento dos frutos na coloração amarela, correspondendo ao estágio III de maturação.

Os maiores valores obtidos de comprimento, largura e peso para tatajuba foram nos frutos do estágio III, que foram considerados como frutos maduros, e os menores valores, obtidos para frutos do estágio I considerados como frutos imaturos. Esses resultados são consequência do processo de maturação de eventos regulados por hormônios durante o crescimento que causam o aumento e peso dos frutos (McAtee et al., 2013). O aumento de peso dos frutos foi progressivo com o avanço dos estádios de maturação, resultado semelhante registrado em *Poincianella pyramidalis* (Lima et al., 2012), *Jatropha curcas* (Silva et al., 2012) e *Spondias* sp. (Dantas et al., 2016). Com relação a quantidade de sementes resultados similares foram encontrados por Agustini et al. (2015) estudando *Moringa oleifera* em diferentes estádios de maturação, onde observaram que as maiores quantidades de sementes foram nos estádios 3 e 4 (frutos marrom-claro e escuro), os mesmos estádios que a *B. guianensis*.

Com relação a biometria de sementes os maiores valores obtidos de comprimento, largura e peso foram em sementes do estágio III, e os menores valores, observados em sementes do estágio I. A morfologia de *B. guianensis* segue o padrão de distribuição anatômica para *Brosimum gaudichaudii*, também pertencente à família Moraceae, conforme estudo realizado por Jacomassi et al. (2010). As sementes de tatajuba nos diferentes estádios de maturação não apresentaram diferenças anatômicas estruturais, os mesmos resultados foram observados por Jacomassi et al. (2010) nas sementes dos frutos maduros e imaturos de *B. gaudichaudii*. A presença de mucilagem na testa da semente provavelmente contribui na retenção de água, no entanto, de acordo com Bezerra et al. (2015) a presença da mucilagem pode ser prejudicial à germinação e ao desenvolvimento das plantas por conter substâncias inibidoras da germinação. Vale ressaltar a presença de endosperma nas sementes de tatajuba, tratando-se de uma semente albuminosa, sendo pouco observado sua presença em sementes de eudicotiledôneas, principalmente para a família Moraceae como observado por Jacomassi et al., (2010) para *B. gaudichaudii* e por Arruda et al., (2017) para *Helicostylis tomentosa*, que são classificadas como sementes exalbuminosas.

O teor de umidade das sementes decresceu à medida que seu desenvolvimento aumentou, até apresentar um valor muito baixo no estágio IV, quando os frutos já se encontravam totalmente maduros. Segundo Barros Neto et al. (2014), as sementes apresentam maior teor de água após ter sido formada, em seguida, é observado um decréscimo, o qual tem duração variável com a espécie, condições climáticas e estágio de desenvolvimento da planta. Para Bewley et al. (2013), o maior teor de umidade no início da maturação é fundamental para a expansão celular e para a translocação de metabólitos da planta para as sementes e, também para o acúmulo das reservas. Fortado e Vera Cruz et al., (2021) observaram comportamento parecido para sementes de *Anadenanthera colubrina* em diferentes estádios de maturação, em que as mesmas atingiram máximo teor de umidade no estágio inicial das sementes e à medida que a maturidade das sementes evoluiu, evidenciou-se uma redução drástica do seu teor de umidade.

Os maiores teores de proteínas para *B. guianensis* foi observado para o estágio inicial de desenvolvimento da semente. Esse acúmulo de proteínas em sementes nos estádios iniciais segundo Duarte et al., (2020) pode estar relacionado à maior necessidade de tipos proteicos ou enzimas para controlar os processos metabólicos de divisão celular e a formação de novas substâncias. Redução nos valores de proteínas ao longo do período de maturação das sementes também foram observados por Silva et al. (2018) em sementes de *Jatropha curcas* (L.), que observaram maiores conteúdos de

proteínas totais em sementes obtidas de frutos amarelos logo após a colheita. No entanto, resultados divergentes aos encontrados neste trabalho também foram identificados durante o desenvolvimento de *Tylosema esculentum* espécie nativa da África (Mosele et al., 2011) e para *Pongamia pinnata* (L.), espécie nativa da Índia (Pavithra Gowda e Shivanna, 2014), que revelaram um aumento no conteúdo de proteínas nos estádios finais de maturação das sementes.

As glutelinas, prolaminas, albuminas e globulinas são proteínas de reserva, cuja função é armazenar macronutrientes como nitrogênio, carbono e enxofre, exercendo um importante papel ao desenvolvimento das sementes e à germinação, sendo essas utilizadas para a formação de novos tecidos do embrião (Marcos-Filho, 2015; Silva., 2019). As prolaminas são mais abundantes nas gramíneas, as glutelinas são encontradas em cereais e as globulinas e albuminas são predominantes em dicotiledôneas (Souza et al., 2012). As glutelinas, que são uma das principais proteínas de reserva em espécies monocotiledôneas e incomuns em dicotiledôneas, predominaram em sementes de *B. guianensis*, também observado para sementes de outras espécies nativas florestais de diferentes famílias, como observadas por Souza et al. (2012) em *Mizilaurus itauba* (Lauraceae), *Byrsonima lancifolia* (Malpighiaceae) e *Eschweilera ovata* (Lecythidaceae) e por Pupin et al. (2017) *Myracrodruon urundeuva*. Para Zhao et al. (2018) a mobilização de proteínas de reserva pode ocorrer durante o processo de maturação da semente, e em menor grau durante germinação e estabelecimento de plântulas, o que pode justificar a abundância na espécie estudada.

Para os conteúdos de aminoácidos solúveis totais observou-se relação inversa aos resultados de proteínas (Figura 5). Diversos autores destacam que os aminoácidos sofrem variações ao longo do processo de desenvolvimento embrionário e germinativo, visto serem biomoléculas associadas aos eventos germinativos. Azevedo Neto et al. (2009) destaca que o aumento dos teores de aminoácidos está relacionado à degradação de proteínas. Resultados divergentes aos observados nesse trabalho foram identificados durante o estudo da maturação de sementes de *Acacia mangium* realizado por Silva (2015), onde maiores valores de aminoácidos nos estádios iniciais da maturação e redução com o desenvolvimento das sementes. O aumento de aminoácidos nos estádios finais observados para tatajuba pode estar associado ao período de acumulação de reservas, visto que houve decréscimo de proteínas durante o processo de maturação das sementes. Para Pieruzzi (2009), o aumento dos conteúdos de aminoácidos está ligado à função que estes compostos exercem como agente osmóticos, necessários ao processo germinativo das sementes.

As concentrações dos açúcares solúveis totais (AST) e açúcares redutores (AR), no início do desenvolvimento das sementes foi maior quando comparado aos demais estádios de maturação (Figura 7). Estes dados coincidem com os reportados por Caccere et al. (2013) em sementes de *Inga vera* espécie nativa do Brasil, onde observaram intensa redução nas concentrações AR no final da maturação de sementes, no entanto, se diverge quanto às concentrações de AST, que cresceram exponencialmente ao longo do desenvolvimento das sementes. O maior teor de AST nos estádios iniciais está relacionado pelo composto ser um dos principais componentes de reserva do embrião, responsável por fornecer energia para o desenvolvimento das sementes. Smeekens et al. (2010) afirmam que a disponibilidade de açúcares é um importante orientador do crescimento e desenvolvimento embrionário e da germinação, uma vez que atua como substrato intermediário para o metabolismo. Geralmente, na fase inicial do embrião pode haver maior acúmulo de carboidratos, antes do acúmulo de outras reservas como lipídios e proteínas, seguida de redução durante o desenvolvimento embrionário (Souza et al., 2018), resultado esse que ocorreu com as sementes de tatajuba, com maiores teores de AST e AR nos estádios iniciais de desenvolvimento das sementes.

Os teores de AST e AR foram maiores nos estádios iniciais de maturação da tatajuba, e essa relação com o amido, geralmente ocorre de forma inversa (Figura 7), devido esses açúcares, tais como a glicose, serem os precursores da biossíntese de amido (Beltrão e Oliveira, 2007) e essenciais para

o metabolismo celular das sementes. Observou-se que a diminuição no conteúdo de AST coincidiu com o aumento no teor de amido nos estádios de desenvolvimento das sementes. Resultados semelhantes ao deste trabalho foram observados por Caccere et al. (2013) para *Inga vera* e por Souza et al. (2018) para *Hevea brasiliensis* L., onde os autores observaram aumento de amido ao longo do desenvolvimento das sementes. Esse aumento do amido no final da maturação pode estar relacionado a uma preparação da semente para germinação, uma vez que a semente necessita da disponibilização rápida de energia e a quebra de lipídios é mais lenta e demanda um maior gasto de energia (Souza et al., 2018). Apesar do amido não ser a principal reserva das sementes de tatajuba, o acúmulo desse material de reserva a partir do estágio II indicam a maturação fisiológica das sementes.

*B. guianensis* foi classificada como uma semente oleaginosa, devido à sua maior proporção de extrato etéreo encontrado em suas sementes, correspondendo a 34%. Resultado inferior a este foram observados por Lopes et al. (1999) analisando a caracterização química dos frutos de *Pourouma cecropiifolia*, nativa da Amazônia, pertencente à família Moraceae. Baleroni et al. (2002), em trabalho realizado sobre composição bioquímica de sementes de algumas espécies florestais, entre elas *Brosimum gaudichaudii*, destacaram altos teores de proteínas, lipídios e carboidratos nas sementes. Valores semelhantes de açúcares solúveis totais foram observados em estudo realizado por Solanki et al. (2020), analisando a composição bioquímica de sementes maduras de três espécies pertencentes à família Moraceae, onde verificou-se 2,2 g de AST presente em 100g de farinha de semente de *Artocarpus heterophyllus*. No entanto, valores inferiores de proteínas e amido foram observados para tatajuba quando comparados as sementes de *Artocarpus heterophyllus*, *A. altilis* e *A. integer*, que obtiveram valores médios de 7,9 g proteína e 13,2 g amido em 100g de farinha das sementes.

Sementes de *B. guianensis* obtidas de frutos com coloração 5 GY 4/4 com pigmentação aparente verde, classificada como estágio I, apresentaram-se com embrião totalmente formados, e apesar dos menores valores biométricos, os teores de AST (3,59%), PST (2,13%) e AR (1,42%) foram observados em grandes quantidades nesse estágio de desenvolvimento das sementes. No entanto, as outras substâncias de reservas aminoácidos (0,87%) e amido (3,31%) foram observadas em maiores quantidades nos estádios finais de maturação. O acúmulo de amido ocorre principalmente a partir do estágio II (31,29 mg/g MS), onde sugere-se que as sementes já tenham atingindo a maturidade fisiológica.

## **5 Conflito de Interesses**

Os autores declaram que a pesquisa foi realizada na ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que pudessem ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

## **6 Contribuições autorais**

Raírys Herrera e Alisson Reis contribuíram com a concepção do estudo, da revisão, análise da literatura e redação. Dhyene Rayne Becker contribuiu com o desenvolvimento do projeto, edição da revisão, redação e avaliação dos dados.

## **7 Financiamento**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo do mestrado e ao auxílio financeiro no projeto PROCAD –AM/CAPES.

## **8 Referências**

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1-20. Doi: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

Agustini, M. B., Wendt, L., Paulus, C., & Malavasi, M. M. (2015). Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal*, 1(1), 11-17.

Araújo, F.S.; Felix, F.C. e Pacheco, M.V. (2014) – Estádios de maturação do fruto na emergência de plântulas de *Pritchardia pacifica*. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 8 (5), p. 29-32. Doi: [mail: http://dx.doi.org/10.19084/RCA16043](http://dx.doi.org/10.19084/RCA16043)

Baleroni, C.R.S., Moraes, M.L.T., Moraes, S.M.B, Souza, C.S. & Sá, M.E. 2002. Composição química de sementes das espécies florestais mamica-de-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Tréc), marolo arbóreo (*Annona crassiflora* Mart.), marolo rasteiro (*Annona dioica* St. Hil.), chichá-do-cerrado (*Sterculia striata* St. Hil. ex Turpin) e imbuia (*Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso). *Ciências Agrárias e da Saúde* 2:28-32.

Barroso, G.M., Morin, M.P., Peixoto, A.L. & Ichaso, C.L.F. Frutos e sementes. (1999). *Morfologia aplicada à sistemática de Dicotiledôneas*. Viçosa, Editora UFV.

Barros Neto, J. J. S.; Almeida, F. A. C.; Queiroga, V. P.; Gonçalves, C.C. *Sementes: estudos tecnológicos*. Aracaju: IFS, 285 p., 2014.

Beltrao, M. E. N. (2007) *Biossíntese e Degradação de Lipídios, Carboidratos e Proteínas em Oleaginosas*. Campina Grande, 61p. (Embrapa Algodão. Documentos, 178)

Bezerra, A. K. D., Silva, G. Z. D., Nascimento, L. C. D., Bruno, R. D. L. A., & Medeiro, J. G. F. (2015). Extração da mucilagem em sementes de *Genipa americana* L. visando o potencial fisiológico. *Revista Ciência Agronômica*, 46, 786-791.

Bewley, J. D.; Bradford, K. J.; Hilhorst, H. W. M.; Nonogaki, H. (2013). *Seeds – physiology of development, germination and dormancy*. Ed.3 (Springer: New York), 392.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.*, 72, 248.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p.

Caccere, R., Teixeira, S. P., Centeno, D. C., Figueiredo-Ribeiro, R. de C. L., & Braga, M. R. (2013). Metabolic and structural changes during early maturation of *Inga vera* seeds are consistent with the lack of a desiccation phase. *Journal of Plant Physiology*, 170(9), 791–800. doi:10.1016/j.jplph.2013.01.00

Cardoso, D. , Särkinen, T. , Alexander S. , Amorim, A. M., Bittrich V., Celis M., Daly, D. C., Fiaschi, P., Funk, V. A. , Giacomini, L. L., Goldenberg, R., Heiden, G. , Iganci, J.[...] (2017) Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list *Anais da Academia Nacional de Ciências*. 114 (40) 10695-10700; Doi: 10.1073/pnas.1706756114

Dantas, A. L., Silva, S. D. M., Dantas, R. L., Sousa, A. S. B. D., & Schunemann, A. P. P. (2016). Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38, 33-42. Doi: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-271/14>

De Oliveira Manoel, R., Alves, P. F., de Moraes, M. A., da Silva, J. R., Cornacini, M. R., Sasaki, J. L. S., ... & de Moraes, M. D. L. T. (2015). Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de uma população natural de *Luehea divaricata* Mart. *Revista Cultura Agronômica*, 24(1), 53-62. Doi: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2015v24n1p53-62>

Duarte, E. F., Almeida, D. S., dos Santos, J. A., Santos, C. H. B., de Azevedo Neto, A. D., Cruz, C. R. P., & Peixoto, C. P. (2020). Maturação de frutos e sementes de inháíba (*Lecythis lurida*-Lecythidaceae). *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, 17(1), 15-34. Doi: <https://doi.org/10.5216/rbn.v17i1.57700>

EMBRAPA (2002). *Tatajuba – Bagassa guianensis* Aubl. Família Moraceae - Embrapa Amazônia Oriental Recomendações técnicas. (Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental). <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/402658/1/Tatajuba.pdf> [Acessado em 10 de janeiro de 2021]

EMBRAPA. Espécies arbóreas da Amazônia. Nº 5: Tatajuba *Bagassa guianensis*. p. 6, 2004.

Fortado Vera Cruz, M. S., de Matos Malavasi, M., Pinguelli Ristau, A. C., Contro Malavasi, U., & Lopes Dranski, J. A. (2021). Maturidade de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Ciência Florestal* (01039954), 31(1). Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509835444>

Henning, F. A., Mertz, L. M., Jacob Junior, E. A., Machado, R. D., Fiss, G., & Zimmer, P. D. (2010). Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, 69, 727-734. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026>

Jacomassi, E., Moscheta, I. S., & Machado, S. R. (2010). Morfoanatomia e histoquímica de órgãos reprodutivos de *Brosimum gaudichaudii* (Moraceae). *Brazilian Journal of Botany*, 33, 115-129. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100011>

Kraus, J.E. & Arduin, M. (1997) Manual básico de métodos em morfologia vegetal. (Rio de Janeiro), EDUR, *Seropédica*, 198.

Lima, CRD, Bruno, RDLA, Silva, KDRGD, Pacheco, MV, Alves, EU, & Andrade, APD (2012). Maturidade fisiológica de frutos e sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz. *Revista Brasileira de Sementes*. 34 , 231-240. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000200007>.

Lima, T. F. P., Almeida, T. H. D., Almeida, D. H. D., Christoforo, A. L., & Lahr, F. A. R. (2018). Propriedades físicas e mecânicas da madeira Tatajuba (*Bagassa guianensis*) proveniente de duas diferentes regiões brasileiras. *Matéria* (Rio de Janeiro), 23. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180003.0519>.

Lopes, D., Antoniassi, R., SOUZA, M., de CASTRO, I. M., SOUSA, N., Carauta, J. P. P., & Kaplan, M. A. C. (1999). Caracterização química dos frutos do mapati (*Pourouma cecropiifolia* Martius-Moraceae). *Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Lopes, I. S., Nóbrega, A. M. F. D., & Matos, V. P. (2014). Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) AC Smith. *Ciência Florestal*, 24, 565-572. Doi: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403005>

Marcos, J. (2015). Teste de vigor de sementes: uma visão geral das perspectivas do passado, presente e futuro. *Scientia Agrícola*, 72, 363-374. Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>

Marcos Filho, J. (2015) *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: Abrates, 37 p.

Marcos Filho, J. (2018). *Desenvolvimento (Maturação) de sementes*. Tecnologia de sementes. Produção vegetal. USP/ESALQ.

Marini, D., Dartora, J., Sander, G., & Malavasi, M. D. M. (2012). Maturação fisiológica de sementes de *Luehea grandiflora* Mart. & Zucc. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11 (1), 65-73. Doi: <https://doi.org/10.18188/sap.v1i1.4364>

McAtee, P., Karim, S., Schaffer, RJ, & David, K. (2013). Uma interação dinâmica entre os fitormônios é necessária para o desenvolvimento, maturação e amadurecimento dos frutos. *Frontiers in Plant Science*, 4, 79.

Mosele, MM, Hansen, Å. S., Hansen, M., Schulz, A., & Martens, HJ (2011). Composição centesimal, análise histoquímica e localização microestrutural de nutrientes em sementes imaturas e maduras de feijão marama (*Tylosema esculentum*) - Uma leguminosa alimentar subutilizada. *Food Chemistry*, 127 (4), 1555–1561. doi: 10.1016 / j.foodchem.2011.02.017

Miller, G. (1959) L. Uso de reagente ácido dinitrosalicílico para determinação da redução de açúcar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.

Munsell, a. H. *Munsell book of color. Macbeth*. Division of Koll Margen Corporation. Baltimore: 1976.

Pavithra, HR, Gowda, B., & Shivanna, MB (2014). Alterações bioquímicas na composição das sementes em desenvolvimento de *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. *Industrial Crops and Products*, 53, 199-208.

Pederneiras, L.C.; Machado, A.F.P.; Molina, J.M.P.; Ribeiro, J.E.L.S.; Santos, O.D.A.; Teixeira, M.D.R.; Mattos, L.; Vianna Filho, M.D.M.; Gaglioti, A.L.; Santos, A.D. Moraceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB167>. [Acessado em 18 de janeiro de 2021].

Pieruzzi, F. P. (2009). Quantificação de aminoácidos, poliaminas, AIA, ABA e marcadores protéicos na germinação de sementes de *Ocotea odorifera*. [Dissertação/Mestrado em Ciências] – [São Paulo – SP], Universidade de São Paulo – USP, 69

Pivetta, M. Estoque finito na Amazônia. Pesquisa FAPESP. 2005. <https://revistapesquisa.fapesp.br/2005/05/01/estoque-finito-na-amazonia> [Acessado em 13 de novembro de 2020].

Pupin, S., Ribeiro Júnior, W. A., Alzate-Marin, A. L., Moraes, M. A. de, Silva, J. R. da, & Moraes, M. L. T. de. (2017). Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de aroeira procedente de uma população antropizada. *Nativa*, 5(5), 349-354. Doi: 10.31413/nativa.v5i5.4371

Ribeiro-Oliveira, J. P., & Ranal, M. A. (2014). Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? *Ciência Florestal*, 24, 771-784. Doi: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403024>

Rios, M. N. S.; Junior Pastore, F.; Viana, C. A. S.; Paiva, A. O.; Rocha, N. M. S.; Arimoro, O. A.; Sukanuma, E.; Guerra, C. D., Alvez, M. M.; Pastore, J.(2011). A Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral. (Brasília- DF): Universidade de Brasília, Biblioteca Central, 3140 p.

Rubio, F., Meneghel, A. P., Gomes, L. F. S., & de Matos Malavasi, M. (2013). Estádios de maturação do fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 663-668. Doi: : 10.5433/1679-0359.2013v34n2p663

Schulz, D. G., Oro, P., Volkweis, C., Malavasi, M. D. M., & Malavasi, U. C. (2014). Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. *Floresta e Ambiente*, 21, 45-51. Doi: <https://doi.org/10.4322/floram.2014.007>.

Silva, D.J. (1990). *Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos*. (Viçosa, MG): Universidade Federal de Viçosa, 165 p.

Silva, A., Aguiar, I. B., Damião-Filho, C. F., & Durigan, J. F. (1998). Caracterização morfológica e química de frutos e sementes de canela-preta (*Ocotea catharinensis* Mez.–Lauraceae). *Rev. Inst. Flor*, 10, 217-228.

Silva, L. B. D., Martins, C. C., Machado, C. G., & Nakagawa, J. (2009). Estádios de colheita e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de mamoneira. *Revista Brasileira de Sementes*, 31, 50-59.

Silva, LJD, Dias, DCFDS, Milagres, CDC, & Dias, LADS (2012). Relação entre o estágio de maturação do fruto e a qualidade fisiológica de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 36, 39-44. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000100005>

Silva, M. D. D. (2015). Maturação de frutos e sementes de *Acacia mangium* Willd (Master's thesis, Brasil).

Silva, L. J. D., Dias, D. C. F. D. S., Sekita, M. C., & Finger, F. L. (2018). Peroxidação de lipídios e enzimas antioxidativas em sementes de *Jatropha curcas* L. armazenadas em diferentes estágios de maturação. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.34978>.

Silva, G. R. (2019). *Produção, tecnologia e armazenamento de sementes*. Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A192 p.

Smeeckens, S., Ma, J., Hanson, J., & Rolland, F. (2010). Sugar signals and molecular networks controlling plant growth. *Current Opinion in Plant Biology*, 13 (3), 273-278. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.12.002>

Souza, L. C. D., de Sá, M. E., de Moraes, B., Maria, S., Camillo de Carvalho, M. A., da Silva, M. P., & Abrantes, F. L. (2012). Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais Pente de Macaco, Flor de Paca, Itaúba, Jatobá e Murici Manso. *Bioscience journal*, 478-483.

Souza, V.C.; Lorenzi, H. (2012). *Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III*. (Nova Odessa): Instituto Plantarum, 768 p.

Souza, GA, Dias, DC, Pimenta, TM, Cardoso, A. Á., Pires, RM, Alvarenga, AP, & Pícoli, EA (2018). Morpho-anatomical, physiological and biochemical changes in rubber tree seeds. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 , 1625-1641. Doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170340>

Solanki, S., Bhardwaj, R., Vasudeva, R., Chourey, S., & Archak, S. (2020). Biochemical Composition of Pulp and Seed of Wild Jack (*Artocarpus hirsutus* Lam.) Fruit. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(4), 659–660. Doi:10.1007/s11130-020-00849-5

Srimathi, P.; Mariappan N.; Sundaramoorthy, L.; Sudhakar, K. (2013) Studies on floral phenology, fruit and seed maturation and harvest index based on fruit colour in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. *African Journal of Plant Science*, 7(11): 513-520. Doi: <https://doi.org/10.5897/AJPS2013.1077>

Trancoso, ACR, Dias, DCFDS, Picoli, EADT, Silva Júnior, RAD, Silva, LJD, & Nascimento, WM (2021). Alterações anatômicas, histoquímicas e fisiológicas durante a maturação de sementes de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). *Revista Ciência Agronômica* , 52 . Doi: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210048>

Yemm, E.W.; Willis, A.J.(1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*. Colchester. 57, 508-514.

Yemm, E.W.; Cocking, E.C. (1955). The Determination of Amino Acids with Ninhydrin. *Analyst*, 80, 209-213.

Zhao, M., Zhang, H., Yan, H., Qiu, L., & Baskin, CC (2018). Mobilização e papel das reservas de amido, proteína e gordura durante a germinação de sementes de seis espécies de pastagens selvagens. *Frontiers in Plant Science* , 9 , 234.

Este capítulo está formatado nas normas da revista Frontiers, disponível em:

<https://www.frontiersin.org/submission/submit>

**Capítulo II: Alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação  
de *Dicypellium caryophyllaceum* (Lauraceae)**

## Alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação de *Dicypellium caryophyllaceum* (Lauraceae)

Dhyene Rayne Dos Santos Becker<sup>1\*</sup>, Rairys Cravo Herrera<sup>2</sup>, Alisson Reis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará, 68372-040– Altamira, PA, Brasil.

<sup>2</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Universidade Federal do Pará, 68372-040– Altamira, PA, Brasil

**\* Correspondência:**

correspondente drayneagro@gmail.com

### Resumo

*Dicypellium caryophyllaceum* é uma espécie pertencente à família Lauraceae, que ocorre na Floresta Amazônica do Brasil, conhecida popularmente como pau-cravo em referência ao aroma de todos os órgãos da planta. Devido a exploração ocorrida ao longo dos séculos, a *D. caryophyllaceum* é extremamente rara no território brasileiro. Diante da importância dos estudos básicos e avançados de sementes e devido à ausência de estudos de informação sobre a espécie, este estudo teve como objetivo caracterizar as alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação das sementes de *Dicypellium caryophyllaceum*. No estudo foram analisados biometria, morfoanatomia, coloração e aspectos bioquímicos durante a maturação dos frutos. Foram caracterizados 2 estádios de desenvolvimento das sementes. A espécie foi classificada como fruto tipo drupa devido a presença de endocarpo rígido conforme observado na anatomia. A análise de composição bioquímica da semente madura de *D. caryophyllaceum* demonstrou um conteúdo de 19% de lipídios, sendo a semente classificada como oleaginosa, devido à sua maior proporção de extrato etéreo. Observaram-se alterações nos conteúdos de proteínas, açúcares e amido nos diferentes estádios de maturação, sendo os maiores valores de AST (3,99%), AR (3,22%) e PST (1,58%) observados em maiores quantidades nas sementes do estágio I, com fruto de coloração verde. Os maiores valores de aminoácidos (0,13%) e amido (10%) foram observados no fruto maduro, representado pelo estágio II. Os indicadores visuais de maturidade são úteis em condições de campo, podendo auxiliar na realização da colheita dos frutos e obtenção de sementes de melhor qualidade, evitando a colheita de sementes em épocas tardias de forma a evitar o ataque de pragas.

**Palavras-chave:** Bioquímica<sub>1</sub>; Desenvolvimento<sub>2</sub>; Espécie florestal<sub>3</sub>; Nativa da Amazônia<sub>4</sub>; Pau cravos<sub>5</sub>;

### 1. Introdução

A família Lauraceae encontra-se na ordem Laurales, a qual está inserida na classe Magnoliopsida, correspondendo ao clado eudicotiledônea (APG IV, 2016). A família reúne cerca de 50 gêneros e mais de 2500 espécies (De Souza Assis et al., 2005). De acordo com dados da Flora do Brasil (2020) em uma sinopse para o país, a família reúne cerca de 27 gêneros e 467 espécies, sendo 239 espécies e 4 gêneros, com 1 subespécie e 6 variedades, endêmicos do Brasil. As lauráceas destacam-se entre as demais famílias pela sua importância econômica, onde parte das espécies da família tem sido utilizadas pelas indústrias para a fabricação de diversos produtos como pela sua madeira de

qualidade (Itaúba - *Mezilaurus itauba*), perfume (Pau Rosa - *Aniba rosaeodora*), frutos comestíveis (Abacate - *Persea americana*), especiarias (Canela - *Cinamomum zeylanicum*, pau-cravo - *Dicypellium caryophyllaceum*), entre outros usos.

*Dicypellium caryophyllaceum* (Mart.) Nees ocorre na Floresta Amazônica do Brasil, Equador e Peru (Salomão e Rosa, 2012), conhecida popularmente como pau-cravo (De Souza Donini et al., 2016) em referência ao aroma de todos os órgãos da planta. A espécie é considerada uma árvore de porte médio, que pode atingir até 20 m de altura, com flores miúdas de coloração rósea-avermelhadas, com frutos carnosos, pequenos e bastante aromáticos (Zoghbi et al., 2013). Conhecida popularmente como pau-cravo, a espécie, também apresenta outros nomes populares como cravo-do-Pará, cravo-do-Maranhão, cravo-do-mato ou cravo em casca (Salomão e Rosa, 2012; Fausto, 2013; Donini et al., 2016).

O pau-cravo é uma espécie de uso múltiplo, empregado na indústria de cosméticos, na produção de perfume, na alimentação, além de ser medicinal (Fausto, 2013). Os principais produtos, obtidos da espécie, são a madeira e óleo. Devido a exploração ocorrida ao longo dos séculos, a *D. caryophyllaceum* é extremamente rara no território brasileiro (Salomão e Rosa, 2012), e com isso, é extremamente escassa as informações sobre a espécie, principalmente relacionado a morfologia, biometria, bioquímica, germinação e desenvolvimento inicial, estudos esses essenciais para subsidiar a diversidade biológica, conservação do germoplasma e auxiliar na dispersão da espécie.

Estudos sobre espécies florestais nativas são importantes para subsidiar planos de ação de conservação e manejo da diversidade biológica. Dessa forma, conhecer o momento da maturidade fisiológica das sementes possibilita a compreensão de parte dos aspectos relacionados a sua reprodução, bem como permite planejar e determinar o momento ideal de colheita, de forma a obter material de melhor qualidade (Fortado Vera Cruz et al., 2021). Um indicador comumente utilizado com objetivo de identificar a maturidade ideal de algumas espécies, principalmente para espécies florestais, é a análise da mudança de coloração, e tem se confirmado como um bom indicador da maturidade de sementes de várias espécies florestais como observado para *Anadenanthera colubrina* (Fortado Vera Cruz et al., 2021), *Albizia hasslerii* (Ristau et al., 2020), *Amburana cearenses* (Allem.) A. C. Smith. (Lopes et al., 2014) e *Jatropha curcas* L. (Rubio et al. (2013).

Análises morfoanatômicas e biometria de frutos e sementes também tem sido necessárias nos estudos das espécies nativas devido sua importância na identificação botânica e propagação das espécies (Aquino et al., 2009). Além disso, o conhecimento sobre os estudos da composição química de sementes de espécies florestais com alto potencial econômico nos vários estádios de amadurecimento das sementes colabora para o conhecimento dos fatores que afetam o desenvolvimento das espécies (Vallilo et al., 2007). As análises bioquímicas são fundamentais para entender os teores dos compostos de reserva presentes nas sementes durante os estádios de desenvolvimento (Henning et al., 2010). As reservas presentes nas sementes possuem duas funções importantes, que se relacionam com a manutenção do embrião e com o seu desenvolvimento até a formação de uma plântula (Oliveira, 2015). Os principais compostos de reserva em uma semente são lipídios, carboidratos e proteínas, bem como as proteínas de reserva como albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas. A proporção desses compostos varia entre as espécies, mesmo dentro da própria família, pois cada espécie apresenta uma mobilização de reserva diferente para formação de estruturas físicas das sementes e plântulas (Corte et al., 2006).

O conhecimento da maturação e composição bioquímica de frutos e sementes tem sido desenvolvidos principalmente para espécies agrônomicas, porém pouco aplicadas para espécies florestais. Dessa forma, entender os seus processos fisiológicos de maturação e características bioquímicas das espécies florestais nativas facilitará a escolha de melhor época para colheita (De Oliveira et al., 2020), conservação de germoplasma, desenvolvimento da espécie e produção de

mudas de alta qualidade, visto que o vigor e armazenamento são influenciados pelo teor dos compostos presente nas sementes (Carvalho e Nakagawa, 2012). Diante da importância dos estudos básicos e avançados de sementes, este estudo tem como objetivo caracterizar as alterações morfoanatômicas e bioquímicas durante a maturação das sementes de *Dicypellium caryophyllaceum*.

## 2. Material e métodos

Os frutos de *Dicypellium caryophyllaceum* foram coletados entre os meses de fevereiro e março de 2021, em cinco plantas matrizes das espécies, localizados no Travessão do Km 27, no sentido Altamira – Belo Monte, pertencente ao município de Vitória do Xingu, representada pela área 3 conforme Figura 1, sob as seguintes coordenadas geográficas: 03°19'12,26" S; 51°56'39,88" W.

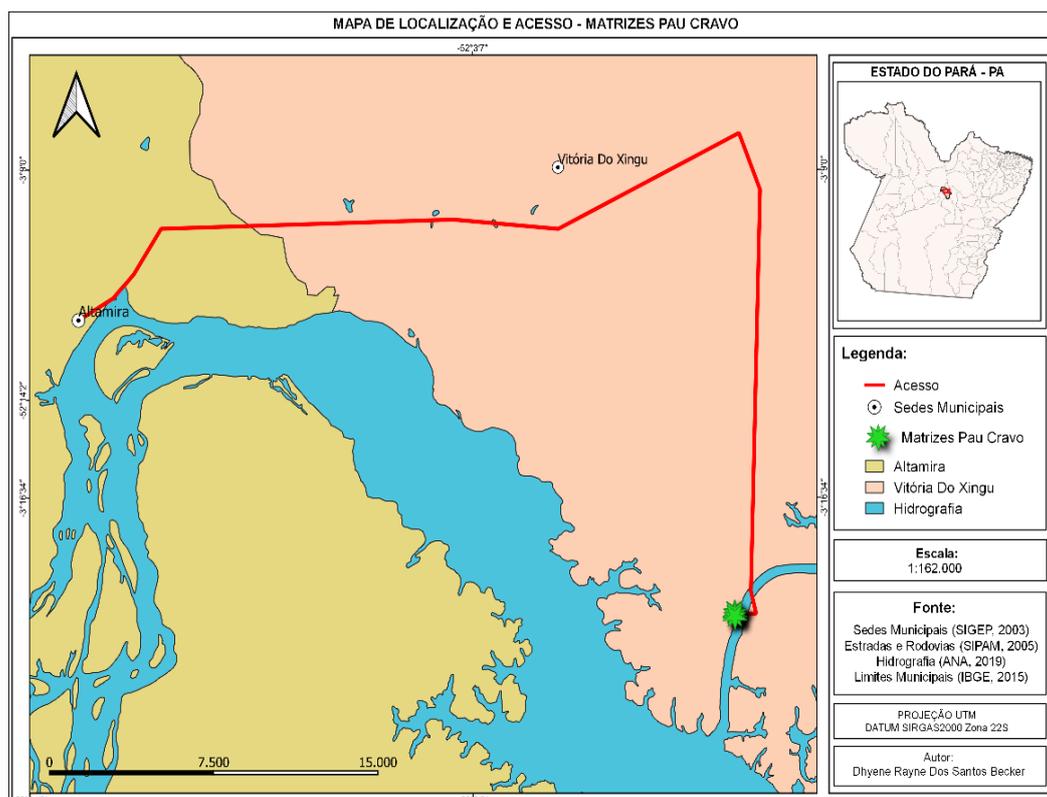


Figura 1 – Área de coletas de *Dicypellium caryophyllaceum* no município de Vitória Do Xingu.

Após colhidos, os frutos foram conduzidos para o Laboratório de Biotecnologia – BIOTEC, da Universidade Federal do Pará, onde foram triados e escolhidos apenas os frutos que não possuíam danos mecânicos e ausência de incidências de pragas e doenças. Os frutos foram colhidos manualmente da planta mãe. Os frutos com a presença de pragas foram encaminhados para análises de identificação da espécie encontrada. A confirmação da espécie foi feita com base nas características morfológicas de lagartas, pupas e adultos, utilizando-se microscópio estereoscópico e a chave taxonômica proposta por Triplehorn e Johnson (2011).

Foram coletados ramos férteis e estéreis e confeccionadas exsiccatas de *D. caryophyllaceum*, as mesmas foram incorporadas ao Herbário Padre José Maria Albuquerque (HATM) da Faculdade de Ciências Biológicas - Campus Altamira sob os números 2325 a 2332.

## 2.1. Biometria e morfoanatomia

Para as análises foram avaliadas a coloração de frutos e sementes, conforme o catálogo de cores de Munsell (1976), largura, comprimento e peso de frutos e sementes, mensurados com paquímetro digital e pesados em balança de precisão, respectivamente, e teor de umidade das sementes, determinado pelo método da estufa a  $105 \pm 3^\circ \text{C}$  durante 24 horas, conforme Brasil (2009). As descrições morfológicas de frutos e sementes foram utilizadas a metodologia e terminologia empregadas por Barroso et al. (1999) e Vicentini et al. (1999).

Para as descrições morfológicas de frutos e sementes foram utilizadas a metodologia e terminologia empregadas por Barroso et al. (1999). Para o estudo anatômico, amostras de sementes para cada estágio foram fixadas em FAA (formol, ácido acético glacial e etanol 50, 1:1:18, v/v) durante 48 horas e estocado em etanol 70%, segundo as metodologias propostas por Kraus e Arduin(1997). Para caracterização anatômica, foram realizadas secções longitudinais e transversais nas sementes com cortes a mão livre. O material foi cortado com auxílio de lâmina, clarificado com hipoclorito de sódio diluído em água destilada (1:1). Os cortes obtidos foram lavados em água destilada, seguindo-se de coloração com azul de toluidina e montados em lâmina e lamínula em glicerina.

## 2.2. Análises bioquímicas de sementes

### 2.2.1. Preparação do material para as análises bioquímicas

Para quantificação de amido, açúcares redutores, açúcares solúveis totais, proteínas solúveis totais e aminoácidos, foram utilizadas amostras de sementes com triplicatas, dos diferentes estádios de maturação. Os materiais vegetais foram secos em estufa de bancada a  $65^\circ\text{C}$  durante 48 horas. Posteriormente, o material foi triturado em moinho para realização das análises. O material seco foi armazenado e encaminhado para análises na Unidade Experimental Horto Florestal, pertencente a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), na Bahia.

### 2.2.2. Extração de biomoléculas

Para o fracionamento de proteínas sementes dos diferentes estádios de maturação foram submetidas à extração de proteínas de acordo com sua solubilidade (albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas). Inicialmente, 0,2 g de material de cada estágio foram submetidos à extração consecutiva com 5 mL de água destilada (albuminas), 5 mL de cloreto de sódio 1% (globulinas, 5 mL de etanol 80% (prolaminas) e 5 mL de hidróxido de sódio 0,1 M (glutelinas). Os extratos foram incubados a  $30^\circ\text{C}$  por 40 minutos, centrifugados em centrífuga de mesa a 3200 rpm por 15 minutos, sendo recolhidos os sobrenadantes de cada extrator separadamente.

A extração para quantificação de Aminoácidos Solúveis Totais (AA), Açúcares Solúveis Totais (AST) e Açúcares Redutores (AR) foram realizadas utilizando 0,2 g de material seco, homogeneizados em 10 mL de tampão fosfato 0,1 M com  $\text{pH} = 7$ , as amostras foram agitadas manualmente e levadas ao banho maria a  $40^\circ\text{C}$  por 30 minutos (agitando sempre) e após centrifugadas a 3200 rpm por 30 minutos, sendo utilizado o sobrenadante para quantificar as reservas.

Para extração de amido, 0,2 g de material seco foi colocado em tubo de centrífuga, homogeneizado em 10 mL de etanol 80% e incubado a  $40^\circ\text{C}$  por 10 minutos. Em seguida a amostra foi centrifugada a 4000 rpm por 20 minutos, e o sobrenadante separado do precipitado. Esse procedimento foi repetido por mais uma vez. Ao precipitado foram adicionados 10 mL de ácido perclórico a 52% para sua ressuspensão e, posteriormente, colocado em banho de gelo por 40 minutos. Após tal

procedimento, a amostra foi centrifugada a 3200 rpm por 20 minutos, a solução foi filtrada e seu volume completado para 50 mL de água destilada.

### 2.2.3. Quantificação de Proteínas e Fracionamento de Proteínas

O fracionamento de proteínas foi determinado segundo o método descrito por Bradford (1976) utilizando-se albumina sérica bovina (BSA) como padrão, e leitura em espectrofotômetro U.V em 595 nm. Para determinação das Proteínas Solúveis Totais (PST) foi realizado o somatório das proteínas de reservas (albuminas, prolaminas, globulinas e glutelinas) para cada estágio.

### 2.2.4. Quantificação de Aminoácidos Solúveis Totais

Para quantificação dos AA foi utilizado o ensaio da ninhidrina (Yemm e Coccking, 1955), tendo como padrão a glicina. A leitura foi realizada em espectrofotômetro U.V em 570 nm.

### 2.2.5. Quantificação de Açúcares Solúveis Totais, Açúcares Redutores e Amido

A determinação de AST e amido foi quantificado pelo método da Antrona proposto por Yemm e Willis (1954) utilizando como padrão a glicose, a leitura realizada em 620 nm em espectrofotômetro U.V. A quantificação de AR foi realizada pelo protocolo descrito por Miller (1959), utilizando o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), com a glicose como padrão, a leitura foi em 540 nm no espectrofotômetro U.V.

### 2.2.6. Lipídios

A extração e quantificação do teor de lipídios foram realizados em aparelho do tipo Soxhlet, pelo método de extração a frio com éter de petróleo por 4 h, conforme adaptação do método adaptado de Silva (1990), a partir de 1 g de material, com duplicatas, calculadas pela equação:

$$\% \text{ Lipídeos} = \frac{(\text{Peso balão de gordura} - \text{peso do balão}) \times 100}{\text{Peso amostra úmida}}$$

## 3. Resultados

### 3.2. Biometria e morfoanatomia

Para os frutos de *D. caryophyllaceum* foram caracterizados 2 estádios de desenvolvimento das sementes com base nas características morfológicas, com a coloração dos frutos associados a biometria de frutos e sementes, teor de umidade das sementes e teores de reservas. Foram analisados 50 frutos e 50 sementes para cada estágio. Foram definidos dois estádios de maturação (Figura 2A) de acordo com a coloração do epicarpo em: 5 GY 6/4 verde (estádio I) e 2.5 RP 1/4 roxo escuro (estádio II) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Descrição da coloração do epicarpo dos frutos em função de acordo com Munsell (1976).

| Estádios   | Pigmentação aparente | Coloração  |
|------------|----------------------|------------|
| Estádio I  | Verde                | 5 GY 6/4   |
| Estádio II | Roxo escuro          | 2.5 RP 1/4 |

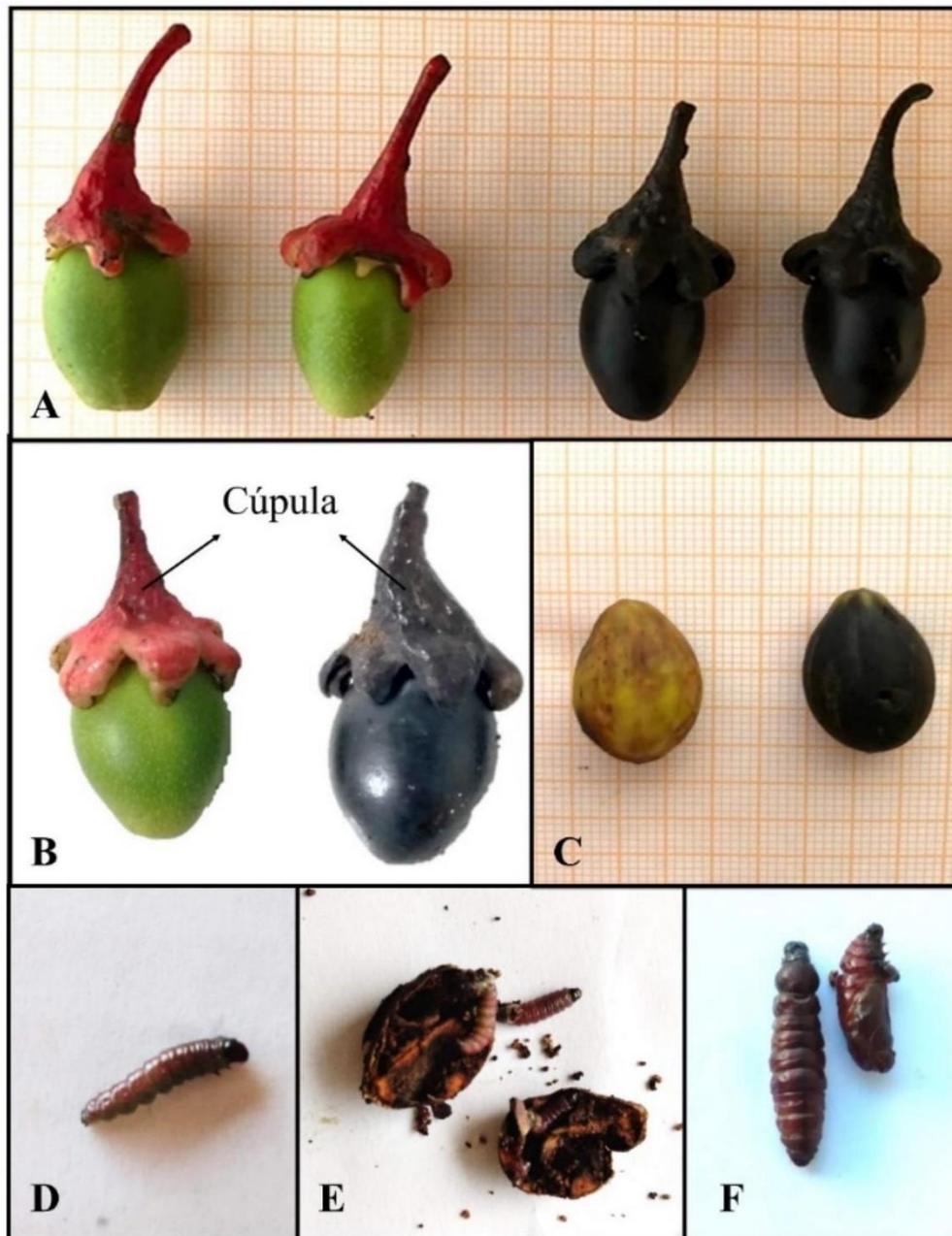


Foto: Elaborado pela autora.

**Figura 2.** (A) Coloração de frutos de *D. caryophyllaceum* em diferentes estádios de maturação. Estádio I - 5 GY 6/4 verde e 2.5 RP 1/4 púrpura. (B) Presença de cúpula em frutos. (C) Coloração de sementes de *D. caryophyllaceum* em diferentes estádios de maturação. (D) Lagarta de *Stenoma catenifer* identificada em frutos maduros de *D. caryophyllaceum*. (E) Frutos maduros atacados. (F) Pupa de *Stenoma catenifer*.

Na análise em laboratório foi possível identificar a presença de *Stenoma catenifer* (Figura 2D) em frutos maduros de *D. caryophyllaceum*, o que não foi observado para frutos verdes. *S. catenifer* foi observada no interior das sementes, conforme Figura 2E. Os insetos alimentaram-se primordialmente das sementes, destruindo-as por completo. Foi encontrada, geralmente, duas lagartas por fruto. Todos os frutos que continham as lagartas apresentavam orifícios, utilizados pelas lagartas para posterior saída dos adultos, alguns frutos já apresentavam a pupa do inseto praga (Figura 2F). Os frutos atacados pelo inseto apresentavam depósitos de excrementos e restos alimentares, próximos aos orifícios de penetração da lagarta.

A espécie *D. caryophyllaceum* é uma árvore de porte médio, que pode atingir até 20 metros de altura. Os frutos são pequenos, carnosos, indeiscente, monocárpico (característico da família),

cúpula com borda dupla e tépalas persistentes (Figura 2B), também observado por Vicentini et al. (1999) em frutos de *Dicypellium manausense*. As cúpulas presentes nos frutos variaram de coloração de acordo com o desenvolvimento da maturação dos frutos, vermelha quando fruto verde e roxo escuro quando fruto maduro.

O epicarpo do fruto é fino, liso e brilhante variando com a coloração verde quando imaturo e roxo escuro quando maduro (Figura 2A). No estágio I os frutos apresentaram comprimento de 20,65 mm e largura de 12,89 mm com peso aproximado de 2,23 g, os frutos no estágio II apresentaram comprimento de 21,49 mm com 13,42 de largura e peso médio de 2,40 g, os resultados estão relacionados com o desenvolvimento do estágio de maturação dos frutos, não apresentando diferenças significativas entre si (Tabela 2). É possível observar variação nos tamanhos dos frutos entre os estádios, sendo o peso a característica que mais variou com coeficiente de variação de 24,66% no estágio I.

**Tabela 2.** Estatística descritiva das características dos frutos nos diferentes estádios de maturação, (V-mín.), valor máximo (V-máx.), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV).

| Estádios                | Média | V-mín. | V-máx. | S    | CV (%)    |
|-------------------------|-------|--------|--------|------|-----------|
| <b>Comprimento (mm)</b> |       |        |        |      |           |
| Estádio I               | 20,65 | 15,10  | 23,03  | 2,17 | 10,508475 |
| Estádio II              | 21,49 | 17,76  | 23,56  | 0,88 | 4,0949279 |
| <b>Largura (mm)</b>     |       |        |        |      |           |
| Estádio I               | 12,89 | 9,36   | 14,66  | 1,32 | 10,240497 |
| Estádio II              | 13,42 | 10,18  | 14,9   | 1,00 | 7,4515648 |
| <b>Peso (g)</b>         |       |        |        |      |           |
| Estádio I               | 2,23  | 0,81   | 2,87   | 0,55 | 24,663677 |
| Estádio II              | 2,40  | 1,98   | 2,86   | 0,19 | 7,9166667 |

A semente de *D. caryophyllaceum* possui forma ovalado apresentando junto ao ápice um pequeno poro que corresponde ao local da micrópila. A semente é exalbuminosa (sem a presença de endosperma), o tegumento é de superfície lisa, membranáceo aderido ao endocarpo e possui coloração escura, os cotilédones são plano-convexos, envolvidos pelo tegumento, de coloração esbranquiçados (Figura 3B) que após os cortes das sementes apresentam oxidação ficando com os cotilédones na coloração marrom (Figura 3C). O embrião é axial, com amplos cotilédones, observa-se plúmula, nó cotiledonar e eixo hipocótilo-radícula bem reduzidos (Figura 3G). As sementes obtidas dos diferentes estádios variaram quanto sua coloração (Figura 2C), apresentando coloração clara quando fruto verde e coloração escura quando fruto maduro.

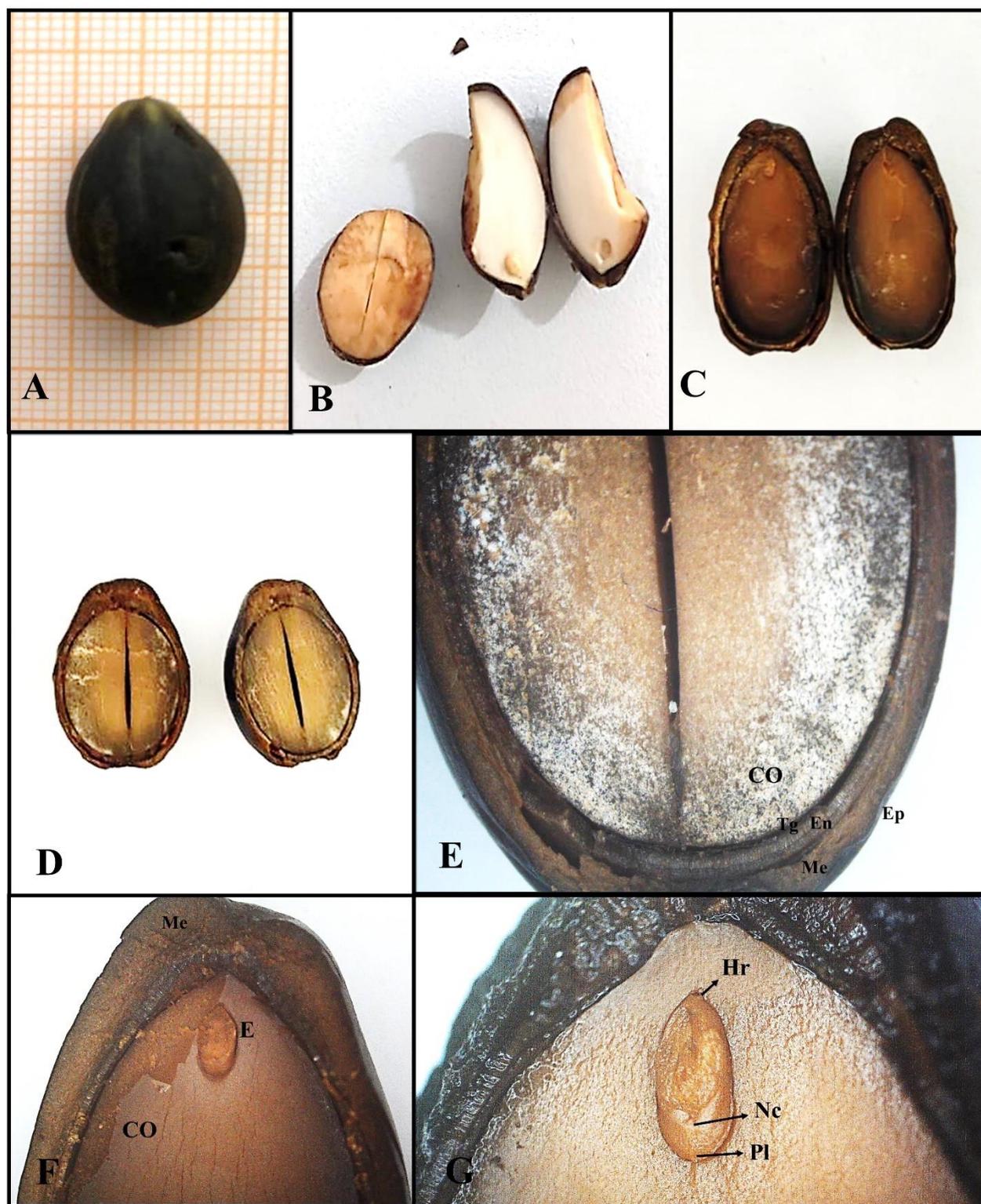


Foto: Elaborado pela autora.

**Figura 3.** (A) Semente de *D. caryophyllaceum*, (B, C) secção transversal da semente, (D, E) secção longitudinal da semente. (F, G) Semente em corte transversal com observação do eixo embrionário. Co – Cotilédone, E – Eixo embrionário, Ep – Epicarpo, En – Endocarpo, Hr – Eixo hipocótilo-radícula, Me – Mesocarpo, Nc – Nó cotiledonar, Pl – Plúmula, Tg – Tegumento.

As sementes no estágio I apresentaram comprimento médio de 16,29 mm e largura média de 10,53 mm com peso médio de 1,20 g, no estágio II as sementes apresentaram 19,72 mm de comprimento, 11,88 mm de largura e peso médio de 1,62 g. As sementes no estágio II apresentaram maiores tamanhos e peso com diferenças significativas quando comparada ao estágio I (Tabela 3). As

sementes no estágio I apresentou ampla variação (CV=31,59%) de peso, sendo uma das características das sementes que mais variou.

**Tabela 3.** Estatística descritiva das características das sementes nos diferentes estádios de maturação, (V-mín.), valor máximo (V-máx.), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV).

| Estádios                | Média | V-mín. | V-máx. | S    | CV (%) |
|-------------------------|-------|--------|--------|------|--------|
| <b>Comprimento (mm)</b> |       |        |        |      |        |
| Estádio I               | 16,29 | 11,88  | 20,31  | 2,56 | 15,71  |
| Estádio II              | 19,72 | 16,92  | 21,12  | 1,16 | 5,88   |
| <b>Largura (mm)</b>     |       |        |        |      |        |
| Estádio I               | 10,53 | 7,84   | 13,08  | 1,63 | 15,47  |
| Estádio II              | 11,88 | 10     | 13,61  | 1,16 | 9,76   |
| <b>Peso (g)</b>         |       |        |        |      |        |
| Estádio I               | 1,20  | 0,58   | 1,78   | 0,38 | 31,59  |
| Estádio II              | 1,62  | 1,18   | 2,17   | 0,22 | 13,57  |

As principais estruturas das sementes de *D. caryophyllaceum* estão ilustradas na Figura 4. O mesocarpo externo é amplo sendo a maior parte da parede do fruto, composto por células de dimensões diferentes, enquanto o mesocarpo interno, é mais restrito, composto por uma camada de 3 células menores, alongadas e estruturadas. Nessa camada ainda se observa células secretoras, com notável conteúdo oleaginoso que se dispõem ao longo do mesocarpo. O endocarpo é constituído de células prismáticas, dispostas em paliçadas. As células do cotilédone apresentam-se com dimensões diferentes e bem arredondadas, também com a presença de células oleíferas.

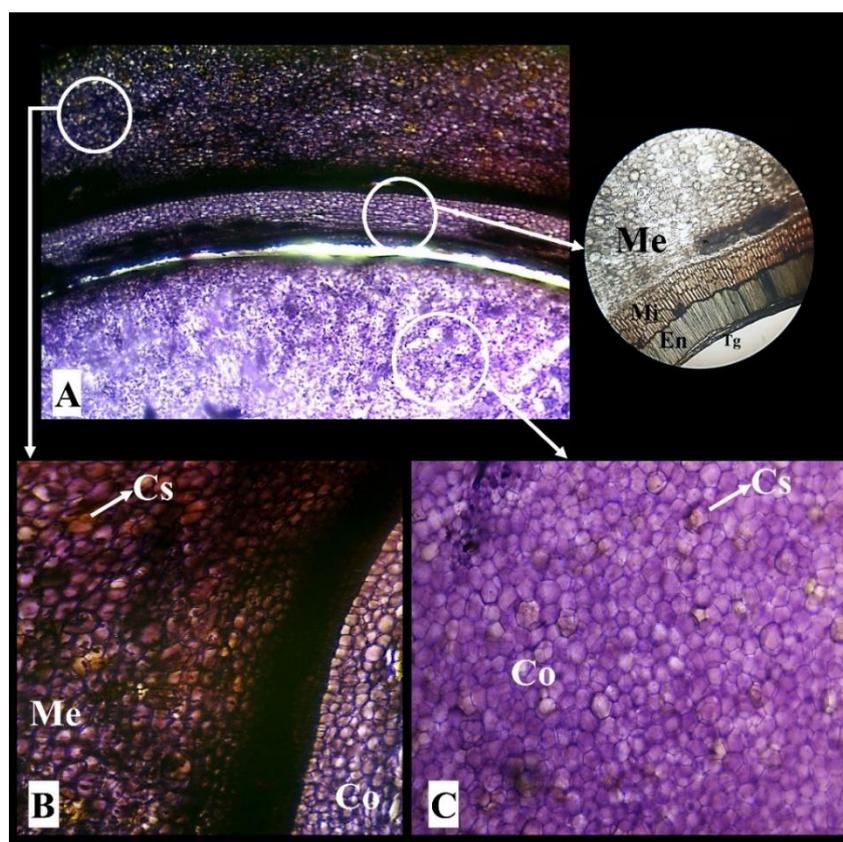


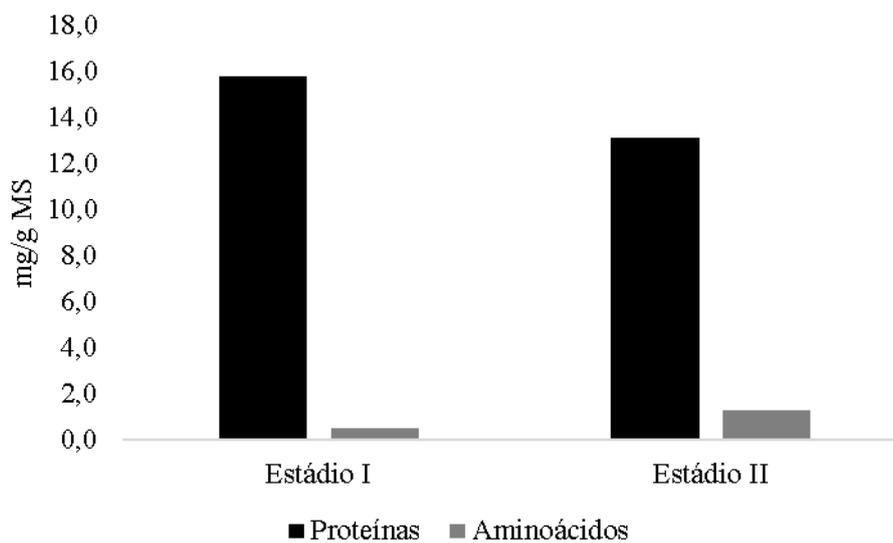
Foto: Elaborado pela autora.

**Figura 4.** (A) Corte do fruto e semente de *D. caryophyllaceum* em secção transversal. (B) Mesocarpo fruto *D. caryophyllaceum*. (C) Cotilédone *D. caryophyllaceum*. Co – Cotilédone, Cs – Células secretoras oleíferas; En – Endocarpo, Me – Mesocarpo, Tg – Tegumento.

### 3.3. Análises Bioquímicas

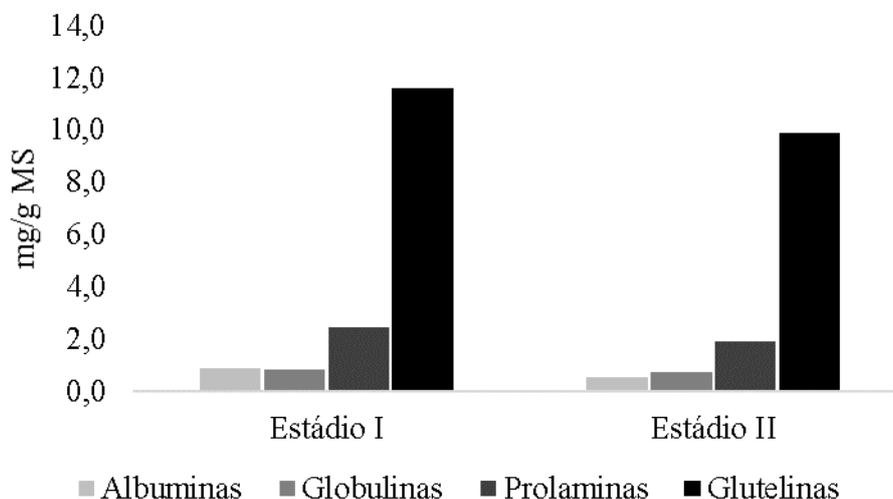
Verificou-se maior grau de umidade para sementes do estágio I com 66,1% e 48,7% de umidade no estágio II quando os frutos são considerados maduros.

As PST atingiram o seu máximo de 15,8 mg PST/ g MS no estágio I, seguido pelo estágio II com 13,1 mg PST/ g MS (Figura 5A)



**Figura 5.** Conteúdo de proteínas solúveis totais e aminoácidos solúveis totais em sementes de *D. caryophyllaceum* durante os estádios de maturação.

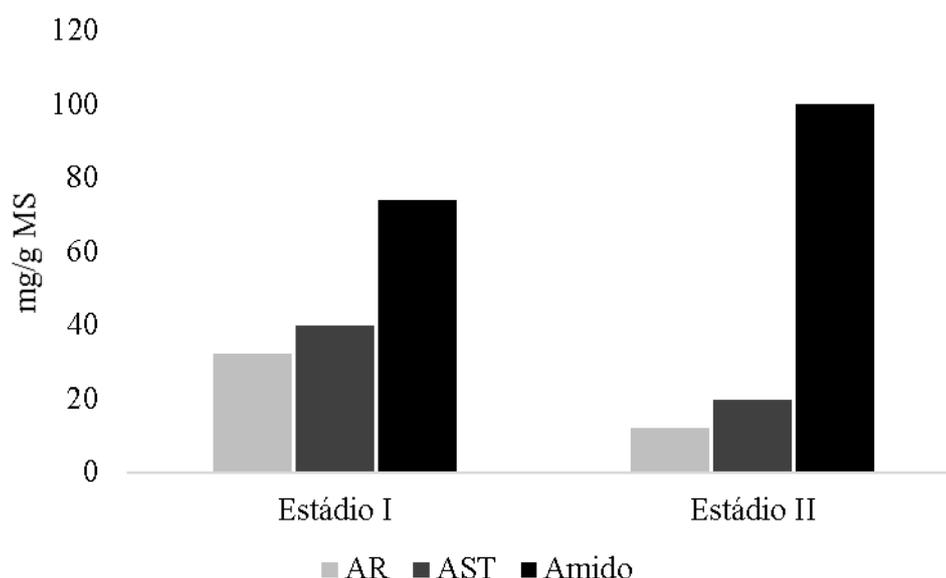
O teor das frações proteicas albuminas, globulinas, prolaminas e glutelinas das sementes de pau cravo está ilustrado na Figura 6. O teor da fração de glutelinas foi quantitativamente superior as demais frações proteicas em todos os estádios de desenvolvimento, com valores variando de 11,6 mg/g MS para 9,9 mg/g MS, no estágio I e estágio II, respectivamente.



**Figura 6.** Fracionamento de proteínas em sementes de *D. caryophyllaceum* durante os estádios de maturação

Na Figura 5B observa-se os valores de aminoácidos nos diferentes estádios de maturação de pau-cravo. O menor valor observado foi no estágio I com 0,5 mg de AA/g MS. Os maiores acúmulos de aminoácidos foram observados no estágio final da semente com 1,3 mg de AA/g MS em sementes consideradas maduras.

A Figura 7 apresentam os valores dos conteúdos de açúcares solúveis totais e açúcares redutores durante o desenvolvimento das sementes de *D. caryophyllaceum*. No estágio I as sementes revelaram um valor de 39,96 mg AST/g MS e o estágio II com 19,61 mg AST/g MS. Para açúcares redutores foi observado o mesmo decréscimo, com valores de 32,23 mg AR/g MS para o estágio I e 12,07 mg AR/g MS para o estágio II.



**Figura 7.** Conteúdo de açúcares redutores (AR), açúcares solúveis totais (AST) e amido em sementes de *D. caryophyllaceum* durante os estádios de maturação.

Na Figura 7 é possível observar os valores de amido presente durante o desenvolvimento das sementes de *D. caryophyllaceum*. O maior valor de amido é observado no último estágio de desenvolvimento da semente com 99,96 mg AST/g MS no estágio II, com menor valor observado foi para o estágio I com 73,82 mg AST/g MS.

A análise de composição bioquímica da semente madura de *D. caryophyllaceum* demonstrou que os lipídios são uma das principais reservas que compõem as sementes com um conteúdo de 19%, seguida de Amido (10%), AST (1,96%), PST (1,31%), AR (1,20%) e Aminoácidos solúveis totais (0,13%).

#### 4. Discussão

Durante o desenvolvimento do processo de maturação, foram identificadas mudanças na coloração dos frutos *D. caryophyllaceum*, conforme visualizados na Figura 2A. Segundo Anese e Fronza (2015) as alterações na coloração dos frutos ocorrem devido à síntese de pigmentos, por meio dos processos oxidativos e ação das enzimas no tegumento. Diversos trabalhos relacionam a coloração dos frutos com a maturidade fisiológica, como os observados para as espécies florestais de *Albizia hasslerii* (Ristau et al., 2020) e *Albizia niopoides* (Barbeiro et al., 2018), que observaram que

sementes obtidas de frutos com coloração marrom, correspondendo a frutos maduros apresentaram melhores taxas de germinação e vigor e com plântulas bem desenvolvidas.

Para Silva et al (2012), a colheita de sementes no momento adequado da maturação é um dos fatores que determinam a sua qualidade, visto ser um fator importante a ser levado em consideração para obtenção de sementes com alto potencial fisiológico. Segundo Lopes et al. (2014), as características de variação de cor, podem ser consideradas um bom índice para indicar a época ideal de colheita das sementes, visto ser possível identificar a maturidade das sementes em campo antes da colheita, buscando até evitar a predação de insetos nos frutos. Principalmente, devido à grande presença de predação de insetos em frutos maduros, como observados para a espécie de *D. caryophyllaceum*.

Diversos estudos revelam que a predação em sementes florestais nativas é um fenômeno comum que ocorre principalmente em frutos maduros (Costa e Paula, 2012). Hirano e Possamai (2008) estudando o estágio de maturação de frutos e germinação de três espécies de Lauraceae observaram que sementes de frutos verdes de *Ocotea* germinam, e recomendaram a colheita do fruto verde para as três espécies de *Ocotea* (*O. porosa*, *O. puberula* e *O. o dorifera*) de forma a evitar o ataque de insetos, pois o fruto verde apresentou menor ataque de insetos, em relação aos outros estádios de maturação. Resultado semelhante foi observado para a espécie em estudo, onde observou-se ataque de *Stenomoma catenifer* somente em frutos maduros. A espécie *Stenomoma catenifer* identificada atacando *D. caryophyllaceum* é uma praga-chave na cultura do abacateiro, que causa enormes prejuízos para a cultura (Reis et al., 2019). Link e Link (2008) em estudo observaram que *Nectandra megapotamica* Mez e *Cinnamomum camphora* (L.) duas espécies pertencentes a família Lauraceae são hospedeiros da broca, na ausência de frutos de abacateiro, sugerindo-se que *D. caryophyllaceum* também seja um hospedeiro do inseto. As perdas são causadas pelas larvas que depreciam o fruto externo e internamente, além de promover a queda precoce dos frutos. Os frutos que apresentavam injúrias causadas pela praga foram descartados das análises.

Os frutos e as sementes de pau cravo apresentaram diferenças significativas quanto a biometria, conforme observado na Tabela 1. Observou-se que houve grandes variações quanto ao comprimento e diâmetro, sendo o peso a característica que mais variou. Os maiores valores foram observados para o estágio II, frutos considerados maduros. Resultados semelhantes foram observados em *Inga laurina* (Schulz et al., 2014), onde obtiveram os maiores valores de diâmetro e comprimento dos frutos na coloração amarela, correspondendo ao estágio III de maturação. Para Abud et al. (2015) a variação nos valores dos dados biométricos pode ocorrer devido o processo de maturação dos frutos, que ocasionam aumento do peso e tamanho dos frutos.

Segundo Vicentini et al. (1999) e Barroso et al. (1999) a família Lauraceae tem como característica o fruto tipo baga com apenas uma semente, de forma e tamanho muito variáveis, inserida no receptáculo transformado em cúpula. No entanto, Souza e Moscheta (2000) estudando *Ocotea puberula* e *Nectandra megapotamica*, duas espécies pertencentes a família Lauraceae, destacaram que a investigação anatômica do desenvolvimento dos frutos mostrou que o tecido esclerenquimático que envolve a semente é o endocarpo, e essa estrutura única é vulgarmente conhecida “caroço” é encontrado caracteristicamente em drupas. Os frutos do tipo baga apresentam o pericarpo carnoso e tegumentos resistentes, enquanto os frutos do tipo drupa, se caracteriza por ter uma semente protegida por um endocarpo duro e lenhoso (de Paula et al., 2016), conforme observado para *D. caryophyllaceum*. que quando a semente é retirada do fruto maduro, o endocarpo rígido permanece aderido ao tegumento (Figura 3E). Portanto, os frutos de *D. caryophyllaceum* podem ser considerados como drupa. Na análise anatômica também foi possível observar uma grande quantidade de células oleíferas tanto em fruto quanto em semente, resultado semelhante observado por Souza e Moscheta (2000), dados esses que se confirmam na análise lipídica onde observou-se altos teores etéreos nas sementes.

O teor de umidade nas sementes no estágio inicial (frutos com coloração verde), encontrou-se elevado (>66%), e à medida que a maturidade evoluiu, evidenciou-se redução drástica no teor de umidade, para 48,7%. Valores semelhantes foram encontrados por Carvalho (2006) avaliando os graus de umidade de verdes e frutos escuros para sementes de *Nectandra lanceolata* (Lauraceae), obtiveram valores de 51,0% e 39,1%, respectivamente. Resultados semelhantes com redução no teor de água nas sementes durante o amadurecimento das sementes também foram observados para *Anadenanthera colubrina* (Pires Neto et al., 2016), *Inga laurina* (Schulz et al., 2014), *Jatropha curcas* L. (Silva et al., 2012). O maior teor de água no início da maturação é necessário para que os produtos fotossintetizados nas folhas, sejam translocados para formação de semente, posterior para formação de reservas (Carvalho; Nakagawa, 2012; Ducca et al., 2015; Silva et al., 2020), relação fonte e dreno, entre folhas e sementes.

Os altos teores de umidade observados nas sementes do presente estudo, sugere-se que essas sementes possuem características de sementes recalcitrantes. As sementes recalcitrantes são caracterizadas por não sofrerem dessecação natural na planta mãe ao longo da maturação, sendo dispersas com alto teor de água, que quando reduzido drasticamente, levam a rápida perda viabilidade e até a morte das sementes (Costa, 2009). Espécies do gênero *Nectandra* e *Ocotea* também foram classificadas como recalcitrantes por Carvalho et al. (2008).

Durante a maturação dos frutos de *D. caryophyllaceum* os níveis de proteínas foram ligeiramente modificados, observando-se maiores teores para o estágio inicial de desenvolvimento da semente (Figura 5). A redução das proteínas durante o desenvolvimento das sementes pode estar relacionada a sua utilização intensa no processo metabólico, relacionado a divisão celular e formação de novas substâncias (Duarte et al., 2020). Resultado semelhante ao observado para *D. caryophyllaceum* foi observado para *Jatropha curcas* (L.) por Silva et al., (2018), que observaram redução do teor de proteínas ao longo da maturação das sementes.

As proteínas de reserva divididas em glutelinas, prolaminas, albuminas e globulinas exercem um importante papel ao desenvolvimento das sementes e à germinação, sendo essas utilizadas para a formação de novos tecidos do embrião (Marcos-Filho, 2015; Silva., 2019). As prolaminas são mais abundantes nas gramíneas, as glutelinas são encontradas em cereais e as globulinas e albuminas são predominantes em dicotiledôneas (Souza et al., 2012). De Oliveira et al. (2009) destacam que a relação dessas proteínas entre si e com os demais compostos bioquímicos é fundamental para entender a estratégia de disponibilidade de energia para a viabilidade ou não da semente. As glutelinas, que são uma das principais proteínas de reserva em espécies monocotiledôneas e incomuns em dicotiledôneas, predominaram em sementes *D. caryophyllaceum*, com maior teor no estágio I (Figura 6). Resultado semelhante ao desse estudo, foi observado por Souza et al., (2012), analisando a composição química de sementes de *Mizilaurus itauba*, espécie nativa Amazônica, pertencente à família Lauraceae, onde destacou-se maior teor de glutelinas (86,24 mg.g<sup>-1</sup>) para a semente, o que pode estar relacionado ao padrão da espécie.

Segundo Pupin et al. (2017) as glutelinas são proteínas com boa qualidade nutricional e apresentam maiores teores de aminoácidos essenciais como lisina e triptofano, quanto mais aminoácidos essenciais a proteína tiver mais nobre é considerado esse alimento. Para Oliveira (2012) o uso dos índices bioquímicos de maturação poderá detectar aumento ou redução nos teores de substâncias que, sob o ponto de vista ecológico, teriam a função de atrair ou repelir o dispersor ou o predador. *D. caryophyllaceum* mostrou-se uma espécie bastante atacada por insetos, dessa forma pode-se sugerir, que pode haver uma relação entre a composição química dos frutos e ao comportamento do predador.

Os aminoácidos solúveis totais foram os solutos orgânicos com menor participação percentual nas sementes de *D. caryophyllaceum* (cerca de 0,05% e 0,13% entre os estádios I e II, respectivamente,

Figura 5). Observou-se que os conteúdos de aminoácidos nas sementes de pau cravo foram maiores em sementes do estágio II, consideradas como sementes maduras. Geralmente, o aumento dos teores de aminoácidos é relacionado à degradação de proteínas (Azevedo neto et al., 2009). O aumento do conteúdo de aminoácidos observados no estágio final da maturação de *D. caryophyllaceum*, indica que houve proteólise nas sementes e diminuição da biossíntese proteica ao longo da maturação (Figura 3A). Para Galili et al., (2014) os aminoácidos são utilizados para a síntese de proteínas como principais precursores de múltiplos metabolitos secundários, facilitando a produção de energia em sementes em desenvolvimento.

As concentrações dos conteúdos de AST e AR foram maiores nas sementes obtidas de frutos verdes de *D. caryophyllaceum* (Figura 7). Estes dados coincidem com os reportados por Duarte et al., (2020) em sementes de *Lecythis lurida*, onde os autores obtiveram maiores quantidade de AST e AR nos estádios iniciais do desenvolvimento das sementes. Ainda, segundo esses autores os maiores teores de açúcares nos estádios iniciais de maturação das sementes, ajuda a explicar as maiores concentrações de água no início do desenvolvimento, bem como o auxílio no crescimento das sementes. Na fase inicial do embrião segundo Souza et al., (2018) pode haver maior acúmulo de carboidratos, antes do acúmulo de outras reservas como proteínas e lipídios, seguida da redução durante o desenvolvimento do embrião, visto que a disponibilidade de açúcares nos estádios iniciais funciona como um importante orientador ao crescimento e desenvolvimento embrionário e da germinação (Smeekens et al., 2010).

Os teores de AST e AR foram menores nos estádios finais de maturação do pau cravo, sendo essa relação inversa com o amido, que aumentou durante a maturação das sementes, sugerindo que parte dos açúcares estão sendo direcionados para a síntese do amido. Resultado semelhante ao observado neste trabalho foram identificados durante o desenvolvimento de *Pongamia pinnata* (L.) (Pavithra et al., 2014) e *Hevea brasiliensis* L. (Souza et al, 2018), que revelaram um aumento no conteúdo de amido nos estádios finais da maturação das sementes, sugerindo que o amido foi utilizado como reserva de carbono para síntese de lipídios para as espécies. O aumento do conteúdo de amido no final da maturação das sementes pode estar associado a uma possível preparação da semente para a germinação, visto que a semente necessita de uma rápida disponibilização de energia, e devido à quebra de lipídios ser mais lenta, o seu uso só ocorre após o esgotamento das reservas de açúcares, mais precisamente do amido (Souza et al., 2018).

*D. caryophyllaceum* foi classificada como uma semente oleaginosa, devido o teor de lipídios encontrado em suas sementes correspondendo a 19%. Resultados semelhante para teor de lipídios foi observado por Simeone et al. (2009) analisando a composição química de *Ocotea porosa*, uma espécie nativa do Brasil, pertencente à família Lauraceae, os autores observaram a presença de 19,9% de lipídeo em suas sementes. Resultado inferior ao do presente estudo para proteínas e carboidratos, foram observados por Tonin et al., (2006) e Simeone et al., (2009) para *O. porosa*, onde os autores relataram valores de 3,38% de proteínas e 21,20% de carboidratos, e 2,9% para proteínas e 33,4% para carboidratos para as sementes maduras, respectivamente.

A escassez de dados na literatura, revela que há muito para ser avaliado sobre *D. caryophyllaceum*. As sementes da espécie foram caracterizadas como oleaginosas devido aos altos teores etéreos e o segundo maior conteúdo da semente madura foi o amido representando 10%. Observaram-se alterações nos conteúdos de proteínas, açúcares e amido nos diferentes estádios de maturação, sendo os maiores valores AST (3,99%), AR (3,22%) e de PST (1,58%) observados em maiores quantidades nas sementes do estágio I, com fruto de coloração verde. Os maiores valores de aminoácidos (0,13%) e amido (10%) foram observados no fruto maduro, representado pelo estágio II. Os indicadores visuais de maturidade são uteis em condições de campo, podendo auxiliar na realização da colheita dos frutos e obtenção de sementes de melhor qualidade, evitando a colheita de sementes em épocas tardias de forma a evitar o ataque de pragas.

## 5. Conflito de Interesses

Os autores declaram que a pesquisa foi realizada na ausência de quaisquer relações comerciais ou financeiras que pudessem ser interpretadas como um potencial conflito de interesses.

## 6. Contribuições autorais

Raírys Herrera e Alisson Reis contribuíram com a concepção do estudo, da revisão, análise da literatura e redação. Dhyene Rayne Becker contribuiu com o desenvolvimento do projeto, edição da revisão, redação e avaliação dos dados.

## 7. Financiamento

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo do mestrado e ao PROCAD –AM/CAPES.

## 8. Referências

APG IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1-20. Doi: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

Abud, H. F., Araújo, E. F., Araújo, R. F., Araújo, A. V., & Pinto, C. M. F. (2013). Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 1546-1554.

Agustini, M. B., Wendt, L., Paulus, C., & Malavasi, M. M. (2015). Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). *Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal*, 1(1), 11-17.

Anese, R. O.; Fronza, D. (2015). *Fisiologia pós-colheita em fruticultura*. Santa Maria : UFSM, Colégio Politécnico: Rede e-Tec Brasil.

Aquino, NF, Ajala, MC, Dranski, JA, Ignácio, VL, de Matos Malavasi, M., & Malavasi, UC (2009). Morfometria de sementes de *Jatropha curcas* L. em função da procedência. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 8 (2), 142-145.

Azevedo Neto, AD, Prisco, JT, & Gomes-Filho, E. (2009). Alterações no amino-N solúvel, proteínas solúveis e aminoácidos livres em folhas e raízes de genótipos de milho estressados em sal. *Journal of Plant Interactions*, 4 (2), 137-144.

Baleroni, C. R. S.; Moraes, M. L. T. De. Moraes, S. M. B. Souza, C. S. Sá, M. E. (2002). Composição Química de Sementes das Espécies Florestais Mamica-de-Cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trec), Marolo Arbóreo (*Annona crassiflora* Mart.), Marolo Rasteiro (*Annona dióica* St. Hil.), Chichá-do-Cerrado (*Sterculia* a St. Hil. Ex Turpin) e Imbuia (*Ocotea porosa* (Nees) L. Barroso). *Ciência Agrárias e da Saúde*. FEA, Andradina, 2(1):28–32.

Barbeiro, C., Firmino, TP, de Novaes, AHO, Romagnolo, MB, & Pastorini, LH (2018). Germinação e crescimento de *Albizia niopoides* (Benth) Burkart (Fabaceae). *Acta Scientiarum. Ciências Biológicas*, 40, 1-7.

Barroso, G.M., Morin, M.P., Peixoto, A.L. & Ichaso, C.L.F. (1999). Frutos e sementes. *Morfologia aplicada à sistemática de Dicotiledôneas*. Viçosa, Editora UFV.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.*, 72, 248.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p.

Carvalho, L. D. (2006). *Conservação de sementes de espécies dos gêneros Nectandra, Ocotea e Persea (Lauraceae)* (Doctoral dissertation, Thesis, Universidade Federal de Lavras).

Carvalho, L. R. D., Davide, A. C., Silva, E. A. A. D., & Carvalho, M. L. M. D. (2008). Classificação de sementes de espécies florestais dos gêneros Nectandra e Ocotea (Lauraceae) quanto ao comportamento no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 30, 1-9.

Carvalho, N. M.; Nakagawa, (2012) J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. Jaboticabal: Funep. 590 p.

Corte, V. B., Borges, E. E. D. L., Pontes, C. A., Leite, I. T. D. A., Ventrella, M. C., & Mathias, A. D. A. (2006). Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth.(Leguminosae-Caesalpinioideae). *Revista Árvore*, 30, 941-949.

Costa, C. J. (2009). Armazenamento e conservação de sementes de espécies do Cerrado. *Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E)*.

Costa, E. M., & Paula, R. (2012). Levantamento Preliminar dos Insetos Associados às Sementes de *Albizia polycephala* Benth em Vitória da Conquista–BA. *Scientia plena*, 8(4 (b)).

Da Silva, MP, de Sá, ME, Abrantes, FL, & de Souza, LCD (2012). Influência do molibdênio e do aplicador via semente nas frações protéicas de amendoim cv. iac 886. *Semina: Ciências Agrárias* , 33 (6), 2099-2108.

De Souza Assis, L. C.; Forzza, R. C.; Werff, H. V. D. (2005). A família Lauraceae na Reserva Biológica da Represa do Gramma, Descoberto, Minas Gerais, Brasil. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 113-139.

de Oliveira, S. A., Bonjorno, I. I., Alves, P. F., de Moraes, M. A., Freitas, M. L. M., de Moraes, M. L. T., & Polizeli, M. (2009). Genetic variation in biochemical traits in seeds of two natural populations of *Genipa americana* L.: 1-Individual and univariate analyses. *Scientia Forestalis*, 37(81), 71-78.

De Oliveira Freitas, S., de Souza Santos, Y. J., de Souza Sora, G. T., de Paula, L. C., Polesi, L. F., & Oliveira-Folador, G. (2020). Determinação de parâmetros de qualidade de frutos da região amazônica durante o amadurecimento. In: Realidades e perspectivas em Ciência dos Alimentos s [recurso eletrônico]. Editora Pantanal.

de Paula, S. R. P., Nogueira, A. C., & Angelo, A. C. (2016). Caracterização morfológica do fruto, semente, fases da germinação e plântula de *Ocotea paranaensis*. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 15(2), 103-108.

Donini, C.V.Z. S., Fiori, M.M, & dos Santos, C.F.M. (2016). Até a última árvore: extração, tráfico e consumo de pau-cravo (*Dicypellium caryophyllaceum*) na Amazônia do século XVIII. Anais eletrônicos do 15º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia.

Duarte, E. F., Almeida, D. S., dos Santos, J. A., Santos, C. H. B., de Azevedo Neto, A. D., Cruz, C. R. P., & Peixoto, C. P. (2020). Maturação de frutos e sementes de inhaíba (*Lecythis lurida*-Lecythidaceae). *Revista de Biologia Neotropical/Journal of Neotropical Biology*, 17(1), 15-34. Doi: <https://doi.org/10.5216/rbn.v17i1.57700>

Ducca, C. A., Souza, N. M. D., & Prete, C. E. (2015). Qualidade fisiológica e lipídios totais de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de épocas de colheita. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, 364-368.

Fausto, A. (2013). Pau-cravo e a herança de Belo Monte. Destaque Amazônia. *Informativo do Museu Paraense Emílio Goeldi*. 29 (63).

Fortado Vera Cruz, M. S., de Matos Malavasi, M., Pinguelli Ristau, A. C., Contro Malavasi, U., & Lopes Dranski, J. A. (2021). Maturidade de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. *Ciência Florestal* (01039954), 31(1). Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509835444>

Galili, G., Avin-Wittenberg, T., Angelovici, R., & Fernie, AR (2014). O papel da fotossíntese e do metabolismo de aminoácidos no estado de energia durante o desenvolvimento da semente. *Fronteiras em ciência de plantas*, 5, 447.

Henning, F. A., Mertz, L. M., Jacob Junior, E. A., Machado, R. D., Fiss, G., & Zimmer, P. D. (2010). Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. *Bragantia*, 69, 727-734. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026>

Hirano, E., & Possamai, E. (2008). Estádio de maturação do fruto e germinação de sementes de três espécies de Lauraceae. *Scientia Agraria*, 9(2), 219-223.

Lauraceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB143> [Acessado em 18 de jan de 2021].

Link, D., & Link, F. M. (2008). Identificação de plantas hospedeiras da broca do abacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) no Rio Grande do Sul. *Neotropical Entomology*, 37(3), 342-344.

Lopes, I. S., Nóbrega, A. M. F. D., & Matos, V. P. (2014). Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) AC Smith. *Ciência Florestal*, 24, 565-572. Doi: <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403005>

Marcos Filho, J. (2015) *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: Abrates, 37 p.

Miller, G. (1959) L. Uso de reagente ácido dinitrosalicílico para determinação da redução de açúcar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.

Munsell, a. H. *Munsell book of color. Macbeth*. Division of Koll Margen Corporation. Baltimore: 1976.

OLIVEIRA, O.S. (2012). *Tecnologia de sementes florestais: espécies nativas*. Curitiba: UFPR, 404p.

Oliveira, L. E. M. (2015). Tipos de substâncias de reserva. Temas em fisiologia vegetal. Lavras, MG: UFLA. <http://www.ledson.ufla.br/metabolismo-da-germinacao/mobilizacao-de-reservas/tipos-de-substancias-de-reserva/> [acessado em 18 de dez de 2021].

Pavithra, HR, Gowda, B., & Shivanna, MB (2014). Alterações bioquímicas na composição das sementes em desenvolvimento de *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. *Industrial Crops and Products*, 53, 199-208.

Pires Neto, P. A. F., Pires, V. C. M., Moraes, C. B., Oliveira, L. M. D., Portella, A. C. F., & Nakagawa, J. (2016). Maturação fisiológica de sementes de Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan). *Journal of Seed Science*, 38(2), 155-161.

Pupin, S., Ribeiro Júnior, W. A., Alzate-Marin, A. L., Moraes, M. A. de, Silva, J. R. da, & Moraes, M. L. T. de. (2017). Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de aroeira procedente de uma população antropizada. *Nativa*, 5(5), 349-354. Doi: 10.31413/nativa.v5i5.4371

Reis, D. S.; Lima, D. T.; Machado, L. G.; Mendonça, V. Z.; Jorge, L. G. (2019). Broca-do-fruto – Praga-chave do abacate exige cuidados redobrados. *Revista Campo & Negócios Hortifrúti*, 55 – 59 p.

Ristau, A. C. P., Cruz, M. S. F. V., de Vasconcelos, E. S., de Matos Malavasi, M., & Malavasi, U. C. (2020). Maturação Fisiológica de Sementes de *Albizia hasslerii* (Chodat) Burkart. *Cadernos de Agroecologia*, 15(4).

Rubio, F., Meneghel, A. P., Gomes, L. F. S., e de Matos Malavasi, M. (2013). Estádios de maturação do fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 663-668. Doi: 10.5433/1679-0359.2013v34n2p663

Salomão, RP, e Rosa, N.A.,. (2012). Pau-cravo: 'droga do sertão' em risco de extinção. *Ciência Hoje*, 49 (289), 46-50.

Schulz, D. G., Oro, P., Volkweis, C., Malavasi, M. D. M., & Malavasi, U. C. (2014). Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. *Floresta e Ambiente*, 21, 45-51. Doi: <https://doi.org/10.4322/floram.2014.007>.

Silva, D.J. (1990). *Análise de alimentos - métodos químicos e biológicos*. (Viçosa, MG): Universidade Federal de Viçosa, 165 p.

Silva, LJD, Dias, DCFDS, Milagres, CDC, & Dias, LADS (2012). Relação entre o estágio de maturação do fruto e a qualidade fisiológica de sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 36, 39-44. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000100005>

Silva, L. J. D., Dias, D. C. F. D. S., Sekita, M. C., & Finger, F. L. (2018). Peroxidação de lipídios e enzimas antioxidativas em sementes de *Jatropha curcas* L. armazenadas em diferentes estágios de maturação. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagr.v40i1.34978>

Silva, G. R. (2019). *Produção, tecnologia e armazenamento de sementes*. Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A192 p.

Silva, D. F., dos Santos Dias, L. A., Neves, J. C. L., & Matos, F. S (2020). Teor de óleo e proteína em grãos de pinhão manso colhidos em diferentes estádios de maturação e partes da planta. *Acta Iguazu*, 9(3), 103-112.

Smeeckens, S., Ma, J., Hanson, J., & Rolland, F. (2010). Sugar signals and molecular networks controlling plant growth. *Current Opinion in Plant Biology*, 13 (3), 273-278. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.12.002>

Souza, L. A. D., & Moscheta, I. S. (2000). Morfo-anatomia do desenvolvimento do fruto de *Ocotea puberula* (Rich) nees e de *Nectandra megapotamica* (Spreng) mez (lauracea). *Acta cient. venez*, 84-89.

Souza, L. C. D., de Sá, M. E., de Moraes, B., Maria, S., Camillo de Carvalho, M. A., da Silva, M. P., & Abrantes, F. L. (2012). Composição química e nutrientes em sementes das espécies florestais Pente de Macaco, Flor de Paca, Itaúba, Jatobá e Murici Manso. *Bioscience journal*, 478-483.

Souza, GA, Dias, DC, Pimenta, TM, Cardoso, A. Á., Pires, RM, Alvarenga, AP, & Pícoli, EA (2018). Alterações morfoanatômicas, fisiológicas e bioquímicas em sementes de seringueira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* , 90 , 1625-1641.

Souza, GA, Dias, DC, Pimenta, TM, Cardoso, A. Á., Pires, RM, Alvarenga, AP, & Pícoli, EA (2018). Morpho-anatomical, physiological and biochemical changes in rubber tree seeds. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90 , 1625-1641. Doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170340>

Simeone, M. L. F., & Kalil Filho, A. N. (2009). Composição química do fruto de Imbuia (*Ocotea porosa*) nativa do município de Colombo, PR. *Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Tonin, G. A. P.; Perez, S. C. J. G. (2006). Qualidade fisiológica de sementes de *Ocotea porosa* (Nees et Martius ex. Nees) após diferentes condições de armazenamento e semeadura. *Revista Brasileira de Sementes* [online]. 2 (28). Doi: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200004>

Triplehorn, C. A.; Johnson, N. F. (2011). *Estudos dos insetos: Tradução de Borror and Delong's introduction to the study of insects*. São Paulo, SP: Cengage Learning, 809 p.

Vallilo, M.I, Caruso, M.F., Takemoto, E., & Pimentel, S.A. (2007). Caracterização química e físico-química do óleo das sementes de *Platymiscium floribundum* Vog. (Sacambu) colhidas na fase de desenvolvimento e na época de maturação fisiológica. A caracterização química e físico-química do óleo de sementes de *Platymiscium floribundum* Vog. (Sacambu) coletou o estado de evolução e o estágio de maturação dos frutos. *Revista do Instituto Florestal* .

Vicentini, A.; van der Werff, H. & Nicolau, S. 1999. Lauraceae. In: Ribeiro, J. E. L. S.; Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A. S.; Brito, J. M.; Solza, M. A.; Martins, L. H. P.; Lohmann, L. G.; Assunção, P. A. C. L.; Pereira, E. C.; Silva, C. F. Mesquita, M. R.; Procópio, L. C (orgs). *Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central*. INPA, Manaus. 150-179 pp.

Yemm, E.W.; Willis, A.J.(1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*. Colchester. 57, 508-514.

Yemm, E.W.; Cocking, E.C. (1955). The Determination of Amino Acids with Ninhydrin. *Analyst*, 80, 209-213.

Zoghbi, MDGB, Salomão, RDP, & Guilhon, GMSP (2013). Óleos essenciais de folhas de *Dicypellium caryophyllaceum* (Mart.) Nees (Lauraceae): uma espécie quase extinta na Amazônia. *American Journal of Essential Oil and Natural Products* .1 (2): 19-2.

## Conclusão Geral

*Bagassa guianensis* é uma infrutescência composta por inúmeras sementes, que durante os estádios de maturação passa pelas colorações verde, amarelo esverdeado, marrom e marrom escuro, apresentando epicarpo grosso com tamanhos variando de 27,39 mm a 68,76 mm. A semente foi classificada como albuminosa, onde observou-se a presença de endosperma, com embrião cônico que preenche praticamente toda a semente.

*Dicypellium caryophyllaceum* foi classificado como fruto tipo drupa devido a presença de endocarpo rígido conforme observado na anatomia. Durante os estádios de maturação passa pelas colorações verde e roxo escuro, apresentando epicarpo fino e brilhante, com tamanhos de fruto variando entre 20,65 e 21,49 mm. A semente foi classificada como exalbuminosa, com embrião axial e cotilédones plano-convexos.

As sementes de *B. guianensis* e *D. caryophyllaceum* apresentaram teores em destaque de glutelinas como umas das principais proteínas de reservas. As duas espécies foram classificadas como sementes oleaginosas devido à maior proporção de extrato etéreo encontrado nas sementes, correspondendo a 34% e 19%, respectivamente. Sendo, o segundo maior conteúdo em destaque o amido com maior acúmulo nos estádios finais de maturação das sementes. Os maiores teores de PST, AST e AR foram observados para os estágios iniciais do desenvolvimento das sementes das duas espécies, enquanto aminoácidos e amido apresentaram teores de conteúdo alto nos estádios finais de desenvolvimento da semente. Os resultados encontrados neste trabalho sobre sementes em diferentes estádios de maturação evidenciaram uma correlação entre a biometria, morfologia e bioquímica.