



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**BIOLOGIA REPRODUTIVA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE**  
*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.

MARIA LÚCIA MAURÍCIO DA SILVA

Areia - PB

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



**BIOLOGIA REPRODUTIVA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE**  
*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.

MARIA LÚCIA MAURÍCIO DA SILVA

*Sob Orientação da Professora*

Dra. Edna Ursulino Alves

*e Co-Orientação da Professora*

Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento as exigências para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Areia - PB

2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S581b Silva, Maria Lucia Maurício da.

Biologia reprodutiva e maturação de sementes de  
Talisia esculenta (Cambess.) Radlk. / Maria Lucia  
Maurício da Silva. - Areia-PB, 2019.  
97f. : il.

Orientação: Edna Ursulino Alves.  
Coorientação: Lenyneves Duarte Alvino de Araújo.  
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Maturidade fisiológica. 2. pitomba. 3.  
polinização. 4. Sapindaceae. I. Alves, Edna  
Ursulino. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**BIOLOGIA REPRODUTIVA E MATURAÇÃO DE SEMENTES DE  
*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.**

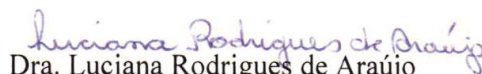
**AUTORA: MARIA LÚCIA MAURÍCIO DA SILVA**

Defendida como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA em  
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão examinadora:

  
Profª. Dra. Edna Ursulino Alves  
(Orientadora - DFCA/CCA/UFPB)

  
Profª. Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo  
(Co-Orientadora - DCB/CCA/UFPB)

  
Dra. Ana Patrícia Rocha  
(Examinadora - Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Recife)

  
Dra. Luciana Rodrigues de Araújo  
(Examinadora - SEDUC/PMA)

  
Profª. Dra. Naysa Flávia Ferreira do Nascimento  
(Examinadora - DFCA/CCA-UFPB)

  
Profª. Dra. Silvana de Melo Silva  
(Examinadora - DQF/CCA-UFPB)

Data da realização: 28/02/2019  
Presidente da Comissão Examinadora  
Drª. Edna Ursulino Alves  
Orientadora

Gente não nasce pronta e vai se gastando,  
Gente nasce não-pronta e vai se fazendo.  
(Mário Sérgio Cortella)

Ao meu pai, Francisco Clementino da Silva (*in memoriam*), que em vida foi o meu maior exemplo de dignidade, amor e honestidade.

Saudade eterna!

***DEDICO***

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho não significa apenas a obtenção do título de Doutora em Agronomia, uma vez que foram inúmeras as dificuldades encontradas ao longo de toda a minha vida. Deus, entretanto, na sua infinita bondade e misericórdia, me capacitou para que eu pudesse concluir, com dignidade, mais uma etapa, e por isso, sinto-me no dever de expressar a minha gratidão:

A Deus, minha fonte inesgotável de Esperança e Fé! Sem Ele eu jamais teria chegado até aqui.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, na pessoa do Coordenador Professor Dr. Mailson Monteiro do Rêgo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa estudos durante o Doutorado.

À Profa. Dra. Edna Ursulino Alves, pela orientação, estímulo e pela oportunidade ímpar em fazer parte de sua equipe e a Profa. Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo, pela co-orientação e contribuição incalculável para a execução desse trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Dra. Ana Patrícia Rocha, Dra. Luciana Rodrigues de Araújo, Profa. Dra. Naysa Flávia Ferreira do Nascimento e Profa. Dra. Silvanda de Melo Silva, por contribuírem para a melhoria deste trabalho.

Aos proprietários e moradores das áreas nas quais os experimentos foram executados: Maria Helena Florêncio da Silva, Marizete Rodrigues da Silva, Marielza Rodrigues da Silva, Sebastião da Silva e Maria Joelma da Silva, do Sítio Viração; Carlos Eugênio, da Fazenda São Patrício; e Ana Paula da Silva Araújo, do Engenho Vaca Brava, agradeço por possibilitarem e/ou auxiliarem na realização desse trabalho.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos e experiências compartilhadas durante o Doutorado, em particular a Profa. Dra. Silvanda de Melo e Silva, por quem tenho profunda admiração e ao Prof. Carlos Henrique de Brito.

Ao amigo de longa data, Dr. Francisco Thiago Coelho Bezerra, pela ajuda com as análises estatísticas. Ao taxonomista Pedro C. Gadelha Neto (Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal, CCA, UFPB) pela identificação da espécie vegetal em estudo, boas conversas e conhecimentos compartilhados. Ao Dr. Saulo Antônio Alves de Lima (Herbário Jaime Coêlho de Moraes, CCA, UFPB), Rui Barbosa da Silva e Severino Francisco dos Santos (Laboratório de Análise de Sementes, CCA, UFPB) pela colaboração.

Aos meus familiares, em especial meus pais, Francisco Clementino da Silva (*in memoriam*) e Maria do Carmo Maurício de Souza, pela vida concedida; à minha sobrinha, Tais Borges da Silva e minha cunhada, Ivone Borges da Silva, que são bênçãos de Deus na minha vida!

Aos meus colegas de Laboratório: Caroline M. Rodrigues, Edlânia Maria de Souza, Maria Joelma da Silva, Maria das Mercês S. S. Neta, Maria das Graças R. do Nascimento, Rosemere dos S. Silva e Saulo Juvêncio, por colaborarem com a execução desse trabalho e, aos demais, pela convivência harmoniosa.

Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para a execução deste trabalho.



Silva, Maria Lúcia Maurício da. **Biologia reprodutiva e maturação de sementes de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.** 110f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 02/2019. Orientadora: Profa. Dra. Edna Ursulino Alves. Co-orientadora: Profa. Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo.

## RESUMO GERAL

A pitombeira [*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae)], espécie nativa da região amazônica e com ampla ocorrência na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, é explorada na recomposição de matas ciliares, construção civil, medicina popular e agricultura. Apesar do seu potencial econômico e ecológico, não há informações sobre sua biologia reprodutiva e tecnologia de produção de suas sementes. Esse trabalho teve como objetivo estudar a biologia reprodutiva e determinar o ponto de maturidade fisiológica das sementes da espécie *T. esculenta*, contribuindo com informações para manejo, propagação e conservação da espécie. Os experimentos foram conduzidos em áreas de ocorrência natural de *T. esculenta*, no município de Areia, PB. No primeiro experimento, foram estudados aspectos da biologia reprodutiva e a eficiência do sistema de polinização da espécie. As flores dos indivíduos femininos são morfológicamente hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas, devido à presença de anteras não-deiscentes, características que a classifica como androdioica e indicam que o sistema sexual da espécie possa estar em processo evolutivo para dioicia. A viabilidade polínica foi maior nos indivíduos femininos, entretanto, indivíduos masculinos produzem uma maior quantidade de flores por inflorescência e de grãos de pólen por flor, cuja germinação do tubo polínico foi influenciada pela concentração de sacarose e tempo de incubação. Os frutos oriundos dos testes de polinização natural e cruzada manual entre indivíduos masculino e feminino apresentaram maior número e qualidade. No segundo experimento foram determinadas características físicas e morfológicas de frutos e sementes, além da emergência e vigor de plântulas de *T. esculenta*. No decorrer da maturação, o teor de água de frutos e sementes reduziu à medida que a massa seca, a emergência e o vigor das sementes aumentaram. Os frutos de *T. esculenta* devem ser colhidos com o epicarpo amarelo-amarronzado e o embrião rosa intenso. A maturidade fisiológica das sementes ocorre entre 98 e 126 dias após a antese, entretanto as dimensões de frutos e sementes não são um bom indicador de sua maturidade.

**Palavras chave:** Maturidade fisiológica, pitomba, polinização, Sapindaceae.

Silva, Maria Lúcia Maurício da. **Reproductive biology and seed maturation of *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.** 110f. Thesis (Doctor in Agronomy), Federal University of Paraíba, Areia, PB. 02/2019. Advisor: Profa. Dra. Edna Ursulino Alves. Co-Advisor: Profa. Dra. Lenyneves Duarte Alvino de Araújo.

## OVERVIEW

The pitombeira [*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae)], a native species of the Amazon region and with a large occurrence in the Caatinga, Cerrado and Atlantic Forest, is explored in the restoration of riparian forests, civil construction, folk medicine and agriculture. Despite its economic and ecological potential, there is no information about its reproductive biology and seed production technology. The objective of this work was to study reproductive biology and to determine the physiological maturity point of the seeds of the *T. esculenta* species, contributing with information on the management, propagation and conservation of the species. The experiments were conducted in areas of natural occurrence of *T. esculenta*, in the city of Areia, PB. In the first experiment, aspects of the reproductive biology and the efficiency of the pollination system of the species were studied. The female flowers are morphologically hermaphrodite, but functionally pistillated, due to the presence of non-dehiscent anthers, characteristics that classify it as androdio and indicate that the sexual system of the species may be in an evolutionary process for dioecia. Pollen viability was higher in females; however, males produced more flowers per inflorescence and pollen grains per flower, whose germination of the pollen tube was influenced by sucrose concentration and incubation time. The fruits from the natural and manual cross-pollination tests between male and female individuals presented higher numbers and quality. In the second experiment were determined the physical and morphological characteristics of fruits and seeds, besides the emergence and vigor of *T. esculenta* seedlings. During maturation, the water content of fruits and seeds decreased as the dry mass, emergence and vigor of the seeds increased. The fruits of *T. esculenta* should be harvested with the yellow-brown epicarp and the intense pink embryo. The physiological maturity of the seeds occurs between 98 and 126 days after the anthesis, however the dimensions of fruits and seeds are not a good indicator of their maturity.

**Key words:** Sapindaceae, pitomba, pollination, physiological maturity.

## Lista de Figuras

### Artigo I - Biologia reprodutiva de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae)

- Figura 1. *Talisia esculenta* (Cambess) Radlk. (Sapindaceae), Areia, Paraíba, Brasil. A: Inflorescência de indivíduo feminino. B: Inflorescência de indivíduo masculino. C: Flor hermafrodita com estames curtos e anteras indeiscentes circundando o carpelo. D: Flor estaminada com estames longos e pubescentes e anteras deiscentes. E: Grãos de pólen viáveis (corados de rosa intenso) e inviáveis (corados de azul claro); F: Germinação do tubo polínico de grãos de pólen de flor estaminada..... 58
- Figura 2. Germinação *in vitro* de grãos de pólen de flores estaminadas de *Talisia esculenta*, em diferentes concentrações de sacarose e períodos de incubação, Areia, Paraíba, Brasil..... 59

### Artigo II - Maturação de sementes de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.

- Figura 1. Pluviosidade e temperaturas máxima e mínima do município de Areia, PB, antes e durante a execução do experimento: 2015 (A), 2016 (B) e 2017 (C). (Fonte: Estação Meteorológica UFPB, CCA, Campus II, Areia, PB)..... 88
- Figura 2. Comprimento, largura e espessura de frutos (A, B e C) e de sementes (D, E e F) de *Talisia esculenta* de diferentes safras e colheitas..... 89
- Figura 3. Teor de água (A e B) e massa seca (C e D) de frutos e sementes de *Talisia esculenta* de diferentes safras e colheitas..... 90
- Figura 4. Emergência (A), primeira contagem de emergência (B) e índice de velocidade de emergência (C) de plântulas de *Talisia esculenta* provenientes de sementes de diferentes safras e colheitas..... 91
- Figura 5. Comprimentos de raiz primária (A) e parte aérea (B) e, massa seca de raízes (C) e de parte aérea (D) de plântulas de *Talisia esculenta* provenientes de sementes de diferentes safras e colheitas..... 92

## Lista de Tabelas

### Artigo I - **Biologia reprodutiva de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae)**

- Tabela 1. Morfometria das inflorescências e flores de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil. Valores médios de comprimento de inflorescência (CI), número de flores por inflorescência (NF/I), comprimento de corola (CCo), diâmetro de corola (DCo), comprimento de carpelo (CCa), comprimento de estames (CEs), número de óvulos (Ov/F) e de estames (Es/F) por flor... 56
- Tabela 2. Valores médios do número de grãos de pólen total (GPT/F), viável (GPV/F) e inviável (GPI/F) por flor, viabilidade e razão pólen/óvulo (P/O) em populações naturais de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil..... 56
- Tabela 3. Análise de variância para frutos formados observados aos 30 e 60 dias após a polinização (F30dap e F60dap, respectivamente), Peso (PF), comprimento (CF), largura (LF) e espessura (EF) de frutos provenientes dos sistemas de polinização cruzada manual e controle de populações naturais de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil..... 56
- Tabela 4. Número de flores polinizadas (NFP), porcentagem de frutos observados aos 30 e 60 dias após polinização (F30dap e F60dap) e médias de peso (PF), comprimento (CF), largura (LF) e espessura (EF) de frutos provenientes de polinização cruzada manual e controle de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil..... 56
- Tabela 5. Coeficientes de Correlação de Spearman (rs) entre número de flores polinizadas (NFP), frutos formados observados aos 30 e 60 dias após antese (F 30dap e F 60dap), peso, comprimento, largura e espessura de frutos de *Talisia esculenta*, aos 60 daa, provenientes de diferentes sistemas de polinização..... 57

## Artigo II - Maturação de sementes de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.

Tabela 1.	Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimados entre as variáveis climatológicas (temperatura média (T), pluviosidade (P) e umidade relativa do ar (UR) e comprimento, largura e espessura de frutos (CF, LF e EF) e de sementes (CS, LS e ES), teor de água de frutos (TAF) e de sementes (TAS), e massa seca de frutos (MSF) e de sementes (MSS) de <i>Talisia esculenta</i> de diferentes safras e colheitas.....	93
Tabela 2.	Estádios de maturação de frutos e sementes de <i>Talisia esculenta</i> de diferentes colheitas, nas safras 2016 e 2017, baseados na coloração visual do epicarpo e embrião, e aspectos da polpa.....	93
Tabela 3.	Resumo da análise de variância para emergência (E), primeira contagem de emergência (PC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimentos de raiz primária (CR) e parte aérea (CPA) e massa seca de raízes (MSR) e parte aérea (MSPA) de plântulas de <i>Talisia esculenta</i> de diferentes safras e colheitas.....	94
Tabela 4.	Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimados entre o comprimento, largura e espessura de frutos e sementes (CF, LF, EF, CS, LS e ES), teor de água e massa seca de frutos e sementes (TAF, TAS, MSF e MSS), emergência (E), primeira contagem de emergência (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimentos de raiz primária (CR) e parte aérea (CPA) e massa seca de raízes (MSR) e parte aérea (MSPA) de plântulas de <i>Talisia esculenta</i> , provenientes de sementes colhidas na safra 2016.....	95
Tabela 5.	Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimados entre o comprimento, largura e espessura de frutos e sementes (CF, LF, EF, CS, LS e ES), teor de água e massa seca de frutos e sementes (TAF, TAS, MSF e MSS), emergência (E), primeira contagem de emergência (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimentos de raiz primária (CR) e parte aérea (CPA) e massa seca de raízes (MSR) e parte aérea (MSPA) de plântulas de <i>Talisia esculenta</i> , provenientes de sementes colhidas na safra 2017.....	96

## SUMÁRIO

1. Introdução Geral.....	1
2. Referencial Teórico.....	3
2.1. <i>Talisia esculenta</i> : taxonomia.....	3
2.2. Importância sócio-econômica de <i>Talisia esculenta</i> .....	5
2.3. Biologia floral e reprodutiva na família Sapindaceae.....	6
2.4. Maturação e indicadores de maturidade fisiológica de sementes.....	9
2.4.1. Dimensões e coloração de frutos e sementes.....	12
2.4.2. Teor de água e massa seca de frutos e sementes.....	14
2.4.3. Germinação e vigor de sementes.....	16
3. Referências bibliográficas.....	19

### **Artigo I - Biologia reprodutiva de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae)**

Resumo.....	38
Introdução.....	39
Material e Métodos.....	40
Resultados.....	44
Discussão.....	47
Conclusões.....	51
Referências.....	51

### **Artigo II - Maturação de sementes de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.**

Resumo.....	61
Abstract.....	62
Introdução.....	62
Material e Métodos.....	64
Resultados.....	66
Discussão.....	70
Conclusões.....	78
Referências Bibliográficas.....	78
Conclusões Gerais.....	97

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk., conhecida como pitombeira, pitomba, olho-de-boi, pitomba-da-mata, pitombarana, feijão-cru e pitomba-de-macaco é uma arbórea florestal da família Sapindaceae, nativa da região amazônica (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2015), que através do extrativismo chegou ao Nordeste e Sudeste do Brasil (CAVALCANTI et al., 2001). Atualmente a espécie tem ampla ocorrência na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2015), possui potencial madeireiro, florestal e comercial, é empregada na construção civil para estruturas internas e é indicada para reflorestamentos em áreas de mata ciliar (LORENZI, 2016).

Os frutos (pitombas) são comercializados em feiras-livres, rodovias e supermercados das regiões Norte e Nordeste (GOMES, 1975), onde sua polpa é consumida *in natura* ou utilizada como matéria-prima na fabricação de compotas, geleias e doces (GUARIM NETO et al., 2003). Embora alguns autores tenham realizado estudos visando conhecimento sobre como os fatores bióticos e abióticos influenciam a qualidade fisiológica das sementes e o desenvolvimento das mudas de *T. esculenta* (VIEIRA; GUSMÃO, 2008; ALVES et al., 2009; PEREIRA et al., 2011; MENDONÇA et al., 2012; ALVES et al., 2013; ÉDER-SILVA; ARAÚJO, 2014; RIBEIRO, 2014; CARDOSO et al., 2015; SILVA, 2015; SENA et al., 2016; TOSTA et al., 2017), ainda é incipiente o conhecimento científico sobre a biologia reprodutiva e a tecnologia de produção de sementes da espécie.

Estudos sobre a biologia reprodutiva contribuem com o desenvolvimento de estratégias para o melhoramento, a conservação genética e a produção de sementes das espécies (GUSSON et al., 2006). Essa produção, geralmente é proporcional à quantidade de pólen disponível para a polinização, dessa forma, quanto mais eficiente o processo de polinização, maior será a competição para fecundar os óvulos, resultando em uma maior porcentagem de sementes formadas (MARCOS FILHO, 2015). A partir do conhecimento dos sistemas reprodutivos é possível elucidar as causas de aborto de frutos e sementes (BAWA, 1979), uma vez que na maioria das plantas com flores, os óvulos dão origem a sementes viáveis, porém, em muitas outras, os óvulos podem não ser fertilizados ou os embriões ainda podem sofrer aborto durante o processo de desenvolvimento das sementes (BAWA; WEBB, 1984).

A semente é o único meio de propagação para a maioria das espécies florestais (BORGES, 2008), e sua qualidade depende diretamente de critérios adotados por ocasião da colheita, em especial a maturidade fisiológica (BARBOSA et al., 2015). As sementes devem

ser colhidas quando atingirem o ponto de maturidade fisiológica, momento caracterizado pelo máximo acúmulo de massa seca, acentuada perda de água, alterações no aspecto externo dos frutos, e sementes expressando o máximo potencial de germinação e vigor (POPINIGIS, 1985; PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Diante dessas considerações, o objetivo deste trabalho foi estudar a biologia reprodutiva de *T. esculenta* e determinar o ponto de maturidade fisiológica de suas sementes.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. *Talisia esculenta*: taxonomia, biologia e distribuição geográfica

A família Sapindaceae Juss. apresenta cerca de 141 gêneros e 1.900 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais (ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2017). No Brasil esta família está representada por aproximadamente 418 espécies, distribuídas em 28 gêneros (SOMNER et al., 2015), com 126 espécies de ocorrência na Mata Atlântica nordestina (BFG, 2015). Dentre os gêneros ocorrentes nas Américas, *Allophylus* L. (250), *Cupania* L. (50), *Matayba* Aubl. (50), *Paullinia* L. (190), *Serjania* Mill. (230) e *Talisia* Aubl. (52) se destacam pelo número de espécies (ACEVEDO-RODRÍGUEZ et al., 2010). *Talisia* está entre os 24 gêneros nativos (SOUZA; LORENZI, 2008) de ocorrência na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (SOMNER et al., 2015).

A espécie *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (sinonímia botânica *Sapindus esculentus* Cambess.), conhecida como pitombeira, pitomba, olho-de-boi, pitomba-da-mata, pitombarana, feijão-cru e pitomba-de-macaco, é nativa da Amazônia, ocorrendo também na região fronteira ao Norte do Brasil (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2015). Através do extrativismo chegou ao Nordeste e Sudeste, adaptando-se as áreas de cerrado e cerrado do Centro-Oeste brasileiro (CAVALCANTI et al., 2001).

A espécie é classificada em perenifolia ou semidecídua e heliófita, característica da floresta pluvial, a qual é encontrada tanto no interior de matas densas primárias, como em formações secundárias, mas sempre em várzeas aluviais e fundos de vales por quase todo o Brasil, além da Bolívia e Paraguai (GUARIM NETO et al., 2003; LORENZI, 2016). Na região Nordeste, *T. esculenta* é encontrada nas capoeiras ralas de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2015).

Os indivíduos de *T. esculenta* são de porte arbóreo, com altura variando de 4-8 m, diâmetro de 30 a 40 cm, fuste cilíndrico, estriado, acinzentado e lenticeloso, ramos cilíndricos e estriados, copa frondosa, folhas pari ou imparipenadas, opostas ou alternas, desde ovaladas até pouco obtusas com 2 a 5 pares de folíolos opostos ou alternos, face abaxial com tricomas muito esparsos, e na face adaxial, brilho e nervura central mais proeminente (LORENZI, 2016). As flores são pequenas, brancas e de aroma agradável, distribuídas em panículas terminais, com florescimento de agosto a outubro (GUARIM NETO et al., 2003), podendo estender-se até o início do ano seguinte (LEDERMAN et al., 2012), dependendo da região de ocorrência.

A produção de frutos (pitombas) é anual, ocorrendo após dez anos do plantio, os quais na fase inicial do seu desenvolvimento, com até 1 cm de comprimento, foram descritos como sendo quase ovóides e quando maduros foram caracterizados como quase globosos e pouco pubescentes (GUARIM NETO et al., 2003), geralmente monospérmicos, medindo cerca de 3,25 cm de comprimento e 2,63 cm de diâmetro, com média de massa fresca e rendimento de polpa de 15,02 e 3,35 g, respectivamente (GUARIM NETO et al., 2000; VIEIRA; GUSMÃO, 2008).

O cacho de *T. esculenta* contém de 10 a 20 frutos, com arilo agridoce, variando de branco a transparente quando maduros, sendo muito agradáveis ao paladar (GOMES, 1975). A coloração do epicarpo dos frutos maduros foi descrita como marrom (7.5 YPI 6/4), enquanto as sementes foram caracterizadas pelo formato alongado, testa avermelhada *in vivo*, envolvida por um arilo róseo-esbranquiçado (ÉDER-SILVA; ARAÚJO, 2014).

A propagação da pitombeira é preferencialmente por sementes (ROMAHN, 2007), as quais são alongadas, testas avermelhadas após o beneficiamento e escuras quando secas, cotilédones espessos, simétricos e superpostos ao embrião (GUARIM NETO et al., 2003), medindo cerca de 2,51 e 1,36 cm de comprimento e diâmetro, respectivamente, e massa fresca de 4,49 g (VIEIRA; GUSMÃO, 2008). As sementes de *T. esculenta* são classificadas como recalcitrantes, portanto, dispersas com alto teor de água, constatando-se perda da viabilidade em aproximadamente 15 dias (SOUZA; LORENZI, 2005; LORENZI; MATOS, 2006). Na pesquisa de Silva (2015), sementes acondicionadas em sacos de polietileno, com teor de água de 39,88 a 41,40% e armazenadas em geladeira, mantiveram-se sem perda significativa da viabilidade e vigor inicial por apenas 40 dias.

Em relação ao beneficiamento das sementes de *T. esculenta*, Alves et al. (2009) recomendaram a fermentação por até 105 horas para a remoção completa do arilo (polpa), sem perda de qualidade fisiológica, enquanto Cardoso (2011) indicou a fricção em areia ou pó de madeira, bem como fermentação em água com ou sem açúcar por até quatro dias. Para sementeira, Alves et al. (2013) recomendaram as profundidades de 2,5 a 3,0 cm com o hilo voltado para cima ou na vertical.

A emergência de plântulas de *T. esculenta*, classificada como hipógea, ocorre entre 15 e 30 dias após a sementeira, com elevada porcentagem de emergência (SOUZA; LORENZI, 2005). Para a condução de testes de germinação, a indicação foi a temperatura alternada de 20-30 °C ou constante de 30 °C e para testes de vigor em casa de vegetação, recomenda-se os substratos areia e vermiculita como os mais adequados (ÉDER-SILVA; ARAÚJO, 2014).

## 2.2. Importância sócio-econômica de *Talisia esculenta*

A comercialização dos frutos (pitombas) de *T. esculenta* nas feiras-livres, supermercados e ruas do Nordeste começa no mês de janeiro e se estende até agosto, onde mais de 90% de toda a oferta está concentrada nos meses de abril e julho, com picos de produção em abril (23,4%) e maio (31,4%) (SENA, 2014), enquanto em Belém (PA), região Norte do país, a colheita da pitomba ocorre de setembro a dezembro (VILLACHICA, 1996). A dispersão das pitombas ocorre por barocoria ou zoocoria através da avifauna (ornitocoria), principal dispersora de suas sementes (JUSTINIANO; FREDERICKSEN, 2000; FREIRE et al., 2002; ROMAHN, 2007; VIEIRA; GUSMÃO, 2008)

A pitomba e seus derivados são utilizados na culinária das regiões Norte e Nordeste, cuja polpa é consumida *in natura* e utilizada na fabricação de compotas, geleias e doces, cujo sabor lembra o damasco (*Prunus armeniaca* L.) (VIEIRA; GUSMÃO, 2008). A polpa da pitomba, além de atividade antioxidante (SOUZA et al., 2016; FRAGA, 2018), possui características físicas, químicas e funcionais de excelente qualidade, com alto teor de proteína, flavonoides e carotenoides, de sólidos solúveis e vitamina C (QUEIROGA, 2015).

*T. esculenta* é indicada para o plantio e recuperação de matas ciliares, devido às características adaptativas ao ambiente ripário, combinadas com o desenvolvimento moderado das mudas e abundante produção de sementes (LORENZI, 2002; VIEIRA; GUSMÃO, 2006); além de sua utilização como porta-enxerto (PEREIRA et al., 2011; MENDONÇA et al., 2012). A sua madeira está entre as mais densas do Brasil, possuindo densidade maior que 1 ( $D > 1,0$ ), porém não tem boa estabilidade, racha e empena com facilidade e não flutua (GONZAGA, 2006). De textura média e baixa resistência ao apodrecimento, tem sido empregada em caixotaria e carpintaria, em obras internas na construção civil, como forros, molduras, batentes, tábuas para assoalho (LORENZI, 2016), lenha e carvão (CORDEIRO, 2012).

Na medicina popular, as folhas são utilizadas para combater “dores nos quadris” e problemas renais (GUARIM-NETO et al., 2000). As sementes são adstringentes e combatem o diabetes, enquanto o chá das folhas é utilizado, por meio de infusão, para amenizar a desidratação e quando cozidas, por decocção, tratam diarreia crônica (BANCO DE DADOS NON WOOD, 1999). A referida espécie pode ser explorada como fonte de antioxidantes devido à presença de diversos metabólitos secundários como flavonas, flavonoides, xantonas, alcaloides e saponinas no arilo das sementes (SOUZA et al., 2012), e compostos que a torna um agente potencial na quimioprevenção e tratamento de câncer (NERI-NUMA et al., 2014).

Na agricultura, estudos têm evidenciado o potencial de *T. esculenta* para inibir o crescimento de alguns fungos como *Fusarium oxysporum* L. (fusariose), *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scrib. (antracnose do feijoeiro) e *Saccharomyces cerevisiae* Meyen (levedura) (FREIRE et al., 2002) e também pode ser usada para controlar larvas de determinados insetos, como *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) e *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (carunchos do feijão - coleóptera) (MACEDO et al., 2002; 2011). As folhas e o epicarpo do fruto contêm tanino, a seiva é irritante à pele (CORRÊA, 1974) e a espécie tem potencial de uso para produção apícola, produção de óleos e ceras (SAMPAIO et al., 2005).

A importância sócio-econômica de *T. esculenta* nas regiões Norte e Nordeste é um fato concreto, entretanto, os frutos comercializados ainda advêm do extrativismo e cultivo em quintais sem nenhum uso de tecnologia voltada à sua produção (ALVES et al., 2013; RIBEIRO, 2014). Nos últimos anos tem-se observado um número crescente de publicações científicas em relação a diversos aspectos de *T. esculenta*, porém não foram encontradas referências a respeito do processo de maturação de suas sementes, bem como informações sobre aspectos da biologia floral, da polinização e potencial reprodutivo.

### **2.3. Sistema sexual e biologia reprodutiva na família Sapindaceae**

A dioícia, sistema sexual no qual se observa a presença de indivíduos masculinos e femininos, de uma mesma espécie, em uma população de plantas (LENZA; OLIVEIRA, 2005), ocorre em cerca de 6% das Angiospermas (RENNER; RICKFLES, 1995) e caracteriza-se pela produção de flores exclusivamente estaminadas (masculinas) ou pistiladas (femininas) em diferentes indivíduos (TANURDZIC; BANKS, 2004). Nas Angiospermas, a dioícia é o resultado de uma sequência evolutiva devido a fatores como a redução de endogamia, especialização sexual e seleção disruptiva (BAWA, 1980).

As espécies dioicas produzem flores geralmente pequenas e pouco especializadas (IBARRA-MANRÍQUEZ; OYAMA, 1992; OLIVEIRA, 1996), com cores claras e inconspícuas (GIVNISH, 1982; SAKAI et al., 1995). As diferenças de tamanho e atratividade entre flores masculinas e femininas são características sexuais secundárias que funcionam como estratégias adaptativas, possibilitando o fluxo direcional de pólen a estigmas coespecíficos (GRANT, 1995).

Sapindaceae Juss. é uma família monofilética (BUERKI et al., 2009), pertencente à ordem Sapindales (APG IV, 2016), que abriga espécies em sua maioria monoicas, raramente dioicas ou poligâmicas (AVALOS et al., 2017; SOLÍS et al., 2017). Nesta família, a dioícia é

derivada e evoluiu pelo menos três vezes (GLEISER; VERDÚ, 2005), com relatos da ocorrência em 28 gêneros (RADLKOFER, 1931-1934), incluindo *Talisia* Aubl. (FERRUCCI, 1991). As espécies de Sapindaceae produzem inflorescências em panículas ou tirso, axilares ou terminais com flores unissexuadas ou bissexuadas (BARBOSA et al., 2013). Entretanto, os estudos evidenciaram que flores funcionalmente bissexuais são raras entre espécies dessa família (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2010), embora flores morfologicamente hermafroditas tenham sido observadas em alguns táxons monoicos e dioicos, como por exemplo em *Cupania* L. (BAWA, 1977), *Sapindus* L. (REDDI et al., 1983; VAN WELZEN, 1989), *Cupaniopsis* Radlk. (ADEMA, 1991), *Melicoccus* P. Browne, *Talisia* Aublet e *Serjania* Mill. (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 1993, 2003).

A coexistência de indivíduos produzindo flores estaminadas e hermafroditas, na mesma população, caracteriza a androdioicia, um sistema reprodutivo incomum na natureza (PANNELL, 2002), e que mais provavelmente evoluiu da dioicia (DELPH; WOLF, 2005; DELPH, 2009) e não do hermafroditismo (WOLF; TAKEBAYASHI, 2004). Segundo Lloyd (1979), a androdioicia morfológica se manifesta de duas formas: (1) dioicia funcional, que consiste na presença de flores hermafroditas com anteras indeiscentes ou produção de pólen inviável e, portanto, funcionalmente femininas e (2) androdioicia funcional, quando flores hermafroditas produzem pólen viável.

Na literatura há relatos que a biologia floral e os sistemas reprodutivos em espécies de Sapindaceae do gênero *Acer* são diversificados, e incluem espécies com monoicia, dioicia, trioicia, andromonoicia, androdioicia e andropoligamia, com tendência à unissexualidade (ROSADO et al., 2018). *Acer ginnala*, *Acer tataricum* e o híbrido *Acer ginnala* 3 *tataricum* são espécies de bordo andromonoicas, por possuírem flores hermafroditas e masculinas no mesmo indivíduo e na mesma inflorescência, sendo que nas flores masculinas, os estames são longos e o ovário é reduzido, enquanto nas flores hermafroditas, os estames são mais curtos e o ovário é bem desenvolvido (ROSADO et al., 2018). Na espécie *Acer oblongum* Wall. ex DC., também andromonoica, o pólen de suas flores morfologicamente hermafroditas possui viabilidade muito reduzida e potencial insuficiente para fertilizar os óvulos, além disso, não germina no estigma da mesma flor (YADAV et al., 2016), enquanto em *Acer elegantulum* Fang et P. L. Chiu, as flores funcionalmente pistiladas possuem estames com filetes mais curtos e anteras maiores, mas sempre indeiscentes (LUO et al., 2017).

A espécie arbórea *Koelreuteria elegans* subsp. *Formosana* (Hayata) F.G. Mey. (laterna-japonesa) possui na mesma inflorescência flores estaminadas e hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas (AVALOS et al., 2017). Segundo esses autores, as principais

diferenças morfológicas entre os dois tipos florais, nesta espécie, são os estames longos e o pistilo reduzido a pistiloide nas flores estaminadas, enquanto nas pistiladas, os estames são curtos com anteras indeiscentes e grãos de pólen inviáveis. A espécie *Serjania lethalis* A.St.-Hil. (cipó-uva) é andromonoica (sexo masculino e hermafrodita na mesma planta), com uma fase unissexual ou díclina (com flores masculinas) e outra fase hermafrodita ou monóclina (dois sexos na mesma flor) (ALVES, 2013). Entretanto, a espécie depende de polinizadores para se reproduzir, uma vez que o vento não consegue carrear seu pólen e a flor é incapaz de promover autopolinização. A viabilidade dos grãos de pólen utilizados em uma polinização tem influência direta no sucesso da fertilização, uma vez que a relação entre viabilidade polínica, capacidade germinativa e formação de frutos é linear (SULUSOGLU; CAVUSOGLU, 2014), e esse parece ser um ponto que deve ser considerado no estudo de espécies da família Sapindaceae.

A presença de flores masculinas com gineceu rudimentar e flores hermafroditas, funcionalmente pistiladas, devido à presença de estames não-funcionais, é uma característica comum em espécies monoicas e dioicas de Sapindaceae (FERRUCCI, 2005). Esses morfos florais são considerados unissexuais porque os órgãos reprodutivos não-funcionais do sexo oposto são abortados (AINSWORTH, 2000; MITCHELL; DIGGLE, 2005). Flores hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas, foram observadas em outras espécies de Sapindaceae, a exemplo de *Melicoccus lepidopetalus* Radlk. (água pomba-macho) (ZINI et al., 2012), *Allophylus edulis* (A.St.-Hil.) Hieron. ex Niederl. (vacum) (GONZÁLEZ et al., 2014) e *Magonia pubescens* A.St.-Hil. (tinguí) (GONZÁLEZ et al., 2017).

No gênero *Talisia* Aubl., segundo Acevedo-Rodríguez (2003), as inflorescências são em forma de panícula fasciculada ou racemiforme, terminal, axilar, supra-axilar, raramente cauliflora ou ramiflora, flores geralmente menores que 5 cm de comprimento, actinomorfas, funcionalmente estaminadas ou pistiladas. As flores estaminadas distinguem-se pela presença de pistiloide, circundado por estames, com anteras deiscentes, enquanto as pistiladas caracterizam-se pela presença de um pistilo totalmente desenvolvido, estaminoides circundando o gineceu, com anteras não deiscentes. Em relação ao perianto, em forma de disco e pubescente, as flores estaminadas e pistiladas são essencialmente similares: sépalas imbricadas, livres ou conectadas na base e geralmente de tamanho semelhante; pétalas distintas, inseridas na base de um disco extra estaminal, eretos ou flexíveis, inteiros, com um único apêndice petaloide adaxial, o qual assemelha-se às pétalas em tamanho e forma, simples ou raramente bífidos. O disco extra estaminal, anelar ou em forma de copo, com um contorno de 5 a 8 lobos, glabro, e provavelmente responsável pela produção de néctar como

recompensa aos polinizadores. O número de estames é geralmente 5 ou 8, mas há uma variação considerável com espécies contendo de 5 a 8 ou de 7 a 10 estames filamentosos, glabros ou pubescentes, de comprimentos quase iguais e eretos. Anteras basifixas, oblonga a linear ou elíptica com contorno ovalado e o ovário é trilocular, com um único óvulo basal por lóculo, estilete solitário, alongado, com superfícies estigmáticas alongadas e trigonadas.

Sapindaceae é uma família diversificada e com ampla distribuição (ZINI et al. 2012), mas os trabalhos sobre biologia reprodutiva e sistemas de polinização concentraram-se em um número limitado de espécies. As informações sobre *T. esculenta* limitam-se a morfotaxonomia da espécie, a qual é descrita com inflorescências em panículas terminais alongadas e multi-ramificadas, com 20 a 35 cm de comprimento e andróginas. As flores são pequenas, aromáticas, brancas ou levemente rosadas, com cinco sépalas elípticas, cinco pétalas ciliadas na metade inferior, denso-vilosas na face interna; oito estames filiformes com filetes pubescentes, fixados dentro de um disco em torno da base do ovário, com anteras oblongas e apiculadas; ovário ovoide, pubescente e trilocular, com estilete curto e estigma globoso (FERRÃO, 2001; GUARIM NETO et al., 2003; LORENZI et al., 2006).

#### **2.4. Maturação e indicadores de maturidade fisiológica de sementes**

A formação das sementes é proveniente da fecundação ou dupla fertilização dos óvulos, a partir dessa fase, o tamanho da semente aumenta rapidamente, atingindo o seu máximo em um curto período de tempo (PESKE et al., 2012). Segundo esses autores, o rápido crescimento é resultante da multiplicação e desenvolvimento das células embrionárias e do tecido de reserva e, após atingir o máximo, o tamanho vai diminuindo, devido à perda de água pelas sementes.

De forma geral, durante o seu desenvolvimento, as sementes passam por três fases, a primeira corresponde a histodiferenciação, que começa com a fertilização e é caracterizada por divisão e expansão celular, ocorrendo à formação do eixo embrionário, síntese e acúmulo de reservas. Na segunda fase, definida como maturação, ocorre deposição de reservas e aumento de massa seca, enquanto na terceira, denominada secagem de maturação, cessa a deposição de reservas, seguida da perda de água pela semente, resultando em um estado quiescente ou dormente (BEWLEY et al., 2013).

Entretanto, vale salientar que, o decréscimo no teor de água das sementes recalcitrantes não é significativo quando comparado à fase de secagem das sementes ortodoxas, isso ocorre porque não há uma fase de desidratação acentuada nessas sementes (KIKUTI et al., 2002). Além disso, devido às sementes recalcitrantes não terem um período

de transição entre maturação e germinação, raramente encontra-se dormência nessas sementes (MARCOS FILHO, 2015).

O estágio de maturação reflete diretamente na qualidade das sementes, uma vez que a velocidade de maturação varia entre espécies e até entre as plantas matrizes de uma mesma espécie, e se altera com os anos e locais (regiões) de colheita. Essas variações ocorrem, principalmente, devido às condições ambientais as quais as espécies estão submetidas, além das características genéticas e ecológicas (FIGLIOLIA, 1995; FIGLIOLIA; PIÑA-RODRIGUES, 1995).

Em muitas espécies, ocorre também, irregularidades na maturação dos frutos dentro do mesmo indivíduo, como estratégia para garantir a dispersão de sementes por um maior período de tempo, visando uma menor predação por animais e também como forma de sobrevivência às condições ambientais adversas (FENNER, 1985). Dessa forma, observa-se diferentes estádios de maturação em um mesmo indivíduo (BARBOSA et al., 2015).

Na tecnologia de sementes é fundamental o reconhecimento prático da maturidade fisiológica, uma vez que caracteriza o momento em que cessa o fornecimento de nutrientes da planta para a semente, e esta, fica sob a influência das condições ambientais (PESKE et al., 2012). De acordo com os referidos autores, como a planta mãe não exerce mais nenhuma influência sobre a umidade das sementes, diz-se que estas estão armazenadas em campo e, portanto, expostas às intempéries, o que se torna especialmente problemático em regiões em que o final da maturação coincide com a época chuvosa, comprometendo a qualidade da semente. Dessa forma, a colheita de sementes de espécies florestais, especialmente das nativas, no ponto de maturidade fisiológica é uma medida de aplicação prática, uma vez que é realizada de forma totalmente manual (MARTINS et al., 2008).

As sementes devem ser colhidas no momento em que expressam seu máximo potencial de germinação, vigor e conteúdo de massa seca, ou seja, no ponto de maturidade fisiológica (NAKAGAWA, 1987), uma vez que a partir desse ponto, a tendência é que fatores ambientais influenciem a velocidade de deterioração, reduzindo a qualidade das sementes, ainda na planta mãe (PEDROSO et al., 2008; MARCOS FILHO, 2015). As sementes de algumas espécies, no entanto, se encontram com alto teor de água, o que dificulta o seu beneficiamento e armazenamento (NAKAGAWA, 1987). Desta forma, a colheita no ponto de maturidade fisiológica torna-se impraticável em espécies de crescimento indeterminado (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), principalmente quando é realizada de forma mecanizada.



A metodologia clássica em estudos de maturação de sementes é através da realização de colheitas efetuadas em intervalos regulares após a antese, mediante a etiquetagem das flores durante a antese, podendo ser realizados testes físicos e fisiológicos com as sementes ainda úmidas (recém-colhidas) ou secas (DELOUCHE, 1971). Entretanto, Carvalho e Nakagawa (2012) salientaram que determinar a maturidade fisiológica baseando-se em dias após a ocorrência de um dado evento, como a floração, poderá resultar em grandes diferenças entre colheitas, devido às variações do ambiente de cultivo.

O objetivo em estudos de maturação de sementes é determinar, para cada espécie, como e quando a maturidade fisiológica é atingida buscando a máxima produção e qualidade das sementes (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). Para auxiliar nessa determinação, são identificadas e avaliadas características baseadas nas modificações morfológicas, físicas, bioquímicas e fisiológicas de frutos e sementes de cada espécie, permitindo assim, inferir sobre o estágio de desenvolvimento do fruto e/ou semente, denominados indicadores de maturação (FIGLIOLIA; AGUIAR, 1993).

Tamanho, teor de água, conteúdo de massa seca, germinação e vigor são as características de maior relevância em estudos de maturação de sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Entretanto, Carrasco e Castanheira (2004) advertiram que as características visuais externas, como a coloração, o odor e a textura dos frutos e sementes são, em campo, bons indicadores práticos para auxiliar na determinação do ponto ideal de colheita das sementes.

A ausência de indicadores de maturação precisos, para a maioria das espécies florestais nativas, faz com que muitas sementes sejam colhidas em época inadequada, resultando em baixa capacidade de armazenamento caso sejam colhidas antes de atingirem a maturidade fisiológica, ou seja, antes que as substâncias de reserva estejam completamente formadas (DORNELAS et al., 2015), todavia se colhidas tardiamente, têm sua qualidade fisiológica prejudicada devido a deterioração em campo, ocorrendo ainda a perda causada pela queda natural ou deiscência dos frutos (RAGAGNIN et al., 1994). Os principais indicadores de maturação são:

#### *2.4.1. Dimensões e coloração de frutos e sementes*

Os dados biométricos de frutos e sementes são passíveis de utilização em programas de melhoramento genético, uma vez que podem subsidiar a avaliação da variabilidade genética dentro de populações de uma mesma espécie, as relações entre esta variabilidade e os fatores ambientais, bem como a conservação e exploração dos recursos naturais de valor

econômico (VIEIRA; GUSMÃO, 2008). Além disso, a biometria das sementes está diretamente relacionada com sua dispersão e estabelecimento de plântulas (FENNER, 1993), podendo ser usada para diferenciar espécies pioneiras das não pioneiras (BASKIN; BASKIN, 1998; SOUZA; VÁLIO, 2001). Estudos realizados com espécies arbóreas e arbustivas relataram que há uma inversão entre o tamanho e o número de sementes por fruto (CARVALHO et al., 1998).

No início do processo de maturação, ou seja, logo após a fertilização, o tamanho da semente aumenta rapidamente, atingindo o máximo em curto espaço de tempo, devido a intensa multiplicação e expansão das células que constituem o eixo embrionário e os tecidos de reserva (PESKE et al., 2012). O valor máximo é obtido, geralmente, nos estádios intermediários do processo de maturação, e ao final deste, verifica-se uma leve redução no tamanho dos frutos e sementes, devido à perda de água (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; BARBOSA et al., 2015).

O tamanho das sementes de *Inga striata* Benth. (ingá-banana) (MATA et al., 2013) e *Inga laurina* (Sw.) Willd. (ingá-mirim) (SCHULZ et al., 2014) foi um indicativo visual eficiente de maturidade fisiológica para as referidas espécies. Sementes de *Physalis peruviana* L. (fisális) tiveram um maior acúmulo de massa seca à medida que o diâmetro e o comprimento dos frutos aumentaram (SBRUSSI et al., 2014). Os maiores valores de comprimentos de frutos e sementes de *Pourouma cecropiifolia* Martius (mapati) foram obtidos dos frutos maduros (BLIND et al., 2016), assim como ocorreu para *Eugenia cibrata* McVaugh (camu-camu) (DINIZ et al., 2017) e *Eugenia uvalha* Cambess (uvaia-do-mato) (ALVARENGA et al., 2014), em que diâmetros longitudinais e transversais aumentaram com o seu amadurecimento, mostrando que a expansão celular pode continuar ocorrendo até o final da maturação dos frutos, quando estes adquirem índices de colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A redução do tamanho de sementes tem intensidade variável em função da espécie e do grau de desidratação verificado ao final da maturação (MARCOS FILHO, 2015), devido ao fato do tamanho das sementes ser uma característica extremamente plástica, variando de indivíduo para indivíduo, de safra para safra e, inclusive, de acordo com a posição da semente no fruto e deste na planta (REIS, 2004). Segundo Larcher (2000), a reserva nutricional também é um dos fatores que influencia no tamanho das sementes, além da germinação e vigor. O tamanho de frutos e sementes foram considerados por Barbosa et al. (2015) como bons indicadores para auxiliar na determinação da época adequada de colheita,

recomendando, entretanto, que essa característica seja adotada em conjunto com outros índices de maturação.

A maioria dos frutos, especialmente os carnosos, sofrem variação na coloração ao longo do seu processo de desenvolvimento, especialmente na casca (CAVALINI et al., 2006), em função da degradação da clorofila, dos processos oxidativos e da ação da enzima clorofilase, devido às mudanças de pH (WILLS et al., 1998). A morfologia de frutos e sementes pode também auxiliar na determinação do estágio de maturação para algumas espécies, como é o caso de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (guanandi), para a qual foi constatado que a polpa do fruto, o embrião fracamente aderido ao endocarpo e tegumento, assim como a coloração desses tecidos foram características morfológicas adequadas para determinar o ponto ideal de colheita (SILVA et al., 2018).

Na *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith (umburana), o enrugamento e a presença de fendas no ápice do fruto, verificado aos 54 dias após a antese (LOPES et al., 2014), o enrugamento do pericarpo, com coloração marron clara, para frutos de *Lophantera lactescens* Ducke (lanterneira) (SILVA et al., 2019) e o enrugamento do epicarpo, com coloração marrom escura, para frutos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira-do-sertão) (CRUZ, 2017) foram variáveis que podem ser utilizadas como indicadores da maturidade fisiológica de suas sementes.

Em relação, especificamente a coloração de frutos e sementes, encontra-se na literatura inúmeros estudos confirmando a eficiência desse índice prático na determinação do ponto de maturidade fisiológica para sementes de diversas espécies (BARBOSA et al., 2015). Sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. (uvaia) devem ser colhidas quando a coloração de seus frutos estiver entre verde/amarelo e amarelo/laranja e, para sementes de *Eugenia involucrata* DC. (cerejeira), a colheita deve ser realizada quando a coloração dos frutos estiver vermelho claro (ORO et al., 2012).

Com o avanço da maturação, os frutos de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl. (vacum) de coloração vermelha possuíam sementes com menor teor de água, coincidindo com a máxima porcentagem e velocidade de germinação, além de originarem plântulas com maior tamanho e acúmulo de biomassa. Por isso, a colheita foi indicada quando os frutos estiverem com coloração vermelha, independentemente da região ou, com valores de reflectância entre 28,0 a 49,2 nm na escala verde do espectro de cores (KAISER et al., 2016).

Entretanto, a coloração, por si só, pode não representar um bom indicador da maturidade fisiológica, uma vez que alterações na coloração dos frutos e sementes podem ser

atribuídas às sínteses de pigmentos como carotenóides e antocianinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Além disso, a coloração do epicarpo dos frutos também pode variar devido às condições ambientais locais (temperatura e ocorrência de chuvas) na época da colheita (DUARTE et al., 2012; CORDEIRO et al., 2013; LOPES et al., 2014). Exemplo disso, é que a mudança na coloração dos frutos não foi um bom índice para determinar o ponto de maturidade fisiológica das sementes de *Eugenia calycyna* Cambess (pitangueira-do-cerrado), uma vez que a coloração do fruto não afetou a capacidade de emergência e nem o vigor das plântulas.

Alguns estudos demonstraram que a associação de diferentes índices de maturação tem sido a forma mais segura de se determinar a maturidade fisiológica de sementes de espécies florestais nativas (ALVES et al., 2005; BARBOSA et al., 2007; SENA, 2016).

#### *2.4.2. Teor de água e massa seca de frutos e sementes*

O teor de água das sementes varia entre 70 e 80% após a formação do zigoto (POPIGINS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), verificando-se uma lenta desidratação ao longo do processo de maturação e, ao final, uma intensa dessecação (BARBOSA et al., 2015). A partir de um determinado ponto, o teor de água das sementes começa a oscilar de acordo com a umidade relativa do ar, indicando que a partir daí a planta mãe não exerce mais controle algum sobre o teor de água das sementes (PESKE et al., 2012).

Com a evolução do processo de maturação, os vacúolos têm seu tamanho reduzido e o teor de água diminui a medida que é substituído nas células por massa seca (CASTRO et al., 2004). Sendo assim, variáveis como massa seca e teor de água das sementes são inversamente relacionadas, ou seja, no ponto de maturidade fisiológica encontram-se com valor máximo e mínimo, respectivamente (CORVELLO et al., 1999; BORGES et al., 2005; IOSSI et al., 2007). Nas sementes recalcitrantes o ponto de maturidade fisiológica não coincide com a desidratação total das sementes porque no final do processo, o teor de água ainda é elevado (30-70%), as atividades metabólicas continuam intensas e as mesmas estão aptas a germinarem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015).

A ocorrência de chuvas prolongadas e altas umidades relativas do ar no final da maturação retardarão o processo de secagem natural, comprometendo a qualidade das sementes que estarão expostas à deterioração no campo (PESKE et al., 2012). No armazenamento, o teor de água das sementes pode ser determinante, uma vez que se as sementes forem armazenadas com teor de água acima do ideal para a espécie, existe o risco de deterioração do produto; porém, se armazenadas com teor de água abaixo do recomendado

(menor peso) poderá existir um prejuízo financeiro pelo peso do produto na ocasião da comercialização (LUZ et al., 1993). Esses autores salientaram que a comercialização de um lote de sementes é baseada no peso total e não no peso de massa seca, logo, se o teor de água não é corretamente determinado, o comprador ou vendedor pode ser prejudicado.

A massa seca da semente é constituída de proteínas, açúcares, lipídios e outras substâncias acumuladas nas mesmas durante o seu desenvolvimento (PESKE et al., 2012). No início do processo de maturação, a massa seca se acumula de forma lenta, porque nesta fase predominam as divisões celulares; na fase intermediária, ocorre aumento rápido e constante no acúmulo de massa seca, seguido por um aumento na germinação e vigor, até atingir o máximo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Durante essa fase de acúmulo intenso de massa seca, o teor de água da semente continua elevado porque a água é o meio responsável pelo transporte de material fotossintetizado da planta para a semente (DIAS, 2001).

A eficiência dessa associação na determinação do estágio de maturação de frutos e sementes foi observada para a espécie *A. cearensis*, em que o ponto de colheita das sementes ocorreu aos 54 dias após a antese, quando as sementes expressaram baixo teor de água e máximo acúmulo de massa seca (LOPES et al., 2014). Na espécie *L. divaricata*, a redução no teor de água e o máximo conteúdo de massa seca de sementes coincidiram com maiores porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes, assim como comprimento de raiz de plântulas (SCHULZ et al., 2017).

As sementes de algumas espécies podem, ainda, conter elevado teor de água ao final da maturação, embora estejam com o máximo de acúmulo de massa seca, nesse caso as sementes podem iniciar o processo de germinação, mesmo ainda na planta mãe. Para tal, essas espécies podem desenvolver mecanismos para evitar a germinação precoce, desenvolvendo uma rápida desidratação ou aumentando os níveis de ABA (MARCOS FILHO, 2015). A massa seca, assim como o teor de água, não deve ser usada como único indicador da maturidade fisiológica, esta deve ser estimada com base em vários indicadores porque pode ocorrer alterações fisiológicas e bioquímicas na semente mesmo após o seu conteúdo máximo de massa seca ter sido atingido (BARROS, 1986; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

#### 2.4.3. Germinação e vigor de sementes

A planta controla o desenvolvimento do embrião até a maturidade fisiológica da semente, a partir daí, as condições ambientais irão retardar ou acelerar a deterioração até o desencadeamento do processo germinativo (ZIMMER, 2012). A germinação de sementes pode ser definida como a retomada do crescimento do eixo embrionário, em que durante o

processo de maturação de frutos e sementes ocorre primeiro crescimento e diferenciação de tecidos do embrião e envoltórios (BORGES; TOOROP, 2015).

As sementes vão obtendo diversas capacidades durante o seu desenvolvimento, a primeira refere-se a uma possível capacidade de germinação, porém, estas podem não suportar o processo de desidratação natural e, dessa forma, adquirirão a capacidade de tolerância à dessecação e, posteriormente, o vigor. Ao final do processo de maturação, próximo ao ponto de maturidade fisiológica, as sementes adquirem a capacidade de armazenamento em diferentes níveis e estão prontas para desencadear a germinação quando as condições do meio forem favoráveis (CASTRO et al., 2004).

A disponibilidade hídrica é o principal fator que influencia a germinação, uma vez que a retomada do desenvolvimento do eixo embrionário, em função da absorção de água, envolve a reativação de algumas enzimas presentes nas sementes e a síntese de outras que irão hidrolisar as substâncias de reserva (ZIMMER, 2012). Segundo esse autor, as substâncias de reserva que foram acumuladas pelas células, durante o processo de desenvolvimento das sementes, serão degradadas e irão suprir o embrião com sacarose, aminoácidos e íons.

A avaliação do potencial fisiológico, definido como a capacidade teórica ou a possibilidade de sucesso da semente manifestar suas funções vitais em ampla variação de condições ambientais (MARCOS FILHO, 2015) é realizada rotineiramente em laboratórios de análise de sementes através de teste padrão de germinação, com base em instruções estabelecidas nas Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009; ISTA, 2013; AOSA, 2014).

O teste de germinação tem limitações em razão principalmente, da menor sensibilidade para a diferenciação da qualidade de lotes de sementes armazenadas e/ou em condições adversas de campo, de forma que faz-se necessário, também, a condução de testes de vigor para a determinação consistente do potencial fisiológico das sementes (McDONALD, 1993; AMARO et al., 2015; SOUZA, 2017). A ISTA (International Seed Testing Association) inclui, ainda, em suas publicações periódicas, procedimentos para a determinação do vigor das sementes, o que não consta nas RAS adotadas no Brasil. Entretanto, Marcos Filho (2015) salientou que os testes de vigor são utilizados pelas empresas produtoras de sementes com inúmeras finalidades, sendo a principal delas a determinação do potencial fisiológico das mesmas.

A germinação é um dos índices de maior relevância no processo de maturação das sementes porque é a variável que determina o valor da mesma, além disso, a qualidade das mudas está diretamente relacionada com a capacidade germinativa das sementes

(GONÇALVES, 2008). Durante o processo de maturação, o maior vigor da semente coincide com o máximo acúmulo de massa seca, embora ocorram variações em função da espécie e das condições climáticas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Durante a maturação, as sementes que ainda não estão maduras podem germinar, porém resultam em plântulas menos vigorosas, quando comparadas aquelas obtidas de sementes colhidas maduras (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O baixo vigor é devido ao acúmulo de reservas incipiente porque nesta fase, a histodiferenciação ainda não está completa, portanto, não há possibilidade de produção de plântulas vigorosas (MARCOS FILHO, 2015). Por outro lado, sementes colhidas depois da maturidade fisiológica expressam menor capacidade germinativa e decréscimo no vigor (MAZORRA et al., 2003; PÉREZ-CAMACHO et al., 2012) devido ao processo de deterioração, evidenciando que a qualidade fisiológica das sementes está diretamente relacionada com a época da colheita.

A máxima qualidade fisiológica de sementes de *H. undatus* foi obtida aos 40 dias após a antese, quando as sementes expressaram maior porcentagem e índice de velocidade de germinação e menor tempo médio de germinação (SANTOS et al., 2018). Para a espécie *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H. Rob. (vassourão-preto), Grzybowski et al. (2016) relataram que a maturidade fisiológica das sementes foi atingida aos 45 dias após a antese, quando valores máximos de massa seca, germinação e vigor foram alcançados. Frutos de *Licania tomentosa* Benth. (oiti) na coloração amarela, resultaram em maior porcentagem e índice de velocidade de emergência, quando comparado à qualidade fisiológica das sementes contidas nos endocarpos de frutos com coloração verde, verde-amarelado e escuro-enrugado (SILVA et al., 2018b).

A maturidade fisiológica para sementes de *Bixa orellana* L. (urucum) ocorreu entre 91 e 103 dias após a antese, período em que a semente expressou a máxima porcentagem de germinação (93 dias após a antese), devendo-se realizar a colheita até no máximo 105 dias após a antese (DORNELAS et al., 2015). De forma semelhante, para sementes de *I. striata*, a maturidade fisiológica coincidiu com o período em que estas se encontravam com menor teor de água, maior acúmulo de massa seca e máximo poder germinativo (MATA et al., 2013).

Na determinação do ponto de maturidade fisiológica, através do teste de germinação, Barbosa et al. (2015) recomendaram que se tenha cautela porque as sementes de várias espécies florestais, em determinado estágio do processo de maturação, tornam-se dormentes, perdendo a capacidade de germinação por um determinado tempo, embora viáveis e maduras. Além disso, fatores ambientais como luminosidade, temperatura, fotoperíodo, baixa umidade

relativa do ar e disponibilidade de nutrientes no solo, podem interferir no processo de maturação.

O percentual de germinação, o teor de água, o vigor e o acúmulo de massa seca são índices eficientes na determinação da maturidade fisiológica, porque quando as sementes alcançam os valores máximos desses atributos, considera-se que as elas têm todas as características desejáveis para a colheita (EGLI, 1998).



### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. Melicocceae (Sapindaceae): *Melicoccus* and *Talisia*. **Flora Neotropica**, v.87, p.1-178, 2003.

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. Systematics of *Serjania* (Sapindaceae). Part 1: A revision of *Serjania* sect. *Platycoccus*. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, v.67, p.1-93, 1993.

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. *Talisia*. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20984>>. Acesso em: 21 dez 2018.

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; VAN WELZEN, P.; ADEMA, F.; VAN DER HAM, R.W.J.M. Sapindaceae. In: KUBITZHI, K. (ed). **Flowering plants, eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae**. The families and genera of vascular plants. Berlin: Springer, 2010. p.371-422.

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; WURDACK, K.J.; FERRUCCI, M.S.; JOHNSON, G.; DIAS, P.; COELHO, R.G.; SOMNER, G.V.; STEINMANN, V.W.; ZIMMER, E.A.; STRONG, M.T. Generic relationships and classification of Tribe Paullinieae (Sapindaceae) with a new concept of Supertribe Paullinioidae. **Systematic Botany**, v.42, n.1, p.96-114, 2017.

ADEMA, F. *Cupaniopsis* Radlk. (Sapindaceae): A monograph. **Leiden Botanical Series**, v.15, n.1, p.1-190, 1991.

AINSWORTH, C. Boys and girls come out to play: the biology of dioecious plants. **Annals of Botany**, v.86, n.2, p.211-221, 2000.

ALVARENGA, C.A.G.; PASSAGLIA, K.A.; CIABOTTI, S.; JESUS, É.J.; PERINI, T.F. Avaliação da fruta de *Eugenia uvalha* Cambes sob estádios de desenvolvimento. **Global Science and Technology**, v.7, n.1, p.67-75, 2014.

ALVES, E.U.; MONTE, D.M.O.; CARDOSO, E.A.; SANTOS-MOURA, S.S.; MOURA, M.F. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk. em função de profundidades e posições de semeadura. **Bioscience Journal**, v.29, n.2, p.328-339, 2013.

ALVES, E.U.; SADER, R.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, A.U. Maturação fisiológica de sementes de sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**, v.27, n.1, p.1-8, 2005.

ALVES, E.U.; SILVA, K.B.; GONÇALVES, E.P.; CARDOSO, E.A.; ALVES, A.U. Germinação e vigor de sementes de *Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk. em função de diferentes períodos de fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.4, p.761-770, 2009.

ALVES, T.T.L. **Potencial do cipó-uva (*Serjania lethalis*) como fonte de néctar para exploração apícola na Chapada do Araripe**. 2013. 196f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fortaleza, 2013.

AMARO, H.T.R.; DAVID, A.M.S.S.; ASSIS, M.O.; RODRIGUES, B.R.A.; CANGUSSÚ, L.V.S.; OLIVEIRA, M.B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.383-389, 2015.

AOSA. Association Official Seed Analysts. **Rules for testing seeds**. Washington, DC. v.1, 2014.

APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, n.1, p.1-20, 2016.

AVALOS, A.A.; LATTAR, E.C.; GALATI, B.G.; FERRUCCI, M.S. Nectary structure and ultrastructure in two floral morphs of *Koelreuteria elegans* subsp. *formosana* (Sapindaceae). **Flora**, v.226, p.29-37, 2017.

BANCO DE DADOS NON WOOD. Projeto: “Extrativismo não-madeireiro e Desenvolvimento Sustentável na Amazônia. **ITTO-PD**, v.31, n.3, 1999. Disponível em:

<<http://www.ittorolac.org/enciclopedia-botanica/Sapindaceae/talisia-esculenta.pdf>>. Acesso em: 20 ago 2018.

BARBOSA, C.V.O.; BASTOS, M.N.C.; SOUSA, J.S.; CRUZ, A.P.O. Estudo taxonômico de Sapindaceae do litoral paraense. **Rodriguésia**, v.64, n.4, p.807-815, 2013.

BARBOSA, J.M.; RODRIGUES, M.A.; BARBÉRIO, M.; ARAÚJO, A.C.F.B. Colheita e manejo de sementes: maturação de sementes de espécies florestais tropicais. In: PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. (Org.). **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. p.180-189.

BARBOSA, J.M.; RODRIGUES, M.A.; PILIACKAS, J.M.; AGUIAR, I.B.; SANTOS JUNIOR, N.A. Índice de maturação de sementes de *Copaifera langsdorfii* Desf. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p.786-788, 2007.

BARROS, A.S.R. Maturação e colheita de sementes. In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Coord.). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.34-107.

BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press. 1998. 666p.

BAWA, K.S. Breeding systems of trees in a tropical wet forest. **American Journal of Botany**, v.17, n.4, p.521-524, 1979.

BAWA, K.S. Evolution of dioecy in flowering plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.15-39, 1980.

BAWA, K.S. The reproductive biology of *Cupania guatemalensis* Radlk. (Sapindaceae). **Evolution**, v.31, n.1, p.52-63, 1977.

BAWA, K.S.; WEBB, C.J. Flower, fruit, and seed abortion in tropical forest trees: implication for the evolution of paternal and maternal reproductive patterns. **American Journal of Botany**, v.71, n.5, p.736-751, 1984.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BFG. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v.66, n.4, p.1085-1113, 2015.

BLIND, A.D.; SERUDO, R.N.; MIRANDA, C.; FIGUEIREDO, J.N.R.; SILVA FILHO, D.F.; NODA, H. Biometria em frutos e sementes de mapati (*Pourouma cecropiifolia*). **Nucleus**, v.13, n.1, p.223-228, 2016.

BORGES, E.E.L.; TOOROP, P.E. Fisiologia da germinação. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.; FIGLIOLA, M.B.; SILVA, A. (Org.). **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. p.244-255.

BORGES, I.F.; GIUDICE NETO, J.D.; BILIA, D.A.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L.; BARBEDO, C.J. Maturation of seeds of *Caesalpinia echinata* Lam. (Brazilwood), an endangered leguminous tree from the Brazilian atlantic forest. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.48, n.6, p.851-861, 2005.

BORGES, K.C.F. **Maturação dos frutos na emergência de plântulas e no potencial frutífero de pitangueira-do-cerrado (*Eugenia calycina* Cambess)**. 2008. 66f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

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

BUERKI, S.; FOREST, F.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; CALLMANDER, M.W., NYLANDER, J.A.A.; HARRINGTON, M.; SANMARTÍN, I.; KÜPFER, P.; ALVAREZ, N. Plastid and nuclear DNA markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v.51, n.2, p.238-258, 2009.

CARDOSO, E.A. **Qualidade fisiológica de sementes de pitombeira [*Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk.]**. 2011. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2011.

CARDOSO, E.A.; ALVES, E.U.; ALVES, A.U. Qualidade de sementes de pitombeira em função do período e da temperatura de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.1, p.7-16, 2015.

CARRASCO, P.G.; CASTANHEIRA, S.A. Recipientes e substratos na produção de mudas de espécies florestais de Restinga em Ilha Comprida, SP. **Arquivos do Instituto de Biologia**, [s.l.], v.71, p.305-307, 2004.

CARVALHO, J.E.U; NASCIMENTO, W.M.O.; MÜLLER, C.H. Características físicas e de germinação de sementes de espécies frutíferas da Amazônia. **Boletim de Pesquisa 203**. EMBRAPA - CPATU, Belém, 1998.

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

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.149-162.

CAVALCANTI, S.B.T.; TELES, H.L.; SILVA, D.H.S.; FURLAN, M.; YOUNG, M.C.M.; BOLZANI, V.S. New tetra-acetylated oligosaccharide diterpene from *Cupania vernalis*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.12, n.3, p.413-416, 2001.

CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; LOCHOSKI, M.A.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M. Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guavas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.2, p.176-179, 2006.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: FAEPE, 2005. 2.ed. 783p.

CORDEIRO, J.M.P. **Florística, fitossociologia e estudos etnobotânicos da Caatinga arbustivo-arbórea**: Serra da Raiz, Paraíba. 2012. 60f. Monografia (Especialização em Geografia e Território) - Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira, 2012.

CORDEIRO, J.M.P.; SOUZA, B.I.; FELIX, L.P. Florística e fitossociologia em floresta estacional decidual na Paraíba, Nordeste do Brasil. **Gaia Scientia**, v.11, n.1, p.1-16, 2017.

CORDEIRO, M.W.S.; CAVALLIERI, A.L.F.; FERRI, P.H.; NAVES, M.M.V. Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.4, p.1127-1139, 2013.

CORRÊA, P.M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura/IBDF, v.5, p.513-514, 1974.

CORVELLO, W.B.V.; VILLELA, F.A.; NEDEL, J.L.; PESKE, S.T. Maturação fisiológica de sementes de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.2, p.23-27, 1999.

CRUZ, J.O. **Maturação e qualidade fisiológica de diásporos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.** 2017. 54f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

DELOUCHE, J.C. **Seed maturation**. In: Handbook of seed technology. Mississippi State University, State College, Mississippi, 1971. p.17-21.

DELPH, L.F. Sex allocation: evolution to and from dioecy. **Current Biology**, v.19, n.6, p.249-251, 2009.

DELPH, L.F., WOLF, D.E. Evolutionary consequences of gender plasticity in genetically dimorphic breeding systems. **New Phytology**, v.166, n.1, p.119-128, 2005.

DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **Seed News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.

DINIZ, G.A.S.; ARAÚJO NETO, S.E.; NOVELLI, D.S.; NOGUEIRA, N.T.; SILVA, I.F. Quality index and harvest maturity of *Eugenia cibrata* fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.39, n. spe., p.1-8, 2017.

DORNELAS, C.S.M.; ALMEIDA, F.A.C.; FIGUEIREDO NETO, A.; SOUSA, D.M.M.; EVANGELISTA, A.P. Desenvolvimento na maturação de frutos e sementes de urucum (*Bixa orellana* L.). **Scientia Plena**, v.11, n.1, p.1-8, 2015.

DUARTE, A.R.; SANTOS, S.C.; SERAPHIN, J.C.; FERRI, P.H. Influence of spatial, edaphic and genetic factors on phenols and essential oils of *Myrciaria cauliflora* fruits. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.23, n.4, p.737-746, 2012.

ÉDER-SILVA, E.; ARAÚJO, D.R. Qualidade fisiológica, aspectos morfométricos e número de cromossomos da espécie *Talisia esculenta* Radlk. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v.9, n.3, p.275-282, 2014.

EGLI, D.B. **Seed biology and the yield of grain crops**. New York: CAB International, 1998. 178p.

FENNER M. **Seed ecology**. London: Chapman e Hall. 1993. 151p.

FENNER, M. **Seed ecology**. New York: Chapman e Hall. 1985. 151p.

FERRÃO, J.E.M. **Fruticultura tropical**: espécies com frutos comestíveis. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 2001. v.3. 652p.

FERRUCCI, M.S. Sapindaceae. In: BACIGALUPO, N.M. (Ed.), **Flora Ilustrada de Entre Rios (Argentina) IV B.**, 2005. p.218-241.

FERRUCCI, M.S. Sapindaceae. In: SPICHIGER, R.S.; RAMELLA, L. (Eds.), **Flora del Paraguay**, 1991. v.16, p.1-144.

FIGLIOLIA, M.B. Colheita de sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.1-12.

FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B. Colheita de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Ed.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.275-302.

FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. **Manejo de sementes de espécies arbóreas**. Série Registros n. 15. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. 59p.

FRAGA, L.N. **Compostos bioativos, capacidade antioxidante e citotoxicidade da casca e polpa da pitomba [*Talisia esculenta* (St. Hil.) Radlk.]**. 2018. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, 2018.

FREIRE, M.G.M.; GOMES, V.; CORSINI, R.E.; MACHADO, O.L.T.; SIMONE, S.G.; NOVELHO, J.C.; MARANGONI, S.; MACEDO, M.L.R. Isolation and partial characterization of a novel lectin from *Talisia esculenta* seeds that interferes with fungal growth. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, n.1, p.61-68, 2002.

GIVNISH, T.J. Outcrossing versus ecological constraints in the evolution of dioecy. **The American Naturalist**, v.119, n.6, p.849-865, 1982.

GLEISER, G.; VERDÚ, M. Repeated evolution of dioecy from androdioecy in *Acer*. **New Phytologist**, v.165, n.2, p.633-640, 2005.

GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1975. 446p.

GONÇALVES, E.P.; PAULA, R.C.; DESMATLÊ, M.E.S.P. Testes de vigor em sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.2, p.265-276, 2008.

GONZAGA, A.L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília: IPHAN/MONUMETA, 2006. 246p. (Cadernos Técnicos, 6).



GONZÁLEZ, V.V., SOLÍS, S.M., FERRUCCI, M.S. Anatomía reproductiva en flores estaminadas y pistiladas de *Allophylus edulis* (Sapindaceae). **Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica**, v.49, n.2, p.207-216, 2014.

GONZÁLEZ, V.V.; SOLÍS, S.M.; FERRUCCI, M.S. Embryological studies of *Magonia pubescens* (Dodonaceae, Sapindaceae): development of male and female gametophytes in both floral morphs and its phylogenetic implications. **Australian Systematic Botany**, v.30, n.3, p.279-289, 2017.

GRANT, V. Sexual selection in plants: pros and cons. **Proceedings of the National of Sciences of the United States of America**, v.92, n.5, p.1247-1250, 1995.

GRZYBOWSKI, C.R.S.; SILVA, R.C.; VIEIRA, E.S.N.; PANOBIANCO, M. Maturation and germination of *Vernonanthura discolor* seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, v.40, n.2, p.164-172, 2016.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S.R.; SILVA, J.V.B. Notas etnobotânicas de Sapindaceae Jussieu. **Acta Botanica Brasilica**, v.14, n.3, p.327-334, 2000.

GUARIM, NETO, G.; SANTANA, S.R.; SILVA, J.V.B. Repertório botânico da “pitombeira” (*Talisia esculenta* (St.-Hil.) Radlk. - Sapindaceae). **Acta Amazonica**, v.33, n.2, p.237-242, 2003.

GUSSON, E.; SEBBENN, A.M.; KAGEYAMA, P.Y. Sistema de reprodução em populações de *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.491-502, 2006.

IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; OYAMA, K. Ecological correlates of reproductive traits of Mexican rain forest trees. **American Journal of Botany**, v.79, n.4, p.383-394, 1992.

IOSSI, E.; SADER, R.; MORO, F.V.; BARBOSA, J.C. Maturação fisiológica de sementes de *Phoenix roebelenii* O'Brien. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.1, p.147-154, 2007.

ISTA. International Seed Testing Association. **Seed testing rules**. International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, Switzerland, 2013.

JUSTINIANO, M.J.; FREDERICKSEN, T.S. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, v.32, n.2, p.276-281, 2000.

KAISER, D.K.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C.; DRANSKI, J.A.L.; FREITAS, L.C.N.; KOSMANN, C.R.; ANDRIOLI, K.K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the fruits of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, p.92-100, 2016.

KIKUTI, A.L.P.; GUIMARÃES, R.M.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, J.A. Aplicação de antioxidantes em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) visando à preservação da qualidade. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.4, p.663-672, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; MUNIZ, M.F.B.; BLUME, E. Maturação fisiológica de sementes de *Erythrina crista-galli* L. **Ciência Florestal**, v.21, n.1, p.9-16, 2011.

LEDERMAN, I.E.; BEZERRA, J.E.F.; SILVA JÚNIOR, J.F. **Pitomba**. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 20p. (Série Frutas da Mata Atlântica, 05).

LENZA, E.; OLIVEIRA, P.E. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do triângulo mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.1, p.179-190, 2005.

LLOYD, D.G. Some reproductive factors affecting the selection of self-fertilization in plants. **The American Naturalist**, v.113, n.1, p.67-79, 1979.

LOPES, I.S.; NÓBREGA, A.M.F.; MATOS, V.P. Maturação e colheita da semente de *Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Smith. **Ciência Florestal**, v.24, n.3, p.565-572, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. v.1, 4.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v.1, 7.ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2016. 384p.

LORENZI, H., MATOS, F.J. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas cultivadas. Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2006. 512p.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas Brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo *in natura*)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2006. 294p.

LUO, Y.B.; YU, J.L.; TONG, Z.K.; ZHAO, H.B. Flower development of different genders in the morphologically andromonoecious but functionally monoecious plant *Acer elegantulum* Fang et P. L. Chiu. **Flora**, v.233, p.179-185, 2017.

LUZ, C.; BAUDET, L.; TROGER, F. Comparação de métodos diretos para determinação do teor de água de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, n.2, p.157-163, 1993.

MACEDO, M.L.R.; FREIRE, M.G.M.; KUBO, C.E.; PARRA, J.R.P. Bioinsecticidal activity of *Talisia esculenta* reserve protein on growth and serine digestive enzymes during larval development of *Anticarsia gemmatalis*. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part C**, v.153, n.1, p.24-33, 2011.

MACEDO, M.L.R.; FREIRE, M.G.M.; NOVELLO, J.C.; MARANGONI, S. *Talisia esculenta* lectin and larval development of *Callosobruchus maculatus* and *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1571, n.2, p.83-88, 2002.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660p.

MARTINS, C.C.; BELISARIO, L.; TOMAZ, C.A.; ZUCARELI, C. Condições climáticas, características do fruto e sistema de colheita na qualidade fisiológica de sementes de jacarandá. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.627-632, 2008.

MATA, M.F.; SILVA, K.B.; BRUNO, R.L.A.; FELIX, L.P.; MEDEIROS FILHO, S.; ALVES, E.U. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata* Benth). **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.549-565, 2013.

MAZORRA, M.F.; QUINTANA, A.P.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; CHÁVES, B. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). **Agronomía Colombiana**, v.21, n.3, p.175-189, 2003.

McDONALD, M.B. Standardization of seed vigour tests. In: Congress of the international seed testing association, 24. **Proceedings...** Copenhagen: ISTA, p.88-97, 1995.

MENDONÇA, L.F.M.; LEITE, G.A.; MENDONÇA, V.; CUNHA, P.S.C.F.; PEREIRA, E.C. Fontes e doses de fósforo na produção de porta-enxertos de pitombeira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p.114-119, 2012.

MITCHELL, C.H.; DIGGLE, P.K. The evolution of unisexual flowers: morphological and functional convergence results from diverse developmental transitions. **American Journal of Botany**, v.92, n.7, 1068-1076, 2005.

NAKAGAWA, J. **Produção de sementes**. In: SEMENTES: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO POR TUTORIA A DISTÂNCIA, Brasília, 21 jan./08 março 1987. Palestra. Brasília: ABEAS, 1987. 40p. (Módulo, 2).

NERI-NUMA, I.A.; CARVALHO-SILVA, L.B.; FERREIRA, J.E.M.; MACHADO, A.R.T.; MALTA, L.G.; RUIZ, A.L.T.G.; CARVALHO, J.E.; PASTORE, G.M. Preliminary evaluation of antioxidant, antiproliferative and antimutagenic activities of pitomba (*Talisia esculenta*). **Food Science and Technology**, v.59, n.2, p.1233-1238, 2014.

OLIVEIRA, P.E. Dioecy in the Cerrado vegetation of Central Brazil. **Flora**, v.191, n.3, p.235-243, 1996.

ORO, P.; SCHULZ, D.G.; VOLKWEIS, C.R.; BANDEIRA, K.B.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. **Biotemas**, v.25, n.3, p.11-18, 2012.

PANNELL, J.R. The evolution and maintenance of androdioecy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.33, p.397-425, 2002.

PEDROSO, D.C.; MENEZES, V.O.; MUNIZ, M.F.B.; BELLÉ, R.; BLUME, E.; GARCIA, D.C. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de *Zinnia elegans* Jacq. colhidas em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.3, p.164-171, 2008.

PEREIRA, E.C.; DANTAS, L.L.G.R.; ALMEIDA, J.P.N.; MENDONÇA, L.F.M.; MENDONÇA, V. Fontes e doses de nitrogênio na produção de porta-enxertos de pitombeira (*Talisia esculenta* Radlk). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento sustentável**, v.6, n.3, p.197-202, 2011.

PÉREZ-CAMACHO, I.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V.A.; AYALA-GARAY, O.J.; CARRILLO-SALAZAR, J.A.; SANTOS, G.G.; PEÑA-LOMELÍ, A.; CRESPO, E.C. Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v.3, n.1, p.67-78, 2012.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A.; SCHUCH, L.O.B. Produção de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MANEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2012. p.13-103.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Org.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.215-274.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

QUEIROGA, A.X.M. **Caracterização física, química e funcional dos frutos da pitombeira (*Talisia esculenta*)**. 2015. 27f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

RADLKOFER, L. **Sapindaceae**. In: ENGLER, A (ed). Das Pflanzenreich IV, 165 (Heft 98 a-h). Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1931-1934. p.1-1539.

RAGAGNIN, L.; COSTA, E.C.; HOPPE, J.M. Maturação fisiológica de sementes de *Podocarpus lambertii* Klotzsch. **Ciência Florestal**, v.4, n.1, p.23-41, 1994.

REDDI, C.S.; REDDI, E.U.B.; REDDI, N.S.; REDDI, P.S. Reproductive ecology of *Sapindus emarginatus* Vahl. (Sapindaceae). **Proceedings of the Indian National Science Academy**, v.49, n.1B, p.57-72, 1983.

REIS, E.R. Maturação de sementes florestais. In: HOPPE, J.M. (Org.). **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático n. 1, 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2004. p.46-61.

RENNER, S.S.; RICKLEFS, R.E. Dioecy and its correlates in the flowering plants. **American Journal of Botany**, v.82, n.5, p.596-606, 1995.

RIBEIRO, S.F. **Influência de malhas fotoconversoras nos aspectos anatômicos e fisiológicos de *Talisia esculenta* (A. St. Hill.) Radlk.** 2014. 91f. Dissertação (Mestrado em Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

ROMAHN, V. **Árvores coníferas e palmeiras**. São Paulo: Editora Europa, 2007. v.1, 137p. (Enciclopédia Ilustrada 2200 Plantas e Flores).

ROSADO, A.; VERA-VÉLEZ, R.; COTA-SÁNCHEZ, J.H. Floral morphology and reproductive biology in selected maple (*Acer* L.) species (Sapindaceae). **Brazilian Journal of Botany**, v.41, n.2, p.361-374, 2018.

SAKAI, A.K.; WAGNER, W.L.; FERGUSON, D.M.; HERBST, D.R. Biogeographical and ecological correlates of dioecy in the Hawaiian flora. **Ecology**, v.76, n.8, p.2530-2543, 1995.

SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C.; FIGUEIRÔA, J.M.; SANTOS JUNIOR, A.G. (Ed.). **Espécies da flora Nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação de Plantas do Nordeste - APNE, 2005. 331p.

SANTOS, J.M.; OLIVEIRA, J.A.; LIMA, J.M.E.; SILVA, H.W. Maturidade fisiológica de sementes de pitaya. **Revista de Ciências Agrárias**, v.61, p.1-7, 2018.

SBRUSSI, C.A.G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; ALMEIDA, SILVA, B.V.A.B. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.543-549, 2014.

SCHULZ, D.G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**, v.25, n.1, p.45-51, 2014.

SCHULZ, D.G.; SCHNEIDER, C.F.; GUSATTO, F.C.; IGNÁCIO, V.L.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Physiological and enzymatic changes during seed maturation and germination of *Luehea divaricata*. **Floresta**, v.47, n.1, p.105-111, 2017.

SENA, D.V.A. **Maturação de frutos e sementes de *Sideroxylon obtusifolium* [(Roem. & Schult.) T.D. Penn.] em diferentes safras**. 2016. 75f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

SENA, L.H.M.; MATOS, V.P.; MEDEIROS, J.E.; SANTOS, H.H.D.; ROCHA, A.P.; FERREIRA, R.L.C. Storage of pitombeira seeds [*Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk. Sapindaceae] in different environments and packagings. **Revista Árvore**, v.40, n.3, p.435-445, 2016.

SENA, L.H.M. **Conservação de sementes e produção de mudas de pitombeira (*Talisia esculenta* (A. St. Hil.) Radlk.)**. 2014. 122f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, J.J.R.; SILVA, M.I.M.; AZEREDO, G.A.; SOUZA, V.C. Emergência de plântulas e armazenamento de endocarpos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. **Nucleus**, v.15, n.1, p.93-102, 2018a.

SILVA, M.L.M. **Armazenamento de sementes de *Talisia esculenta* (A. St.-Hil) Radlk.** 2015. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2015.

SILVA, P.C.C.; ALVES, E.U.; ARAÚJO, L.R.; CRUZ, J.O.; SILVA, N.C.C. Physiological maturation in seeds of *Lophantera lactescens* Ducke. **Revista Ciência Agrônômica**, v.50, n.2, p.312-320, 2019.

SILVA, R.C.; VIEIRA, E.S.N.; PANOBIANCO, M. Morphophysiological characteristics of guanandi fruit and seeds during ripening and harvesting time. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.2, p.212-220, 2018b.

SOLÍS, S.M.; ZINI, L.M.; GONZÁLEZ, V.V.; FERRUCCI, M.S. Floral nectaries in Sapindaceae s.s.: morphological and structural diversity, and their systematic implications. **Protoplasma**, v.254, n.6, p.2169-2188, 2017.

SOMNER, G.V.; FERRUCCI, M.S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; COELHO, R.L.G. Sapindaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB216>>. Acesso 19 ago 2018.

SOUZA, F.F. **Descrição de estádios fenológicos, maturação, qualidade fisiológica de sementes e diversidade genética em quinoa.** 2017. 207f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SOUZA, L.F.S.; SOUSA, P.B.; SILVA, E.F.; SILVA, M.J.M.; TEXEIRA, P.R.S. **Perfil fitoquímico da polpa de pitomba (*Talisia esculenta*).** 2012. 1p. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/1763.htm>>. Acesso em: 20 ago 2018.

SOUZA, M.P.; BATAGLION, G.A.; SILVA, F.M.A.; ALMEIDA, R.A.; PAZ, W.H.P.; NOBRE, T.A.; MARINHO, J.V.N.; SALVADOR, M.J.; FIDELIS, C.H.V.; ACHO, L.D.R.; SOUZA, A.D.L.; NUNOMURA, R.C.S.; EBERLIN, M.N.; LIMA, E.S.; KOOLEN, H.H.F. Phenolic and aroma compositions of pitomba fruit (*Talisia esculenta* Radlk.) assessed by LC-MS/MS and HS-SPME/GC-MS. **Food Research International**, v.83, p.87-94, 2016.



SOUZA, R.P.; VÁLIO, I.F.M. Seed size, seed germination, and seedling survival of Brazilian tropical species differing in successional status. **Biotropica**, v.33, n.3, p.447-457, 2001.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**. São Paulo: Nova Odessa, 2005. 640p.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado no APGII. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 480p.

SULUSOGLU, M.; CAVUSOGLU, A. *In vitro* pollen viability and pollen germination in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). **The Scientific World Journal**, v.2014, p.1-7, 2014.

TANURDZIC, M.; BANKS, J.A. Sex-determining mechanisms in land plants. **The Plant Cell**, v.16, Suplemento, p.S61-S71, 2004.

TOSTA, M.S.; ALMEIDA, J.P.N.; GÓES, G.B.; FREIRE, P.A.; MENDONÇA, V. Nitrogen fertilization in the production of seedlings of *Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.7, p.443-447, 2017.

VAN WELZEN, P.C. *Guoia Cav.* (Sapindaceae): Taxonomy, phylogeny, and historical biogeography. **Leiden Botanical Series**, v.12, p.1-315, 1989.

VIEIRA, F.A.; GUSMÃO, E. Biometria, armazenamento de sementes e emergência de plântulas de *Talisia esculenta* Radlk. (Sapindaceae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.4, p.1073-1079, 2008.

VIEIRA, F.A.; GUSMÃO, E. Uso de giberelinas na emergência de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. Hil.) Radlk. **Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.4, n.8, p.1-10, 2006.

VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: TCA/FAO/DGIS/FIDA/GTZ/UNAMAZ, 1996. 367p.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**. Tradução de J.B. Gonzales. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1998. 240p.

WOLF, D.E.; TAKEBAYASHI, N. Pollen limitation and the evolution of androdioecy from dioecy. **The American Naturalist**, v.163, n.1, p.122-137, 2004.

YADAV, N.; PANDEY, A.K.; BHATNAGAR, A.K. Cryptic monoecy and floral morph types in *Acer oblongum* (Sapindaceae): An endangered taxon. **Flora**, v.224, p.183-190, 2016.

ZIMMER, P.D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MANEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3.ed. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2012. p.105-160.

ZINI, L.M.; GALATI, G.B.; SOLIS, S.M.; FERRUCCI, M.S. Anther structure and pollen development in *Melicoccus lepidopetalus* (Sapindaceae): an evolutionary approach to dioecy in the family. **Flora**, v.207, n.10, p.712-720, 2012.

**ARTIGO I**

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.  
(SAPINDACEAE)**

(Artigo a ser enviado para o periódico Plant Biology)

## **Biologia reprodutiva de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae)**

Maria Lúcia Maurício da Silva<sup>1</sup>, Lenyneves Duarte Alvino de Araújo<sup>2</sup>,  
Edna Ursulino Alves<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, Paraíba, Brasil. E-mail: luciagronomia@hotmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Biológicas, CCA, UFPB, Areia, Paraíba, Brasil. E-mail: lenyneves@cca.ufpb.br

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, CCA, UFPB, Areia, Paraíba, Brasil. E-mail: ursulinoalves@hotmail.com

**RESUMO** - (Biologia reprodutiva de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. - Sapindaceae).

Estudos referentes à biologia reprodutiva de espécies nativas arbóreas de Sapindaceae são incipientes na literatura, por isso, investigamos aspectos da biologia reprodutiva de *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. com o objetivo de gerar conhecimentos sobre o seu sistema sexual e potencial reprodutivo. Para isso, coletamos dados sobre a biologia floral e sistema reprodutivo em populações naturais de ocorrência da espécie, para a qual constatou-se dois morfos sexuais: indivíduos com flores morfologicamente hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas pois suas anteras são sempre indeiscentes, sendo caracterizados como femininos e indivíduos com flores estaminadas, com deiscência longitudinal na antese, caracterizados como masculinos. A viabilidade polínica foi maior para indivíduos femininos de *T. esculenta*, entretanto, os masculinos produzem uma maior quantidade de flores por inflorescência e de pólen por flor. A germinação de grãos de pólen foi maior em meio de cultura sem sacarose, após 48 horas de incubação. A polinização cruzada manual entre diferentes indivíduos femininos gerou frutos em menor quantidade e qualidade, quando comparados com os frutos da polinização cruzada manual entre indivíduos masculinos e femininos. As flores funcionalmente pistiladas, embora produzam pólen viável, não se autopolinizam devido a sua hercogamia e a indeiscência das anteras. A espécie possui baixa taxa de reprodução e necessita de vetores bióticos para polinização. A análise das flores, de ambos os morfos sexuais, classifica *T. esculenta* como androdioica, do tipo dioica funcional. Estudos detalhados do sistema reprodutivo, aliados a estudos filogenéticos, são necessários para saber se a androdioicia em *T. esculenta* evoluiu da dioicia ou de ancestrais hermafroditas.

**Palavras-chave:** pitomba, dioicia, melitofilia.

## INTRODUÇÃO

A dioicia é o sistema sexual caracterizado pela produção de flores exclusivamente estaminadas ou pistiladas em indivíduos separados de uma mesma espécie (Tanurdzic & Banks 2004; Lenza & Oliveira 2005). No entanto, é possível a coexistência de indivíduos produzindo flores estaminadas e hermafroditas na mesma população, o que caracteriza a androdioicia, um sistema reprodutivo incomum na natureza (Pannell 2002), e que mais provavelmente, evoluiu da dioicia (Delph & Wolf 2005; Delph 2009) e não do hermafroditismo (Wolf & Takebayashi 2004).

A família Sapindaceae possui, em sua maioria, espécies monoicas e mais raramente dioicas ou poligâmicas (Avalos *et al.* 2017; Solís *et al.* 2017). Flores funcionalmente bissexuais são raras nas espécies dessa família (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2010), entretanto, flores estaminadas com gineceu rudimentar e hermafroditas com estames não-funcionais são uma característica comum nas espécies monoicas e dioicas (Ferrucci 2005).

Espécies de Sapindaceae, como *Magonia pubescens* A.St.-Hil. e *Allophylus edulis* (A. St.-Hil.) Hieron. ex Niederl., possuem flores estaminadas com gineceu reduzido a pistiloide, e óvulos que se degeneram nos estádios iniciais do seu desenvolvimento, enquanto em flores morfológicamente hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas, as anteras são indeiscentes na maturidade (González *et al.* 2014, 2017). As flores funcionalmente pistiladas de *Acer elegantulum* Fang et PL Chiu (Sapindaceae), possuem estames com filetes mais curtos e anteras maiores, mas sempre indeiscentes (Luo *et al.* 2017), enquanto as espécies *Paullinia weinmanniifolia* Mart. (Lima *et al.* 2016) e *Koelreuteria elegans* subsp. *formosana* (Hayata) F.G. Mey. (Avalos *et al.* 2017), além de anteras indeiscentes, os grãos de pólen são inviáveis.

As flores hermafroditas de *Tina striata* Radlk. (Sapindaceae) produzem grãos de pólen com a mesma viabilidade, estrutura de pólen, número e tipo de aberturas que as flores estaminadas, porém, as anteras não se tornam deiscentes e, portanto, não liberam os grãos de pólen (Vary *et al.* 2011). Ainda, segundo os referidos autores, o pólen de flores hermafroditas de *T. striata* têm menor capacidade para aderir e desenvolver tubos polínicos no estigma, que grãos de pólen de flores estaminadas. Em *Acer oblongum* Wall. ex DC., o pólen de flores morfológicamente hermafroditas possui viabilidade muito reduzida e potencial insuficiente para fertilizar os óvulos, além disso, não germinam no estigma da mesma flor (Yadav *et al.* 2016). A viabilidade dos grãos de pólen utilizados em uma polinização tem influência direta no sucesso da fertilização, uma vez que a relação entre viabilidade polínica, capacidade germinativa e formação de frutos é linear positiva (Sulusoglu & Cavusoglu 2014), e esse parece ser um ponto que deve ser considerado no estudo de espécies da família Sapindaceae.

Apesar da família Sapindaceae ser bastante diversificada (Zini *et al.* 2012) e amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2017), os trabalhos sobre biologia reprodutiva e sistemas de polinização concentram-se em um número limitado de espécies. A maioria dos estudos disponíveis na literatura incluem espécies asiáticas de *Acer*, espécies cosmopolitas de herbáceas ou trepadeiras. Os sistemas sexuais de *Acer* incluem monoiccia, dioiccia, trioiccia, andromonoiccia, androdioiccia e andropoligamia, com tendência à unissexualidade (Rosado *et al.* 2018). Treze, das 124 espécies de *Acer*, são dioicas e as demais monoicas (Renner 2014). *A. ginnala*, *A. tataricum* e o híbrido *A. ginnala*  $\times$  *A. tataricum* foram classificados como andromonoicas por possuírem flores hermafroditas e estaminadas no mesmo indivíduo e na mesma inflorescência (Rosado *et al.* 2018). *Serjania lethalis* A. St.-Hil., espécie de trepadeira andromonoica, possui uma fase unissexual ou díclina (com flores masculinas) e outra fase hermafrodita (Alves 2013).

A espécie *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae) é uma frutífera originária da Amazônia, mas de ampla ocorrência na Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica do Brasil (Acevedo-Rodríguez 2015), com elevado potencial madeireiro, florestal e comercial, com empregabilidade na construção civil para obras internas e indicada para reflorestamentos em áreas de mata ciliar (Lorenzi 2016). Apesar disso, não há informações sobre a reprodução dessa espécie, por isso, estudamos aspectos da biologia reprodutiva de *T. esculenta* em populações naturais, a fim de identificar o seu sistema sexual e potencial reprodutivo, gerando informações que auxiliarão no uso e manejo dessa espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Área de estudo:** Populações naturais de *T. esculenta* foram acompanhadas em quatro áreas de ocorrência da espécie no município de Areia (6°58'12"S e 35°42'15"W), Paraíba, Brasil: CCA, UFPB, Campus II (área I), Engenho Vaca Brava (área II), Sítio Viração (área III) e Fazenda São Patrício (área IV). Essas áreas estão em regime de temperatura média anual de 22 °C, umidade relativa em torno de 85% e totais pluviométricos anuais em torno de 1400 mm, segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA 2018).

Trinta indivíduos adultos de *T. esculenta* (doze masculinos e dezoito femininos) em fase de florescimento, foram avaliados durante os períodos de janeiro a fevereiro de 2017, e de dezembro a fevereiro de 2019. Um voucher de *T. esculenta* está depositado no Herbário Jayme Coêlho de Moraes (EAN) identificado como: 'BRASIL. Paraíba: Areia, s.d., M.L.M. Silva s.n.' (EAN 25774) como espécime testemunho.

**Biologia floral:** Selecionamos os indivíduos com boas condições fitossanitária e fisiológica disponíveis nas quatro áreas: quatro indivíduos masculinos e um feminino na área I, dois masculinos e dois femininos na área II, dois masculinos e 7 femininos na área III e quatro masculinos e oito femininos na área IV. Em campo, coletamos inflorescências (n = 100) portando botões florais em pré-antese e flores em antese de cinco indivíduos femininos e cinco masculinos, os quais foram fixados em etanol a 70% para posterior análise em laboratório.

Realizamos a análise da biologia floral de *T. esculenta* no Laboratório de Ecologia e Reprodução Vegetal do Departamento de Ciências Biológicas (LABERV/DCB), CCA/UFPB. Determinamos as médias de comprimentos das inflorescências com régua graduada em centímetros, o número de flores por inflorescência por sexo (n = 10 de cada indivíduo), medidas de comprimento da corola, diâmetro da corola e comprimento do carpelo com paquímetro digital (erro 0,01mm), e o comprimento dos estames de flores de indivíduos femininos e masculinos, através de estereomicroscópio utilizando ocular micrométrica. Na determinação dessas medidas utilizamos três inflorescências por indivíduo (n = 5 indivíduos de cada sexo) com um total de 10 flores por inflorescência. O período de antese foi determinado a partir da marcação de 10 botões florais em pré-antese de diferentes indivíduos e sexo, os quais foram acompanhados das 06h00min às 17h00min.

A presença de néctar nas flores de indivíduos masculinos e femininos de *T. esculenta* foi determinada pela confirmação visual a partir de uma escala de cores impressa no frasco de tiras-teste de glicemia Accu Chek Active. Para isso, ensacamos botões florais (n = 20, para cada sexo) no dia anterior à antese, de diferentes indivíduos, dos quais, dez foram utilizados para a verificação da presença de néctar as 06h00min e dez permaneceram ensacados para verificação as 17h00min, no primeiro dia de antese.

A receptividade do estigma foi testada através da aplicação direta da solução de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) no estigma de 10 botões florais, por indivíduo feminino (n = 10 indivíduos), ensacados em pré-antese. A reação caracterizada pela formação de pequenas bolhas foi observada com lente de aumento de 6x (Galen & Plowright 1987; Dafni *et al.* 2005). Coletamos três inflorescências por indivíduo feminino (n = 5 indivíduos) e avaliamos dez botões florais/flores nos estádios de pré-antese, antese e pós-antese, através da observação em estereomicroscópio, a fim de verificar a deiscência das anteras de flores de indivíduos femininos (morfologicamente hermafroditas).

Anteras retiradas de dez botões florais em pré-antese recém-coletados, de cinco indivíduos masculinos e cinco femininos (n = 15 inflorescências por sexo) de *T. esculenta*

foram maceradas sobre uma lâmina de vidro (Guerra & Souza 2002), acrescidas de uma gota do reativo de Alexander (Alexander 1980), e sobreposta com lamínula quadriculada (1 mm<sup>2</sup>). As lâminas foram colocadas sob microscópio óptico (aumento de 10x), e com o auxílio de um contador manual foi determinado o número total, viável e inviável de grãos de pólen por flor e a viabilidade polínica. Os grãos que ficaram corados de rosa intenso foram contabilizados como viáveis (com citoplasma), e os corados de azul claro, como grãos inviáveis de pólen (sem citoplasma) (Kearns & Inouye 1993). A partir da contagem do número de óvulos por flor (n = 10 flores por inflorescência) em estereomicroscópio, determinou-se a razão pólen/óvulo (P/O), segundo Cruden (1977).

A fim de confirmar a viabilidade polínica obtida pelo uso do reativo de Alexander, realizamos o teste de germinação *in vitro* de grãos de pólen de flores de indivíduos masculinos em meio de cultura líquido, considerando-se a solução de Brewbaker & Kwack (1963): 100 mg L<sup>-1</sup> de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + 100 mg L<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub> + 200 mg L<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub> (7H<sub>2</sub>O) + 100 mg L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + 300 mg L<sup>-1</sup> de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 4(H<sub>2</sub>O); ajustada com sacarose a 0, 10, 20, 30 e 40% (correspondendo a 0, 100, 200, 300, e 400 g L<sup>-1</sup>, respectivamente).

O meio de cultura, acima descrito, na quantidade equivalente a uma gota, foi aplicado sobre as anteras maceradas em uma lâmina de vidro, colocadas sobre isopor e acondicionadas em placas de Petri<sup>®</sup> contendo duas folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, simulando uma câmara úmida. As placas de Petri<sup>®</sup> foram acondicionadas em três condições ambientais, com base nas temperaturas mínima (20 °C), máxima (30 °C) e média (25 °C) observadas para o município de Areia, Paraíba, Brasil, no período de florescimento dos indivíduos (fevereiro de 2017): (1) ambiente de laboratório com temperatura controlada (20 °C); (2) ambiente de B.O.D. (*Biological Oxygen Demand*), com temperatura constante de 30 °C e fotoperíodo de 12 horas; (3) ambiente de laboratório com temperatura média de 25 °C e UR de 75%.

As observações, para determinação do número de grãos de pólen germinados foram realizadas em microscópio óptico (aumento de 10x), após períodos de 6, 12, 24 e 48 horas de incubação. Para tal, nas lâminas, foram acrescidas uma gota do reativo de Alexander para melhor visualização dos grãos de pólen que desenvolveram ou não tubos polínicos. A porcentagem de grãos de pólen germinados foi determinada através da contagem dos grãos com tubos polínicos desenvolvidos, visualmente igual ou superior ao tamanho do próprio pólen em relação ao número de grãos de pólen total (Zhang *et al.* 1997; Fonseca *et al.* 2010).



**Sistema Reprodutivo:** As polinizações controladas foram realizadas em campo utilizando três inflorescências (com o mínimo de dez flores) por indivíduo feminino, somando um total de 30 inflorescências para cada tratamento: (1) polinização natural (controle), (2) polinização cruzada manual do indivíduo masculino para feminino e (3) polinização cruzada manual entre indivíduos femininos. Os botões florais em pré-antese, utilizados no tratamento controle foram contados e marcados para o acompanhamento do desenvolvimento de frutos aos 30 e 60 dias após a antese. Para os tratamentos de polinização cruzada, botões femininos em pré-antese, não emasculados, foram ensacados para evitar o contato dos visitantes florais com as flores. Após a abertura, realizamos os cruzamentos utilizando pincéis de ponta fina e cerdas macias, e em seguida, as inflorescências foram novamente ensacadas e monitoradas, realizando-se a contagem dos frutos formados, aos 30 e 60 dias após a polinização.

Determinamos a taxa de aborto de frutos aos 60 dias após antese e calculamos a eficácia reprodutiva (ER) pela divisão do percentual de frutificações resultantes dos testes de polinização natural pelo percentual de frutificações resultantes dos testes de polinização cruzada. Valores abaixo de 0,66 indicam baixa ER e valores acima de 0,81 indicam alta ER (*sensu* Sobrevilla & Arroyo 1982). O potencial de produção de frutos da espécie, resultantes das polinizações natural e cruzada, foi avaliado a partir das seguintes características: número de frutos formados por inflorescência (observados aos 30 e 60 dias após a polinização), tamanho (comprimento, largura e espessura) e peso dos frutos.

**Análise estatística:** O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso e após testada a normalidade dos dados (Zar 1999), realizamos testes *t* entre número, peso e dimensões (comprimento, largura e espessura) de frutos formados nos tratamentos de polinização natural (controle) e polinização cruzada manual para comparar as características de potencial de produção de frutos e se os polinizadores das áreas estariam atuando para o máximo sucesso reprodutivo da espécie. Os dados com distribuição contínua foram transformados em  $\log(x + 1)$  e os expressos em percentagem foram transformados em  $\arcsen \sqrt{x/100}$ . Os dados foram submetidos à avaliação de aderência à distribuição normal através do teste de Kolmogorov-Smirnov. A comparação entre os dados de polinização natural e cruzada manual e também de germinação do tubo polínico foram realizados através da análise de variância e regressão polinomial, utilizando-se o modelo de regressão de maior significância e melhor ajuste aos dados. Quando houve distribuição normal dos dados e as variâncias foram consideradas equivalentes pelo teste de Levene, e quando pertinente, as

médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os modelos não-paramétricos de Kruskal-Wallis e Wilcoxon, assim como o coeficiente de correlação de Spearman, foram utilizados nas comparações quando os dados não seguiram uma distribuição normal. As médias referentes ao comprimento de inflorescência, número de flores por inflorescência, comprimento de corola, diâmetro de corola, comprimento de carpelo, comprimento de estame, número de óvulos e de estames por flor, número de grãos de pólen por flor, viabilidade polínica e a razão pólen/óvulo foram comparadas pelo teste *t* e todas as avaliações foram executadas no programa SAS 9.2 (SAS Institute 2011).

## RESULTADOS

**Biologia floral:** Indivíduos femininos e masculinos de *T. esculenta* produziram inflorescências axilares terminais com diferenças morfométricas significativas entre si (Tabela 1; Figuras 1A-B). As inflorescências dos indivíduos masculinos são, aproximadamente, o dobro do tamanho e produzem um número de flores, significativamente, maior do que as inflorescências dos indivíduos femininos (Tabela 1).

Os indivíduos femininos produzem inflorescências com flores morfologicamente hermafroditas, brancas, de aroma doce e facilmente perceptível ao olfato humano, as quais possuem três óvulos por flor e oito estames inseridos no receptáculo, acima do nectário floral, aderidos à base do gineceu, com filetes subsésseis e anteras não-deiscentes (Figura 1C) em todos os estádios (pré-antese, antese e pós-antese) em 100% das flores avaliadas. As inflorescências dos indivíduos masculinos produzem flores exclusivamente estaminadas, brancas e com aroma adocicado perceptível ao olfato humano. As flores possuem diâmetro médio de corola, significativamente, menor que as hermafroditas e têm oito estames inseridos no receptáculo, acima do nectário floral, os quais possuem filetes longos, pubescentes e anteras com deiscência longitudinal no período de antese (Figura 1D).

Nas populações observadas, parece não haver sincronia de florescimento, e consequentemente, de frutificação entre os indivíduos femininos, uma vez que observamos, em uma mesma população, no mesmo período, indivíduos femininos com frutos maduros, outros com frutos em desenvolvimento e indivíduos em florescimento. Em uma mesma inflorescência observamos botões florais e flores em diferentes estádios (pré-antese, antese e pós-antese), porém não constatamos a presença de flores e frutos, ao mesmo tempo, na mesma inflorescência. Por outro lado, observamos a presença de indivíduos masculinos e femininos em florescimento, ao mesmo tempo, em uma mesma população.

A antese das flores de indivíduos masculinos e femininos de *T. esculenta* teve início antes das 06h00min, permanecendo até as 17h00min, horário no qual encerramos as observações, no primeiro dia de antese. No segundo dia de antese, observamos que as mesmas flores se encontravam abertas as 06h00min, e que o início da senescência floral ocorreu no início da tarde, caracterizado pelo escurecimento e murchamento das pétalas e total exposição do carpelo nas flores hermafroditas, totalizando aproximadamente 30 horas de antese. A abertura das flores estaminadas e hermafroditas ocorre com o desenrolar das pétalas de dentro para fora, porém apenas se desenrolam, sem abrir totalmente. Em função disso, nas flores morfológicamente hermafroditas, as anteras não ficam expostas, uma vez que os estames são menores que a metade do comprimento da corola e, portanto, ficam encobertos pelas pétalas. Além disso, as anteras não se tornam deiscentes durante a antese dessas flores, fato que as classificam como funcionalmente pistiladas. Nas flores estaminadas, os ápices das anteras ficam expostos, e podemos observar, logo no primeiro dia de antese, a liberação de uma massa polínica de coloração amarelada e aderente.

A presença de néctar nas flores estaminadas e funcionalmente pistiladas foi constatada em 100% das flores avaliadas no início da manhã (06h00min) e também das flores avaliadas no final da tarde (17h00min), porém não foi possível avaliar o volume e a concentração do néctar devido à quantidade imensurável produzida. O maior índice de receptividade do estigma ocorreu entre 09h00min e 15h00min, caracterizados pela formação de pequenas bolhas em cerca de 30% das flores avaliadas.

Durante os experimentos em campo, observamos que tanto as flores dos indivíduos masculinos, como dos femininos receberam visitas de espécies de abelhas, no entanto, não realizamos o monitoramento para identificar o período, a frequência e a eficiências desses visitantes florais.

A quantidade de grãos de pólen total, viável e inviável de *T. esculenta* foi maior nas flores estaminadas (Figura 1E; Tabela 2). A viabilidade polínica foi de 99,94% para as flores funcionalmente pistiladas, a qual foi maior que a viabilidade obtida nas flores estaminadas (99,84%), embora a razão P/O entre os morfos não tenha sido significativa pelo teste t (Tabela 2). Os grãos de pólen das flores estaminadas possuem, claramente, três aberturas (grão de pólen tricolpado), o que não foi possível ser identificado nos grãos de pólen das flores funcionalmente pistiladas, os quais aparentemente têm formato mais arredondado.

A interação entre concentração de sacarose e tempo de incubação foi significativa ( $p \leq 0,05$ ), isso implica dizer que esses fatores interagem e influenciam a germinação de grãos de pólen da espécie, de modo que a maior porcentagem de germinação foi obtida quando

utilizamos os meios de cultura sem o acréscimo de sacarose (0%) e com concentração de sacarose a 20%, à medida que aumentamos o tempo de incubação (Figura 2). A maior emissão de tubos polínicos (até 50%) (Figura 1F) ocorreu quando utilizamos meio de cultura sem sacarose (0%), incubados por 48 horas, porém, meios de cultura com concentrações de sacarose de 10, 30 e 40% não se mostraram adequados para a germinação de grãos de pólen da espécie (Figura 2).

**Sistema reprodutivo:** O tipo de polinização realizada na espécie *T. esculenta* influencia de forma significativa a quantidade e a qualidade dos frutos formados (Tabela 3). A polinização natural (controle) e a cruzada manual entre os indivíduos masculino x feminino (M x F) resultaram em uma quantidade maior de frutos formados, com maiores médias de peso, comprimento, largura e espessura. Os frutos obtidos na polinização cruzada manual entre os indivíduos femininos (F x F) tinham tamanho e peso significativamente menores (Tabela 4). Trinta dias após a polinização, observamos que houve formação de frutos em todos os tratamentos, porém sessenta dias após a polinização constatamos uma taxa de aborto de 20% nos tratamentos controle e polinização cruzada manual M x F, e de 5% no cruzamento manual F x F. Apesar da eficácia reprodutiva (ER) ter sido alta nos dois sistemas de polinização testados, 1,06 para a polinização cruzada manual M x F e 3,03 para a cruzada manual F x F, a taxa de formação de frutos aos 60 dias nos testes de polinização natural (controle) e cruzada manual M x F, não chegou a 30% das flores polinizadas.

Constatamos que a quantidade de frutos formados, observados trinta dias após a polinização, é dependente do número de flores polinizadas, conseqüentemente, a quantidade de frutos que permanecem na planta, sessenta dias após a polinização, tem correlação significativa e positiva com a quantidade de frutos formados. Isso implica dizer que, quanto maior o número de flores polinizadas, independentemente do sistema de polinização, maior será a quantidade de frutos formados, e conseqüentemente, de frutos maduros. O comprimento, a largura, a espessura e o peso dos frutos se correlacionam de forma significativa e positiva, ou seja, quanto maior o tamanho do fruto, maior será seu peso (Tabela 5).

## DISCUSSÃO

**Biologia floral:** As inflorescências dos indivíduos masculinos de *T. esculenta* são visivelmente maiores, mais ramificadas, com produção de flores mais abundante e aparentemente mais aromáticas que as flores morfológicamente hermafroditas, características

que as tornam mais vistosas e atrativas aos polinizadores. A maior abundância de flores exclusivamente estaminadas da espécie, aliada a uma grande quantidade de pólen, aumentam a atratividade aos polinizadores, garantindo assim, a polinização dentro das populações (fluxo gênico) e elevam a doação de pólen garantindo as visitas das abelhas (Yadav *et al.* 2016).

Os comprimentos de inflorescência, estames e corola foram maiores nas flores estaminadas, entretanto, o diâmetro de corola foi significativamente maior nas flores funcionalmente pistiladas, provavelmente devido à presença do carpelo com ovário de formato oval, circundado pelos estames. As diferenças de tamanho e atratividade entre flores estaminadas e pistiladas são características sexuais secundárias que funcionam como estratégias adaptativas, possibilitando o fluxo direcional de pólen à estigmas coespecíficos (Grant 1995). Além disso, a disposição das flores em inflorescência pode aumentar a atração de polinizadores, através do aumento do display floral e ainda funcionar como plataformas de pouso para os visitantes florais (Proctor *et al.* 1996).

A menor viabilidade polínica das flores estaminadas de *T. esculenta* é compensada pela produção de um maior número de flores por inflorescência e uma maior quantidade de grãos de pólen por flor, atributos que segundo Rosado *et al.* (2018), garantem o sucesso da polinização. Além disso, embora a viabilidade seja maior nas flores funcionalmente pistiladas, seus estames têm anteras indeiscentes e, portanto, os grãos de pólen não estão disponíveis para a polinização.

A elevada razão pólen-óvulo registrada para *T. esculenta*, classifica a espécie como xenogâmica obrigatória (Cruden 1977), indicando que esta necessita, obrigatoriamente, de um vetor biótico para polinização. A baixa proporção da receptividade do estigma observada para a espécie coincidiu com a quantidade de frutos formados após os 60 dias da polinização, sugerindo que a planta disponibiliza 70% de suas flores femininas para aumentar o display floral.

Dentre os aspectos morfológicos analisados, a principal diferença entre os morfos foi a presença de estames com filetes mais curtos e anteras maiores não-deiscentes circundando o carpelo nas flores funcionalmente pistiladas, enquanto que nas flores estaminadas, os estames são duas vezes maiores e apresentam anteras com deiscência longitudinal. Os estames maiores nas flores estaminadas de *T. esculenta* pode favorecer uma maior possibilidade de transferência de pólen para o indivíduo feminino, evitando o cruzamento entre os indivíduos com flores morfológicamente hermafroditas, nos quais a taxa de formação de frutos é bem menor. Segundo Vary *et al.* (2011), a presença de um androceu menor nas flores hermafroditas do que nas estaminadas, sugere a perda da função masculina nessas flores. Isso

reafirma a necessidade de um vetor biótico para a efetiva polinização e formação de frutos na espécie *T. esculenta*, uma vez que esta não consegue se autopolinizar em função da forte hercogamia e da indeiscência das anteras nas suas flores morfológicamente hermafroditas.

A partir da análise dos atributos e recursos florais, *T. esculenta* se enquadra como uma espécie melitófila (Faegri & Pjil 1979), caracterizada pela presença de flores com aroma adocicado, presença de néctar e anteras com massa polínica amarela atraente (Culley *et al.* 2002) nas flores estaminadas, durante a antese. Outras espécies da família Sapindaceae, como *Acer elegantulum* Fang et PL Chiu, também têm o mesmo padrão morfológico observado em *T. esculenta*; ou seja, flores hermafroditas com filetes significativamente mais curtos e anteras maiores e sempre indeiscentes (Luo *et al.* 2017). A produção de flores morfológicamente hermafroditas com anteras sempre indeiscentes, mas com o número de grãos de pólen e viabilidade semelhantes às flores estaminadas, observadas em *T. esculenta*, também foi registrada em outras espécies de Sapindaceae, a exemplo de *Tina striata* Radlk., na qual as anteras não-deiscentes de flores femininas produziram grãos de pólen viáveis, mas com capacidade reduzida para germinar e baixo potencial para fertilizar óvulos (Vary *et al.* 2011). No caso da espécie *Paullinia weinmanniifolia* Mart., há a produção de flores morfológicamente bissexuais e funcionalmente unissexuais, entretanto, o pólen produzido nas anteras indeiscentes das flores hermafroditas são 100% inviáveis (Lima *et al.* 2016).

Nas populações acompanhadas de *T. esculenta*, ocorrem indivíduos masculinos com flores estaminadas e indivíduos femininos com flores bissexuais, mas funcionalmente pistiladas. A espécie é, portanto, androdioica, do tipo dioicia funcional (Lloyd 1979), porque apesar de possuir flores hermafroditas com pólen viável, estes não estão disponíveis para a polinização, devido à indeiscência permanente das anteras. Nas Angiospermae, a androdioicia é considerada um sistema sexual raro (Lloyd 1975; Charlesworth 1984), presente em poucas espécies lenhosas, que evoluíram de ancestrais hermafroditas e em espécies herbáceas, com ancestrais dioicos (Lopes *et al.* 2018). No entanto, estudos detalhados do sistema reprodutivo, aliados a estudos filogenéticos, são necessários para saber se a androdioicia em *T. esculenta* evoluiu da dioicia ou de ancestrais hermafroditas.

Na família Sapindaceae, todas as espécies de lianas são monoicas, e as dioicas são arbustos ou arbóreas (Lima *et al.* 2016), entretanto, estudos sobre sistemas reprodutivos de espécies arbóreas nessa família, a exemplo de *T. esculenta*, são escassos. Essa família é comumente caracterizada por produzir flores funcionalmente unissexuais, mas morfológicamente bissexuais (Acevedo-Rodríguez *et al.* 2010; Ronse De Craene 2010),

embora muitos pesquisadores (Radlkofer 1931-1934; Croat 1976; Aluri *et al.* 1998; Judd *et al.* 2009), frequentemente, as descrevam como poligâmicas.

Na maioria das espécies citadas na literatura, a esterilização de um dos sexos começa tardiamente no desenvolvimento da meiose, por isso, flores unissexuais masculinas têm carpelos estéreis (carpeloides), e as femininas, estames estéreis (estaminoides) (Cao *et al.* 2017). Analisando anteras de flores estaminadas e pistiladas de *Melicoccus lepidopetalus* Radlk. (Sapindaceae), utilizando microscopia eletrônica, Zini *et al.* (2012) verificaram que anteras jovens são semelhantes nos dois tipos florais, porém diferem anatomicamente quando maduras. De acordo com os autores, na antera madura das flores estaminadas há células epidérmicas comprimidas e endotécicas com espessamentos fibrilares, enquanto nas anteras maduras de flores funcionalmente pistiladas, a epiderme não é comprimida, o endotécio não desenvolve espessamentos fibrilares, as camadas médias e o tapete geralmente persistem e o estômio não é funcional, caracteres que impedem a deiscência das anteras. Resultados semelhantes foram observados para a espécie *Magonia pubescens* A.St.-Hil. (González *et al.* 2017), na qual flores estaminadas e hermafroditas são morfologicamente iguais, mas anatomicamente diferentes.

Em algumas espécies, a permanência do androceu em flores funcionalmente pistiladas pode representar uma vantagem adaptativa, aumentando a atratividade para os polinizadores (Bawa 1977), o que não parece ser o caso de *T. esculenta*, uma vez que os estames das flores hermafroditas ficam totalmente protegidos pelos verticilos florais estéreis, impedindo o acesso dos visitantes florais mesmo quando as flores se encontram em antese. A existência de flores hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas, em indivíduos femininos de *T. esculenta* sugere que o tempo evolutivo não foi suficiente para a remoção dos estames nestas flores, e, portanto, esse morfo floral representaria um estado transitório na evolução da unissexualidade para a dioiccia (Mayer & Charlesworth 1991).

As concentrações de sacarose mais elevadas no meio de cultura não foram adequadas para a germinação de grãos de pólen da espécie, provavelmente, porque essas concentrações tornaram o meio muito viscoso, dificultando a absorção de água pelos mesmos, e exigindo portanto, um tempo maior para sua hidratação e crescimento do tubo polínico. O papel da sacarose no meio de cultura é fornecer energia para os processos biossintéticos envolvidos no crescimento, diferenciação e morfogênese celular (Silva *et al.* 2017), entretanto, ocorre variação na concentração de sacarose requerida pelas diferentes espécies. De acordo com esses autores, essa variação está relacionada com a reserva nutricional contida no grão de pólen de cada espécie, os quais necessitam de uma quantidade diversificada de sacarose e que

concentrações excessivas ou muito baixas adicionadas ao meio, causariam o rompimento do grão de pólen, por meio do desequilíbrio osmótico.

**Biologia reprodutiva:** A baixa formação de frutos e a alta porcentagem de frutos abortados em *T. esculenta*, resultantes da polinização natural e cruzada manual entre os morfos (M x F), pode ser devido a estratégias reprodutivas da espécie em nível genético, ainda desconhecidas. Esses resultados evidenciam a necessidade de estudos para identificar e avaliar os possíveis mecanismos de incompatibilidade, bem como a eficiência dos polinizadores locais de *T. esculenta*. Claramente, a espécie possui um elevado investimento na formação de flores com recursos que resulta em uma taxa de apenas 25-30% de sucesso reprodutivo e isso precisa ser investigado. Em *Cupania vernallis* Camb. (Sapindaceae), Ferreira (2009) também constatou um considerável número de abscisão de flores e frutos mal formados nos testes de polinização natural (aberta) e autopolinização, atribuídos a não polinização efetiva dessas flores. Segundo Filgueira (1972), frutos mal formados ou abortados (incapazes de completar seu desenvolvimento) são resultantes de uma polinização deficiente.

No experimento de polinização cruzada manual entre os diferentes indivíduos femininos (pólen de flores hermafroditas) observamos a formação de frutos, em menor quantidade e qualidade inferior, porém a taxa de aborto foi significativamente menor, e a eficácia reprodutiva foi mais elevada que na polinização cruzada manual entre indivíduos masculino e feminino. Mesmo assim, naturalmente, não é possível haver a formação desse tipo de fruto devido à forte hercogamia e indeiscência permanente das anteras nas flores hermafroditas necessitando, portanto, da presença de insetos polinizadores nas áreas de ocorrência de *T. esculenta*.

## CONCLUSÕES

As flores dos indivíduos masculinos de *Talisia esculenta* são exclusivamente estaminadas, enquanto nos femininos as flores são morfológicamente hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas;

A principal diferença entre os morfos é a presença de estames longos com anteras deiscentes nas flores estaminadas, enquanto nas flores funcionalmente pistiladas, os estames são curtos com anteras não-deiscentes;

A viabilidade polínica nas flores funcionalmente pistiladas é maior que nas flores estaminadas, entretanto estas não se autopolinizam devido a sua hercogamia e a não-deiscência das anteras;



*T. esculenta* é uma espécie androdioica, do tipo dioica funcional, devido a indeiscência das anteras das flores funcionalmente pistiladas, que necessita de vetores bióticos para a polinização, além disso, os atributos e recursos florais a caracterizam como uma espécie melitófila.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de Doutorado à primeira autora. À Universidade Federal da Paraíba pelo suporte técnico-científico para o desenvolvimento desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Acevedo-Rodríguez P (2015) *Talisia in lista de espécies da flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20984>>. Acesso em: 21 dez 2018.
- Acevedo-Rodríguez P, Van Welzen P, Adema F, Van Der Ham RWJM (2010) Sapindaceae. In: Kubitzki, K. (ed). *Flowering plants, eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtaceae*. The families and genera of vascular plants. Berlin: Springer, 371-422.
- Acevedo-Rodríguez P, Wurdack KJ, Ferrucci MS, Johnson G, Pedro Dias P, Coelho RG, Somner GV, Steinmann VW, Zimmer EA, Strong MT (2017) Generic relationships and classification of Tribe *Paullinieae* (Sapindaceae) with a new concept of Supertribe Paullinioidae. *Systematic Botany*, 42, 96-114.
- AESA (2018) *Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba*. João Pessoa, Brasil 2018. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude>. Acesso: 19 jul 2018.
- Alexander MPA (1980) Versatile stain for pollen fungi, yeast and bacterium. *Stain Technology*, 1, 13-18.
- Aluri JSR, Subba Reddi C, Rama DK (1998) Temporal dioecism and pollination by wasps and bees in *Allophylus serratus* (Roxb.) Radlk. (Sapindaceae). *Plant Species Biology*, 13, 1-5.
- Alves TTL (2013) *Potencial do cipó-uva (Serjania lethalis) como fonte de néctar para exploração apícola na Chapada do Araripe*. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco, Fortaleza, Brasil.

- Avalos AA, Lattar EC, Galati BG, Ferrucci MS (2017) Nectary structure and ultrastructure in two floral morphs of *Koelreuteria elegans* subsp. *formosana* (Sapindaceae). *Flora*, 226, 29-37.
- Bawa KS (1977) Reproductive biology of *Cupania guatemalensis* Radlk. (Sapindaceae). *Evolution*, 31, 52-63.
- Brewbaker JL, Kwack BH (1963) The essential role of calcium in pollen germination and pollen tube growth. *American Journal of Botany*, 50, 859-865.
- Cao LM, De Craene LPR, Wang ZX, Wang YH (2017) The floral organogenesis of *Eurycorymbus cavaleriei* (Sapindaceae) and its systematic implications. *Phytotaxa*, 297, 234-244.
- Charlesworth D (1984) Androdioecy and the evolution of dioecy. *Biological Journal of the Linnean Society*, 23, 333-348.
- Croat TB (1976) *Sapindaceae*. In: Flora of Panama. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 63, 509-522.
- Cruden RW (1977) Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 35, 964-974.
- Culley M, Weller SG, Sakai AK (2002) The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology and Evolution*, 17, 361- 369.
- Dafni A, Kevan PG, Husband BC (2005) *Practical Pollination Biology*. Eviroquest Ltda. Cambridge, Ontario, Canada, 590pp.
- Delph LF (2009) Sex allocation: evolution to and from dioecy. *Current Biology*, 19, 249-251.
- Delph LF, Wolf DE (2005) Evolutionary consequences of gender plasticity in genetically dimorphic breeding systems. *New Phytologist*, 166, 119-128.
- Faegri K, Pijl L. (1979) *The principles of pollination Ecology*. New York: Pergamon Press 249pp.
- Ferreira DL (2009) *Interações entre Cupania vernalis Camb. (Sapindaceae) e insetos antófilos em fragmentos florestais no sul do Brasil*. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Ferrucci MS (2005) *Sapindaceae*. In: Bacigalupo NM (Ed) Flora Ilustrada de Entre Ríos (Argentina), tomo VI, parte 4B. Erre Gé & Asoc, Buenos Aires, 218-241.
- Filgueira FAR (1972) *Manual de Olericultura: cultura e comercialização de hortaliças*. São Paulo, Brasil: Agronômica Ceres Ltda., 2.ed., 447pp.
- Fonseca SM, Resende MDV, Alfenas AC, Guimarães LMS, Assis TF, Grattapaglia D (2010) *Manual prático de melhoramento genético do eucalipto*. Viçosa, MG: UFV. 13-114.

- Galen C, Plowright RC (1987) Testing the accuracy of using peroxidase activity to indicate stigma receptivity. *Canadian Journal of Botany*, 6, 107-111.
- Gleiser G, Verdú M (2005) Repeated evolution of dioecy from androdioecy in *Acer*. *New Phytologist*, 165, 633-640.
- González VV, Solís SM, Ferrucci MS (2014) Anatomía reproductiva en flores estaminadas y pistiladas de *Allophylus edulis* (Sapindaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 49, 207-216.
- González VV, Solís SM, Ferrucci MS (2017) Embryological studies of *Magonia pubescens* (Dodonaceae, Sapindaceae): development of male and female gametophytes in both floral morphs and its phylogenetic implications. *Australian Systematic Botany*, 30, 279-289.
- Grant V (1995) Sexual selection in plants: pros and cons. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92, 1247-1250.
- Guerra M, Souza MJ (2002) *Como observar cromossomos: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana*. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC, 131pp.
- Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ (1999) *Plant systematics: a phylogenetic approach*. Massachusetts: Sinauer Associates, 464pp.
- Kearns CA, Inouye DW (1993) *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, Niwot.
- Lenza E, Oliveira PE (2005) Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dióica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 28, 179-190.
- Lima HA, Somner GV, Giulietti AM (2016) Duodichogamy and sex lability in Sapindaceae: the case of *Paullinia weinmanniifolia*. *Plant Systematics and Evolution*, 302, 109-120.
- Lloyd DG (1975) The maintenance of gynodioecy and androdioecy in Angiosperms. *Genetica*, 45, 325-339.
- Lloyd DG (1979) Some reproductive factors affecting the selection of self-fertilization in plants. *American Naturalist*, 113, 67-79.
- Lopes JC, Chatrou LW, Melo-Silva R, Sajo MG (2018) Phylogenomics and evolution of floral traits in the Neotropical tribe Malmeeae (Annonaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 118, 379-391.
- Lorenzi H (2016) *Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. v.1, 7.ed. São Paulo: Instituto Plantarum. 384pp.

- Luo YB, Yu JL, Tong ZK, Zhao HB (2017) Flower development of different genders in the morphologically andromonoecious but functionally monoecious plant *Acer elegantulum* Fang et P. L. Chiu. *Flora*, 233, 179-185.
- Mayer MM, Charlesworth D (1991) Cryptic dioecy in flowering plants. *Trends in Ecology & Evolution*, 6, 320-325.
- Pannell JR (2002) The evolution and maintenance of androdioecy. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 397-425.
- Proctor M, Yeo P, Lack A (1996) *The natural history of pollination*. London: Harper Collins Publishers, 479pp.
- Radlkofer LAT (1931-1934) *Sapindaceae*. In: Engler A (ed) *Das Pflanzenreich IV*, 165 (Heft 98 a-h). Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1-1539.
- Renner SS (2014) The relative and absolute frequencies of angiosperm sexual systems: dioecy, monoecy, gynodioecy, and an updated online database. *American Journal of Botany*, 101, 1588-1596.
- Ronse De Craene LP (2010) *Floral diagrams. An aid to understanding flower morphology and evolution*. Cambridge University Press, Cambridge. 441pp.
- Rosado A, Vera-vélez R, Cota-Sánchez JH (2018) Floral morphology and reproductive biology in selected maple (*Acer* L.) species (Sapindaceae). *Brazilian Journal of Botany*, 41, 361-374.
- Silva DF, Pio R, Nogueira PV, Silva PAO, Figueiredo AL (2017) Viabilidade polínica e quantificação de grãos de pólen em espécies de fisális. *Revista Ciência Agronômica*, 48, 365-373.
- Sobrevilla C, Arroyo MTK (1982) Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant Systematics and Evolution*, 140, 19-37.
- Solís SM, Zini LM, González VV, Ferrucci MS (2017) Floral nectaries in Sapindaceae s.s.: morphological and structural diversity, and their systematic implications. *Protoplasma*, 254, 2169-2188.
- Sulusoglu M, Cavusoglu A (2014) In vitro pollen viability and pollen germination in cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *The Scientific World Journal*, 2014, 1-7.
- Tanurdzic M, Banks JA (2004) Sex-determining mechanisms in land plants. *The Plant Cell*, 16, 61-71.
- Vary LB, Sakai AK, Weller SG (2011) Morphological and functional sex expression in the Malagasy endemic *Tina striata* (Sapindaceae). *American Journal of Botany*, 98, 1040-1048.

- Wolf DE, Takebayashi N (2004) Pollen limitation and the evolution of androdioecy from dioecy. *The american naturalist*, 163, 122-137.
- Yadav N, Pandey AK, Bhatnagar AK (2016) Cryptic monoecy and floral morph types in *Acer oblongum* (Sapindaceae): An endangered taxon. *Flora*, 224, 183-190.
- Zar JH (1999) *Biostatistical analysis*. 4.ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, XII, 931p.
- Zhang C, Fountain WD, Morgan ER (1997) In vitro germination of the trinucleate pollen of *Limonium perezii*. *Grana*, 36, 284-288.
- Zini LM, Galati GB, Solís SM, Ferrucci MS (2012) Anther structure and pollen development in *Melicoccus lepidopetalus* (Sapindaceae): An evolutionary approach to dioecy in the family. *Flora*, 207, 712-720.

**Tabela 1.** Morfometria das inflorescências e flores de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil. Valores médios de comprimento de inflorescência (CI), número de flores por inflorescência (NF/I), comprimento de corola (CCo), diâmetro de corola (DCo), comprimento de carpelo (CCa), comprimento de estames (CEs), número de óvulos (Ov/F) e de estames (Es/F) por flor.

Sexo	CI (cm)	NF/I	CCo	DCo (cm)	CCa	CEs	Ov/F	Es/F
Feminino	11,52	37,64	0,59	0,45	0,44	0,21	3	8
Masculino	21,43	170,68	0,64	0,36	-	0,47	-	8
Teste t (Pr > F)	0,0083	0,0004	0,3858	0,0010	-	0,0000	-	-

Pr > 0,05 = não significativo, Pr < 0,01 = significativo a 1%, e Pr < 0,05 = significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

**Tabela 2.** Valores médios do número de grãos de pólen total (GPT/F), viável (GPV/F) e inviável (GPI/F) por flor, viabilidade e razão pólen/óvulo (P/O) em populações naturais de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil.

Sexo	GPT/F	GPV/F	GPI/F	Viabilidade (%)	Razão P/O
Feminino	19648,91	19587,31	61,60	99,94	6549,77
Masculino	22146,77	21855,84	290,93	99,84	7382,26
Teste t (Pr > F)	0,08443	0,10137	0,00771	0,04543	0,08451

Pr > 0,05 = não significativo, Pr < 0,01 = significativo a 1%, e Pr < 0,05 = significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

**Tabela 3.** Análise de variância para frutos formados observados aos 30 e 60 dias após a polinização (F30dap e F60dap, respectivamente), Peso (PF), comprimento (CF), largura (LF) e espessura (EF) de frutos provenientes dos sistemas de polinização cruzada manual e controle de populações naturais de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil.

FV	GL	Quadrados Médios					
		F30dap	F60dap	PF	CF	LF	EF
P.	2	0,8349*	0,6175*	1,4232*	3,1550*	3,5112*	3,1432*
Resíduo	87	0,06325	0,06075	0,12549	0,24109	0,27089	0,23784
Média		0,42	0,38	0,75	1,06	1,13	1,06
CV (%)		59,93	65,07	47,05	46,16	46,16	46,11

<sup>ns</sup> não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. P. = polinização

**Tabela 4.** Número de flores polinizadas (NFP), porcentagem de frutos observados aos 30 e 60 dias após polinização (F30dap e F60dap) e médias de peso (PF), comprimento (CF), largura (LF) e espessura (EF) de frutos provenientes de polinização cruzada manual e controle de *Talisia esculenta*, Areia, Paraíba, Brasil.

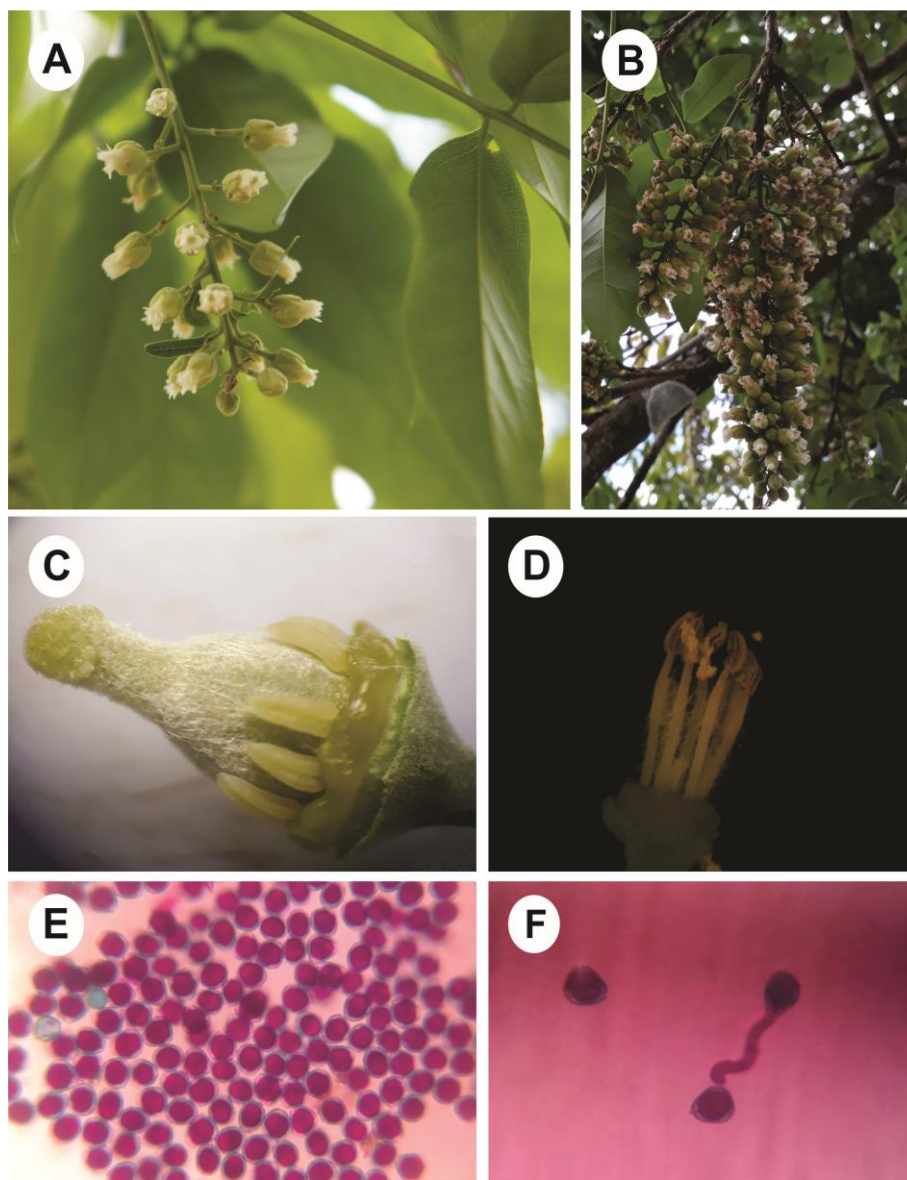
Tratamentos	NFP	F30dap (%)	F60dap (%)	PF (g)	CF (cm)	LF (cm)	EF (cm)
P. natural (controle)	1319	28,49A	23,89A	7,85A	2,15A	2,61A	2,11A
P. cruzada manual (M x F)	628	26,79A	22,89A	6,70A	1,78A	2,17A	1,76A
P. cruzada manual (F x F)	403	9,38B	8,77B	4,47B	1,11B	1,34B	1,07B

Letras iguais, na coluna, não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. P. = polinização; M = masculino; F = feminino.

**Tabela 5.** Coeficientes de Correlação de Spearman (rs) entre número de flores polinizadas (NFP), frutos formados observados aos 30 e 60 dias após antese (F 30dap e F 60dap), peso, comprimento, largura e espessura de frutos de *Talisia esculenta*, aos 60 daa, provenientes de diferentes sistemas de polinização.

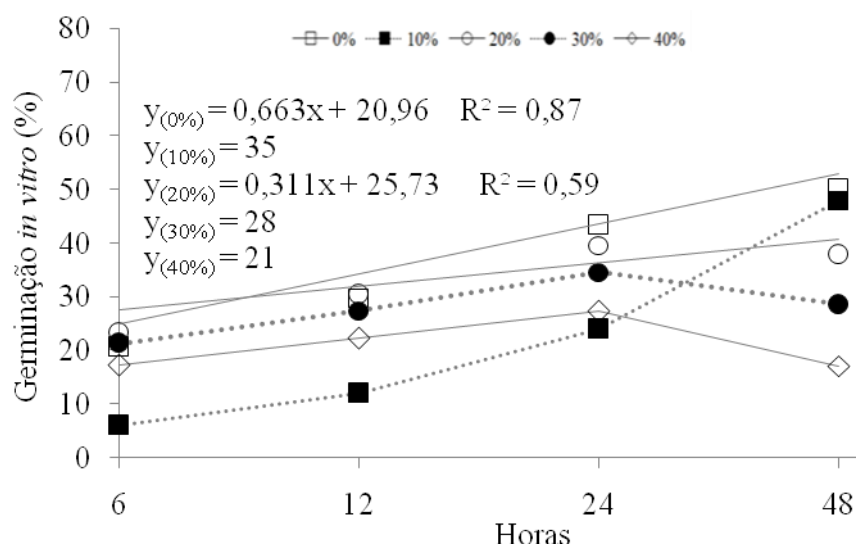
Variáveis	NFP	F30dap	F60dap	Peso	Comprimento	Largura
F 30dap	0,26*					
F 60dap	0,18 <sup>ns</sup>	0,94*				
Peso	0,22*	0,57*	0,56*			
Comprimento	0,34*	0,51*	0,54*	0,44*		
Largura	0,40*	0,50*	0,49*	0,46*	0,83*	
Espessura	0,36*	0,57*	0,55*	0,44*	0,91*	0,79*

<sup>ns</sup> não significativo; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste de t.



**Fig. 1.** *Talisia esculenta* (Cambess) Radlk. (Sapindaceae), Areia, Paraíba, Brasil. A: Inflorescência de indivíduo feminino. B: Inflorescência de indivíduo masculino. C: Flor funcionalmente pistilada, com estames curtos e anteras indeiscentes cercando o carpelo. D: Flor estaminada com estames longos e pubescentes e anteras deiscentes. E: Grãos de pólen viáveis (corados de rosa intenso) e inviáveis (corados de azul claro); F: Germinação do tubo polínico de grãos de pólen de flor estaminada.





**Fig. 2.** Germinação *in vitro* de grãos de pólen de flores estaminadas de *Talisia esculenta*, em diferentes concentrações de sacarose e períodos de incubação, Areia, Paraíba, Brasil.

## ARTIGO II

### **MATURAÇÃO DE SEMENTES DE *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.**

(Artigo a ser submetido à Revista Brasileira de Fruticultura)

1 MATURAÇÃO DE SEMENTES DE *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.

2  
3 Maria Lúcia Maurício da Silva<sup>1</sup>, Edna Ursulino Alves<sup>2</sup>, Lenyneves Duarte Alvino de Araújo<sup>3</sup>

4  
5 **RESUMO** - *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae) é uma espécie nativa da  
6 Amazônia e tem ampla ocorrência em todo o Nordeste brasileiro. Entretanto, apesar do seu  
7 potencial econômico e ecológico, ainda não se tem informações sobre a tecnologia de produção  
8 de sementes da espécie. Diante disso, o objetivo foi determinar o ponto de maturidade fisiológica  
9 de sementes de *T. esculenta*. A colheita de frutos teve início aos 49 dias após a antese (DAA) e  
10 estenderam-se até 161 DAA na safra 2016, e 119 DAA na safra 2017, com intervalo de sete dias  
11 em ambas as safras. As variáveis analisadas foram dimensões, coloração, teor de água e massa  
12 seca de frutos e sementes, além da emergência e vigor de plântulas. Ao longo do processo de  
13 maturação, frutos e sementes tiveram crescimento linear, o teor de água das sementes reduziu  
14 atingindo valores mínimos de 31% aos 141 DAA na safra 2016 e 38% aos 108 DAA, na safra  
15 2017; a massa seca de sementes aumentou progressivamente e a emergência de plântulas atingiu  
16 o valor máximo de 100% aos 126 e 98 DAA nas safras 2016 e 2017, respectivamente. Os frutos  
17 de *T. esculenta* devem ser colhidos quando estiverem com o epicarpo amarelo-amarronzado e as  
18 sementes com o embrião rosa intenso. A maturidade fisiológica de sementes da espécie ocorre  
19 entre 98 e 126 DAA, caracterizada pela redução no teor de água e aumento na massa seca das  
20 sementes, e máximo potencial de emergência de plântulas. As dimensões de frutos e sementes de  
21 *T. esculenta* não são bons indicadores para determinar a maturidade fisiológica de suas sementes.  
22 **Termos para indexação:** germinação, maturidade fisiológica, pitombeira, vigor.

23  
24 MATURATION OF SEEDS OF *Talisia esculenta* (Cambess.) RADLK.

25  
26 **ABSTRACT** - *Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk. (Sapindaceae) is native to the Amazon and  
27 has a wide occurrence throughout the Brazilian Northeast, however, despite its economic and  
28 ecological potential, information on the seed production technology of the species is not yet  
29 available. Therefore, the objective was to determine the physiological maturity point of *T.*  
30 *esculenta* seeds. Fruit harvesting started at 49 days after anthesis (DAA) and extended to 161  
31 DAA in the 2016 harvest, and 119 DAA in the 2017 harvest, with a seven day interval in both  
32 harvests. The analyzed variables were dimensions, color, water content and dry mass of fruits  
33 and seeds, besides the emergence and vigor of seedlings. During the maturation process, fruits  
34 and seeds had linear growth, the water content of the seeds reduced reaching a minimum of 31%

35 at 141 DAA in the 2016 harvest and 38% at 108 DAA in the 2017 harvest; the dry mass  
36 increased progressively, and emergence of seedlings reached a maximum value of 100% at 126  
37 and 98 DAA in the 2016 and 2017 crops, respectively. The fruits of *T. esculenta* should be  
38 harvested when they are with the yellow-brown epicarp and the seeds with the intense pink  
39 embryo. The physiological maturity of seeds of the species occurs between 98 and 126 DAA,  
40 characterized by the reduction in water content and increase in seed dry mass, and maximum  
41 seedling emergence potential. The fruit and seed dimensions of *T. esculenta* are not good  
42 indicators to determine the physiological maturity of their seeds.

43 **Index Terms:** germination, maturidade fisiology, pitombeira, vigor.

44

45

## INTRODUÇÃO

46

47 A pitombeira [*Talisia esculenta* (Cambess.) Radlk.] é uma espécie pertencente a família  
48 Sapindaceae, nativa da região Amazônica, com ampla ocorrência na Caatinga, Cerrado e Mata  
49 Atlântica (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 2015) que pode atingir até 12 m de altura e 40 cm de  
50 diâmetro, cuja madeira é empregada na construção civil para estruturas internas (LORENZI,  
51 2016). Os frutos (pitombas) são do tipo drupas pequenas e globosas, muito apreciados e  
52 comercializados nas rodovias, feiras-livres e supermercados das regiões Norte e Nordeste  
53 (GOMES, 1975). A população nordestina utiliza a polpa do fruto para consumo *in natura* e como  
54 matéria-prima na fabricação de compotas, geleias e doces (GUARIM NETO et al., 2003).

55 O estudo da maturação visando determinar o ponto de maturidade fisiológica é  
56 importante para a obtenção de lotes de sementes de boa qualidade fisiológica, uma vez que  
57 sementes de espécies florestais colhidas antes ou depois de atingir a maturidade têm sua  
58 qualidade afetada negativamente (BARBOSA et al., 2015). O período de desenvolvimento dos  
59 frutos após a antese varia de acordo com a espécie e as condições ambientais entre as regiões de  
60 cultivo (DINIZ et al., 2017). As mudanças físicas e químicas que ocorrem nos frutos podem ser  
61 observadas nos estádios de desenvolvimento durante a maturação das sementes (MELO et al.,  
62 2013; ZILO et al., 2013), a qual é definida como o processo que se inicia na fertilização, com  
63 prolongamento até o desligamento da semente com a planta mãe. A maturidade fisiológica é  
64 caracterizada, portanto, como o ponto de máximo conteúdo de massa seca e acentuada perda de  
65 água, além de alterações no aspecto externo dos frutos, e sementes expressando o máximo de  
66 germinação e vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

67 Os índices baseados nas mudanças morfo-fisiológicas, tais como densidade aparente  
68 (RAGAGNIN et al., 1994), coloração (MÜLLER et al., 2016; SILVA et al., 2018a), tamanho

69 (SCHULZ et al., 2014), deiscência de frutos (GEMAQUE et al., 2002; CALIL et al., 2005),  
70 alterações na composição química (RUBIO et al., 2013; SHIBATA et al., 2013; 2017), teor de  
71 água (DUCCA et al., 2015), conteúdo de massa seca (LOPES et al., 2014; SILVA et al., 2015) e  
72 potencial de germinação de sementes (FLORES et al., 2014; DORNELAS et al., 2015; SILVA et  
73 al., 2018b) são indicadores que permitem inferir sobre o estágio de maturação das sementes,  
74 fornecendo uma estimativa da época adequada para sua colheita.

75 Estudos com espécies florestais têm apontado a necessidade de associar índices de  
76 maturação na determinação da maturidade fisiológica para as diferentes espécies. Nesse sentido,  
77 a polpa do fruto e o embrião fracamente aderidos ao endocarpo e tegumento, e a coloração  
78 desses tecidos, foram as características morfológicas adequadas na identificação do ponto ideal  
79 de colheita de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (guanandi), por exemplo (SILVA  
80 et al., 2018a). A colheita de sementes de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.)  
81 Hieron. ex Niederl. (vacum) deve ser realizada quando os frutos estiverem com coloração  
82 vermelha, momento em que Kaiser et al. (2016) também observaram menor teor de água, maior  
83 porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes e plântulas com maior tamanho  
84 e acúmulo de biomassa. Nas espécies *Luhea divaricata* Mart. & Zucc. (açoita-cavalo) (SCHULZ  
85 et al., 2017) e *Moringa oleifera* (Lam.) (moringa) (AGUSTINI et al., 2015), a redução no teor de  
86 água e o máximo conteúdo de massa seca das sementes coincidiram com maior porcentagem e  
87 índice de velocidade de germinação de sementes e comprimento de raízes de plântulas.

88 Nos últimos dez anos tem-se observado na literatura um crescente número de estudos em  
89 relação a *T. esculenta*, como os desenvolvidos por Vieira e Gusmão (2008), Alves et al. (2009),  
90 Pereira et al. (2011), Mendonça et al. (2012), Alves et al. (2013), Éder-Silva e Araújo (2014),  
91 Ribeiro (2014), Cardoso et al. (2015), Silva (2015), Sena et al. (2016) e Tosta et al. (2017),  
92 visando a geração de conhecimentos técnicos sobre fatores bióticos e abióticos que influenciam a  
93 qualidade fisiológica de suas sementes e o desenvolvimento das mudas. Entretanto, o  
94 conhecimento técnico à cerca dos indicadores de maturidade fisiológica de sementes de *T.*  
95 *esculenta* é inexistente, o que dificulta o desenvolvimento de programas de reflorestamento ou  
96 cultivo comercial desta espécie.

97 Diante do exposto, o objetivo foi identificar os índices mais adequados na determinação  
98 da maturidade fisiológica de sementes de *T. esculenta*.

99

## MATERIAL E MÉTODOS

### Seleção de matrizes e coleta de dados e amostras

Plantas matrizes femininas e masculinas de *T. esculenta* (n = 45) com boas condições fitossanitárias e de vigor foram selecionadas em quatro áreas fragmentadas e de ocorrência natural, no município de Areia (6°58'12'S e 35°42'15'W), Paraíba: Fazenda São Patrício, Sítio Viração, Engenho Vaca Brava e Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Campus II.

Durante o pico de floração, ou seja, quando as plantas se encontravam com 50% das inflorescências em antese, foi realizada a marcação de inflorescências em 15 plantas matrizes femininas, em janeiro de 2016 (safra 2016) e 11 matrizes em dezembro de 2016 (safra 2017), utilizando-se fios de lã colorida. As colheitas dos frutos de *T. esculenta* foram realizadas nas diferentes posições da copa das plantas matrizes com auxílio de um podão, iniciando-se aos 49 dias após a antese (DAA), estendendo-se até 161 DAA na safra 2016 e até 119 DAA na safra 2017, uma vez que a dispersão dos frutos ocorreu mais cedo no segundo ano. A primeira colheita foi realizada quando se constatou a formação das sementes e que estas poderiam ser extraídas dos frutos, causando o mínimo de injúrias mecânicas às mesmas. Em ambas as safras, o intervalo entre as colheitas foi de sete dias.

As análises físicas, morfológicas e fisiológicas de frutos e sementes foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, CCA, UFPB, nos períodos de março a agosto de 2016 (safra 2016) e de fevereiro a maio de 2017 (safra 2017), para determinação da maturidade fisiológica das sementes de *T. esculenta*.

### Caracterização climática

Os dados de precipitação (mm) e temperaturas (°C) máxima e mínima da cidade de Areia, Paraíba, referentes ao período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 foram obtidos na Estação Meteorológica do CCA, UFPB, Campus II (Figura 1A-C).

Na Figura 1 estão os dados da pluviosidade e as temperaturas máxima e mínima, ao longo dos anos de 2015, 2016 e 2017, no município de Areia, Paraíba. Em 2015 (ano que antecedeu a safra 2016), os maiores índices pluviométricos foram registrados nos meses de junho (164,0 mm), julho (379,6 mm), março (133,3 mm) e dezembro (92,1 mm), com uma maior concentração de chuvas nos meses de junho e julho. A temperatura máxima foi mais elevada nos meses de fevereiro, abril, novembro e dezembro, registrando-se médias mensais de 30 °C,

134 enquanto a mínima registrada foi mais baixa (19 °C) nos meses de julho, agosto e setembro  
135 (Figura 1A).

136 Os maiores índices pluviométricos em 2016 foram registrados nos meses de janeiro  
137 (188,0 mm), março (136,8 mm), abril (228,3 mm), maio (236,9 mm) e dezembro (172,3 mm). A  
138 temperatura máxima foi mais elevada nos meses de março, setembro, outubro, novembro e  
139 dezembro, registrando-se médias mensais de 29 °C nos dois primeiros meses, e de 30 °C, nos  
140 três últimos meses citados; enquanto a mínima registrada foi mais baixa (19 °C) nos meses de  
141 julho e agosto (Figura 1B).

142 No ano de 2017, os maiores índices pluviométricos foram registrados nos meses de abril  
143 (185,6 mm), maio (135,4 mm), junho (172,3 mm) e julho (366,3 mm). A temperatura máxima  
144 foi mais elevada os meses de janeiro (29 °C), fevereiro (30 °C), março (29 °C), novembro (29  
145 °C) e dezembro (30 °C), enquanto a mínima registrada foi mais baixa (19 °C) nos meses de julho,  
146 agosto e setembro.

147

#### 148 ***Dimensões e coloração de frutos e sementes***

149 O comprimento (medida do hilo ao ápice), a largura (maior região mediana) e a espessura  
150 (região mediana mais espessa) de frutos e sementes de *T. esculenta* (n = 100), divididos em  
151 quatro repetições de 25, foram mensurados com auxílio de um paquímetro digital (erro 0,01 mm)  
152 e os resultados foram expressos em centímetros. Em seguida, frutos e sementes foram analisados  
153 quanto a sua coloração, conforme visualização a olho nu, determinando-se os estádios de  
154 maturação dos mesmos, baseando-se na mudança de coloração do epicarpo e aspectos da polpa  
155 dos frutos e da coloração do embrião das sementes. Previamente a sua análise, as sementes foram  
156 extraídas dos frutos manualmente com auxílio de tesoura e bisturi, e friccionadas em areia para a  
157 completa remoção da polpa.

158

#### 159 ***Teor de água e massa seca de frutos e sementes***

160 O teor de água de frutos e sementes de *T. esculenta* foi determinado em quatro  
161 subamostras de cinco frutos cortados e cinco sementes inteiras, pelo método da estufa a  $105 \pm 3$   
162 °C durante 24 horas, cujos resultados foram expressos em porcentagem com base no peso úmido  
163 de ambos (BRASIL, 2009).

164 O conteúdo de massa seca de frutos e sementes foi determinado juntamente com o teor de  
165 água, para todas as épocas de colheita (49 aos 161 DAA em 2016 e 49 aos 119 DAA em 2017),  
166 após permanência de quatro subamostras de cinco frutos e número igual de sementes, em estufa

167 de circulação de ar forçado, a  $105 \pm 3$  °C, durante 24 horas, sendo os resultados expressos em  
168 gramas (BRASIL, 2009).

169

### 170 ***Emergência e vigor de plântulas***

171 Os testes para avaliar a emergência e o vigor de plântulas de *T. esculenta* foram  
172 instalados, conjuntamente, em casa de vegetação utilizando-se quatro repetições de vinte e cinco  
173 sementes por tratamento, semeadas em bandejas de polietileno (45 x 30 x 7 cm) contendo areia  
174 peneirada e esterilizada em autoclave a 120 °C durante 120 minutos (BRASIL, 2009), em que a  
175 umidade da areia foi mantida através de regas diárias com regador manual. As plântulas normais  
176 (raiz primária e parte aérea presentes), com o epicótilo acima do nível do solo foram contadas no  
177 17° e 35° dias após a semeadura (CARDOSO et al., 2015) e os resultados foram expressos em  
178 porcentagem.

179 A primeira contagem de emergência de plântulas de *T. esculenta* foi determinada no 17°  
180 dias após a semeadura (CARDOSO et al., 2015), contando-se todas as plântulas normais (raiz  
181 primária e parte aérea presentes) de cada repetição com o epicótilo acima do nível do solo, e os  
182 resultados foram expressos em porcentagem.

183 A velocidade de emergência de plântulas de *T. esculenta* foi determinada contando-se  
184 diariamente, do 17° ao 35° dias após a semeadura, as plântulas normais de cada repetição com o  
185 epicótilo acima do nível do solo. O índice de velocidade de emergência foi calculado conforme

186 Maguire (1962):  $IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$ , em que IVE= índice de velocidade de emergência;

187  $E_1, E_2$  e  $E_n$ = número de plântulas normais emergidas a cada dia;  $N_1, N_2$  e  $N_n$ = número de dias  
188 decorridos da semeadura à primeira, segunda e última contagem de emergência de plântulas.

189 Os comprimentos de raiz e parte aérea das plântulas de *T. esculenta* foram determinados  
190 ao final do teste de emergência, para tal, a raiz primária e a parte aérea das plântulas normais de  
191 cada repetição foram medidas individualmente, com régua graduada em centímetros e os  
192 resultados foram expressos em cm plântula<sup>-1</sup>. Em seguida, raízes e parte aérea foram  
193 acondicionadas separadamente em sacos de papel *kraft* e colocadas em estufa de circulação de ar  
194 forçado a 65 °C até atingir peso constante, determinado através de balança analítica com precisão  
195 de 0,001 g; com os resultados expressos em g plântula<sup>-1</sup>.

196

### 197 ***Delineamento experimental e análise estatística***

198 O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso (DIC), com os  
199 tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 17 (safra e número de colheitas), em quatro



200 repetições de vinte e cinco frutos e sementes. Os dados foram submetidos ao teste de  
201 Kolmogorov-Smirnov para teste de normalidade, e à análise de variância e regressão polinomial  
202 em função das safras e número de colheitas, utilizado-se o modelo de regressão de maior  
203 significância e de melhor ajuste aos dados. Quando pertinente, as médias foram comparadas pelo  
204 teste F. Realizou-se análise de correlação simples de Pearson entre as mesmas variáveis,  
205 calculando-se a significância através do teste *t*. As análises estatísticas foram realizadas através  
206 do sistema de análise estatística SAS®.

207

208

## RESULTADOS

209

### *Dimensões e coloração de frutos e sementes*

211 Os dados das dimensões de frutos de *T. esculenta* colhidos na safra 2016, se ajustaram  
212 aos modelos de regressão polinomial testados, verificando-se aumento linear significativo para  
213 comprimento, largura e espessura com valores de 2,56; 3,03 e 2,50 cm, respectivamente, ao final  
214 da maturação (161 DAA). Na safra 2017, houve ajuste linear significativo para comprimento e  
215 espessura de frutos verificando-se valores de 2,22 e 2,16 cm, respectivamente, aos 119 DAA;  
216 para a largura dos frutos registrou-se apenas valor médio de 2,61 cm (Figura 2A-C).

217 Na safra 2016, com o decorrer do processo de maturação, o comprimento e a espessura  
218 das sementes apresentaram aumento linear significativo atingindo valores de 1,34 e 1,35 cm,  
219 respectivamente, aos 161 DAA, enquanto para a largura das sementes foi constatado valor médio  
220 de 2,50 cm. Os dados de dimensões das sementes obtidos na safra 2017, não se ajustaram aos  
221 modelos de regressão polinomial testados atingindo valores médios de 1,20 cm de comprimento,  
222 1,99 cm de largura e 1,16 cm de espessura (Figura 2D-F).

223 A coloração de frutos e sementes de *T. esculenta* (Tabela 2) foi se modificando ao longo  
224 do processo de maturação, com variação dentro de uma mesma colheita e entre colheitas. Os  
225 frutos foram classificados em cinco estádios de maturação, conforme visualização a olho nu da  
226 coloração do epicarpo (verde, verde-marrom, verde-amarelado, amarelo-amarronzado e marrom)  
227 e aspectos da polpa, enquanto as sementes foram caracterizadas conforme a coloração do  
228 embrião em três estádios (rosa claro, rosa e rosa intenso).

229 No início da maturação (49 aos 56 DAA) os frutos, quase ovóides, apresentaram epicarpo  
230 de coloração verde claro, pubescente, com polpa branca, quebradiça, de consistência firme e  
231 fortemente aderida ao tegumento da semente, as quais são pouco alongadas, com embrião rosa  
232 claro. Na safra 2016, dos 63 aos 91 DAA, e dos 63 aos 77 DAA na safra 2017, os frutos  
233 apresentaram coloração do epicarpo verde-marrom, polpa branca, quebradiça, de consistência  
234 suavemente macia aderida ao tegumento das sementes, as quais apresentaram embrião rosa.

235 A partir dos 98 DDA na safra 2016 e dos 84 DAA na safra 2017, o embrião permaneceu  
236 com coloração rosa intenso e o entorno do hilo esbranquiçado, até o final da maturação, porém o  
237 fruto continuou apresentando modificações, e adquiriu coloração verde-amarelada, polpa branca  
238 de consistência suavemente macia, aderida ao tegumento da semente. Aos 119 DAA na safra  
239 2016 e 98 DAA na safra 2017, os frutos apresentaram epicarpo amarelo-amarronzado com polpa  
240 branca de consistência macia aderida ao tegumento. O epicarpo dos frutos, a partir dos 147 DAA  
241 na safra 2016 e dos 112 DAA na safra 2017, adquiriram coloração marrom com polpa  
242 translúcida de consistência muito macia aderida ao tegumento.

243

#### 244 ***Teor de água e massa seca de frutos e sementes***

245 Na primeira colheita (49 DAA) da safra 2016, os frutos de *T. esculenta* apresentaram teor  
246 de água de 68%, observando-se variação ao longo do processo de maturação, com redução para  
247 62% aos 161 DAA, obtendo-se média de 66%. Na safra 2017, o teor de água dos frutos na  
248 primeira colheita (49 DAA) foi de 70%, observando-se redução significativa com o decorrer do  
249 processo de maturação, com valor mínimo (54%) aos 103 DAA, ajustado pela curva da equação  
250 de regressão (Figura 3A). Em relação ao teor de água das sementes (Figura 3B) houve ajuste de  
251 ordem quadrática, verificando-se valor mínimo de 31% aos 141 DAA na safra 2016 e de 38%  
252 aos 108 DAA na safra 2017, período em que os frutos estavam com o epicarpo de coloração  
253 amarela-amarronzada e semente com embrião rosa intenso (Tabela 2).

254 A massa seca de frutos e sementes (Figura 3C-D) de *T. esculenta* variou ao longo da  
255 maturação, verificando-se acúmulo linear significativo atingindo valores de 22,86 e 17,07 g de  
256 massa seca de frutos, nas safras 2016 e 2017, respectivamente; e massa seca de sementes  
257 atingindo valores de 8,53 g na safra 2016 e 7,82 g na safra 2017. Efeito significativo e negativo  
258 foi observado pela correlação de Pearson entre a temperatura média e a massa seca de frutos ( $r =$   
259  $-0,77$ ) e de sementes ( $r = -0,75$ ) de *T. esculenta*, demonstrando que quanto maior a temperatura  
260 média, menores foram os valores de massa seca, na safra 2016. Entretanto, na safra 2017, não se  
261 observou correlação entre as variáveis climáticas avaliadas e a massa seca de frutos e sementes  
262 (Tabela 1).

263

#### 264 ***Emergência e vigor de plântulas***

265 A análise de variância dos dados referentes as variáveis para avaliação da maturidade  
266 fisiológica de sementes de *T. esculenta* encontra-se resumida na Tabela 3. A interação safra x  
267 colheita foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste F, para todas as variáveis analisadas,  
268 exceto para o comprimento de parte aérea de plântulas.

269 As plântulas de *T. esculenta* começaram a emergir a partir dos 56 DAA, registrando-se  
270 percentual de emergência de 5% na safra 2016 e 18% na safra 2017. O percentual máximo de  
271 emergência de plântulas, obtido pela derivada da equação de regressão, foi de 100% aos 126 e 98  
272 DAA nas safras 2016 e 2017, respectivamente (Figura 4A).

273 Os dados de primeira contagem de emergência (Figura 4B) de plântulas de *T. esculenta*,  
274 obtidos aos 17 dias após a semeadura, se ajustaram ao modelo de regressão polinomial de ordem  
275 quadrática, constatando-se que não houve plântulas emersas para sementes colhidas aos 49, 56 e  
276 63 DAA, nas duas safras avaliadas. A emergência máxima na primeira contagem, calculada pela  
277 equação de regressão, foi de 35% aos 152 DAA na safra 2016 e 12% aos 97 DAA na safra 2017.

278 A velocidade de emergência de plântulas de *T. esculenta* (Figura 4C) aumentou de forma  
279 linear no decorrer do processo de maturação, com de índice de velocidade de emergência (IVE)  
280 variando de 0,0 a 0,81 na safra 2016, e de 0,0 a 0,91 na safra 2017. Um rápido acréscimo no IVE  
281 foi verificado até os 112 DAA na safra 2016 e 91 DAA na 2017, a partir desse ponto, observou-  
282 se uma pequena variação até a última colheita.

283 Os dados de comprimentos de raiz primária de plântulas de *T. esculenta* (Figura 5A), na  
284 safra 2016, se ajustaram ao modelo de regressão polinomial de ordem quadrática com valor  
285 máximo de 15,16 cm aos 124 DAA, obtido pela derivada da equação de regressão. Na safra  
286 2017, a raiz primária aumentou de forma linear ao longo do processo de maturação atingindo  
287 18,06 cm de comprimento aos 119 DAA. A interação safra *versus* colheita (Tabela 3) não foi  
288 significativa para o comprimento de parte aérea de plântulas, verificando-se ajuste de ordem  
289 quadrática em relação ao período de colheita, com valor máximo de comprimento (15,12 cm) aos  
290 131 DAA, ajustado pela curva da equação de regressão (Figura 5B).

291 Os dados referentes a massa seca de raízes (Figura 5C) de plântulas de *T. esculenta* na  
292 safra 2016 não se ajustaram aos modelos de regressão polinomial testados, obtendo-se média de  
293 1,26 g. Na safra 2017, observou-se acúmulo linear no conteúdo de massa seca de raízes, ao longo  
294 do processo de maturação, atingindo 2,78 g na última colheita (119 DAA). A massa seca de parte  
295 aérea (Figura 5D) atingiu seu máximo conteúdo (7,47 g) aos 140 DAA na safra 2016, valor  
296 obtido pelo ajuste da curva da equação de regressão; e na safra 2017, a massa seca de parte aérea  
297 aumentou de forma linear, atingindo 5,63 g na última colheita (119 DAA).

298

### 299 ***Correlação entre variáveis climáticas e físicas de frutos e sementes***

300 Na safra 2016, o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) (Tabela 1) foi significativo e  
301 negativo entre temperatura e comprimento de sementes ( $r = -0,79$ ), massa seca de frutos ( $r = -$   
302  $0,77$ ) e de sementes ( $r = -0,75$ ), indicando que quanto maior a temperatura média, menores serão

303 o comprimento das sementes e os conteúdos de massa seca de frutos e sementes. Na safra 2017,  
304 entretanto, não houve correlação significativa entre as variáveis climáticas e as dimensões de  
305 frutos e sementes de *T. esculenta*. As condições climáticas (temperatura média, pluviosidade e  
306 umidade relativa do ar) do município para o período em estudo, provavelmente não  
307 influenciaram no teor de água de frutos e sementes de *T. esculenta*, uma vez que não foi  
308 constatada correlação significativa entre estas variáveis.

309

### 310 ***Correlação entre variáveis físicas e fisiológicas de frutos e sementes***

311 Na safra 2016, a largura das sementes e o teor de água dos frutos de *T. esculenta* não se  
312 correlacionaram significativamente com nenhuma das demais variáveis analisadas, enquanto a  
313 primeira contagem de emergência de plântulas teve correlação significativa e positiva apenas  
314 com o comprimento de sementes ( $r = 0,51$ ), índice de velocidade de emergência ( $r = 0,84$ ) e  
315 massa seca de parte aérea ( $r = 0,75$ ) das plântulas. A correlação entre o teor de água das  
316 sementes e as demais variáveis analisadas foi significativa e negativa (com coeficientes variando  
317 de  $-0,84$  a  $-0,98$ ), exceto em relação ao comprimento de raiz primária das plântulas, com o qual  
318 não houve correlação significativa. A massa seca de sementes se correlacionou de forma  
319 significativa e negativa ( $r = -0,98$ ) com o teor de água de sementes, e com as demais variáveis a  
320 correlação foi significativa e positiva, com coeficientes variando de  $0,72$  a  $0,97$ . A correlação  
321 entre a emergência de plântulas e as demais variáveis analisadas foi significativa e positiva com  
322 coeficientes variando de  $0,87$  a  $0,99$ , exceto o comprimento de sementes e massa seca de raízes  
323 das plântulas, com as quais não houve correlação significativa (Tabela 4).

324 Na safra 2017, a correlação entre as dimensões de frutos e de sementes de *T. esculenta* foi  
325 significativa e positiva, com coeficientes variando de  $0,87$  a  $0,98$ . A primeira contagem de  
326 emergência de plântulas, semelhante ao obtido na safra 2016, não se correlacionou  
327 significativamente com nenhuma das variáveis analisadas. A correlação do teor de água de  
328 sementes foi significativa e positiva ( $r = 0,89$ ) com o teor de água dos frutos, e significativa e  
329 negativa com os conteúdos de massa seca de sementes ( $r = -0,94$ ) e massa seca de raízes ( $r = -$   
330  $0,88$ ) de plântulas. Por outro lado, o conteúdo de massa seca de sementes se correlacionou de  
331 forma significativa e positiva com comprimento ( $r = 0,84$ ), espessura ( $r = 0,90$ ) e massa seca ( $r =$   
332  $0,94$ ) de frutos, largura de sementes ( $r = 0,91$ ), emergência de plântulas ( $r = 0,84$ ), comprimento  
333 ( $r = 0,87$ ) e massa seca ( $r = 0,91$ ) de raízes de plântulas; e significativo e negativo com o teor de  
334 água dos frutos ( $r = -0,95$ ) e das sementes ( $r = -0,94$ ). A correlação com a emergência de  
335 plântulas foi significativa e positiva para comprimento ( $r = 0,95$ ), largura ( $r = 0,94$ ) e espessura  
336 ( $r = 0,95$ ) de frutos, comprimento ( $r = 0,93$ ) e espessura ( $r = 0,94$ ) de sementes, massa seca de

337 frutos ( $r = 0,93$ ) e de sementes ( $r = 0,84$ ), índice de velocidade de emergência ( $r = 0,99$ ),  
338 comprimento de parte aérea ( $r = 0,94$ ), massa seca de raízes ( $r = 0,99$ ) e de parte aérea ( $r = 0,91$ )  
339 de plântulas; e significativa e negativa com o teor de água dos frutos ( $r = -0,95$ ) (Tabela 5).

340

## 341 **DISCUSSÃO**

342

### 343 *Dimensões e coloração de frutos e sementes*

344 Frutos e sementes de *T. esculenta* sofreram pequenas variações nas suas dimensões no  
345 decorrer das colheitas e não foi constatada redução ao final da maturação. A variação nas  
346 dimensões de frutos e sementes em uma mesma colheita ocorreu, provavelmente, devido a  
347 assincronia na antese das flores, e conseqüentemente na frutificação, dentro de uma mesma  
348 inflorescência e entre as matrizes, não sendo, portanto, um bom indicador de maturidade  
349 fisiológica de sementes.

350 Os maiores comprimentos (30,71 e 25,37 mm) de frutos e sementes de *Pourouma*  
351 *cecropiifolia* Martius (mapati) foram obtidos de frutos maduros, provavelmente devido ao fato  
352 de terem atingido estabilidade morfológica para formato globoso (BLIND et al., 2016), assim  
353 como ocorreu para *T. esculenta*, em que frutos e sementes continuaram crescendo até o final da  
354 maturação. De forma semelhante, diâmetros longitudinais e transversais de frutos de *Eugenia*  
355 *cibrata* McVaugh (camu-camu) (DINIZ et al., 2017) e *Eugenia uvalha* Cambess (uvaia-do-mato)  
356 (ALVARENGA et al., 2014), e o comprimento dos frutos de *Physalis peruviana* L. (fisális)  
357 (SBRUSSI et al., 2014) aumentaram com o seu amadurecimento, mostrando que a expansão  
358 celular pode continuar ocorrendo até o final da maturação dos frutos, quando estes adquirem  
359 índices de colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

360 As dimensões de frutos e sementes de *T. esculenta* não devem ser utilizadas de forma  
361 individualizada, mas como uma ferramenta adicional, uma vez que o tamanho das sementes é  
362 uma característica de extrema plasticidade, variando entre indivíduos, safras, e inclusive, de  
363 acordo com a posição da semente no fruto e deste na planta (REIS, 2004). Fenner e Thompson  
364 (2005) vão além e afirmam que o tamanho da semente pode variar também em relação a taxa de  
365 polinização e disponibilidade de nutrientes, água e luz.

366 Frutos de *A. edulis* foram visualmente classificados em cinco estádios de maturação com  
367 base na cor do epicarpo, e após análises físicas e fisiológicas, Kaiser et al. (2016) recomendaram  
368 que as sementes sejam colhidas quando os frutos estiverem com coloração vermelha,  
369 independentemente da região ou, com valores de reflectância entre 28,0 a 49,2 nm na escala  
370 verde do espectro de cores. Frutos de *P. cecropiifolia* classificados mediante a coloração do

371 epicarpo em verde (verde), semi-maduro (oliva-vinho intermediário) e maduro (oliva-vinho  
372 pleno) resultaram em diferenças quanto às características físicas e químicas constatando-se que  
373 os frutos com coloração oliva-vinho pleno (maduros) e suas respectivas sementes tinham maior  
374 comprimento (30,71 e 25,37 mm,) e polpa com maior concentração de sólidos solúveis (10,88  
375 °Brix) (BLIND et al., 2016).

376 A determinação do ponto de colheita de sementes florestais é baseada, geralmente, em  
377 indicadores visuais, e a coloração do fruto tem sido o marcador fenotípico mais utilizado devido  
378 à praticidade de identificação em campo (HERZOG et al., 2012; MOLIZANE et al., 2013).  
379 Entretanto, a coloração do fruto não deve ser utilizada como único indicador da maturidade  
380 fisiológica, uma vez que cada colhedor pode ter uma percepção diferente da mesma cor,  
381 tornando a prática subjetiva e imprecisa (CADORIN et al., 2018). Além disso, alterações na  
382 coloração dos frutos e sementes podem ser atribuídas às sínteses de pigmentos como  
383 antocianinas e carotenoides (CHITARRA; CHITARRA, 2005), que são influenciadas pela  
384 interação genótipo-ambiente (GIRÃO, 2013).

385 A redução na firmeza da polpa, observada no decorrer da maturação de frutos de *T.*  
386 *esculenta*, não é uma particularidade da espécie. A firmeza da polpa é reduzida devido às  
387 alterações nas moléculas de pectina catalisada por enzimas pectinametilesterase e  
388 poligalacturonase (PINHEIRO, 2008; CANTERI et al., 2012; MELO et al., 2013; ZILO et al.,  
389 2013). A fraca adesão da polpa do fruto ao endocarpo e do embrião ao tegumento, assim como a  
390 coloração marrom escura desses tecidos, foram características morfológicas indicativas do ponto  
391 de colheita de frutos de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (guanandi) (SILVA et al., 2018a). O  
392 enrugamento e a presença de fendas no ápice do fruto de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C.  
393 Smith (umburana), verificado aos 54 dias após a antese, foram parâmetros utilizados como  
394 indicadores da maturidade fisiológica de suas sementes (LOPES et al., 2014).

395

### 396 ***Teor de água e massa seca de frutos e sementes***

397 O teor de água inicial elevado nas sementes de *T. esculenta*, e sua perda posterior mais  
398 constante e acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento indicam a importância da água na  
399 fase inicial do processo de maturação das sementes (MARTINS; SILVA, 1997). A redução no  
400 teor de água das sementes desta espécie não foi significativa se comparada à fase de secagem das  
401 sementes ortodoxas, isso porque *T. esculenta* é uma espécie recalcitrante (LORENZI; MATOS,  
402 2006), portanto não há uma fase de desidratação acentuada nessas sementes e nem há grandes  
403 oscilações (KIKUTI et al., 2002; SANTOS et al., 2012). Nesse sentido, o teor de água das  
404 sementes recalcitrantes permanece elevado (30-70%) no final da maturação, fazendo com que o

405 ponto de maturidade fisiológica não coincida com a desidratação total das sementes  
406 (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015).

407 Estudos com sementes de *T. esculenta*, extraídas de frutos totalmente maduros (epicarpo  
408 com coloração marrom), recém-colhidos, reportam teor de água variando aproximadamente de  
409 41 a 46% (ÉDER-SILVA; ARAÚJO, 2014; CARDOSO et al., 2015; SENA et al., 2016), valores  
410 semelhantes foram observados neste trabalho, a partir dos 98 DAA na safra 2016 (44,55%) e 77  
411 DAA na safra 2017 (41,34%), mantendo-se com pouca variação até a última colheita. Valores  
412 elevados de teor de água ao final da maturação é comum para sementes de espécies que produz  
413 frutos carnosos (BORGES et al., 2016), a exemplo de *T. esculenta*.

414 Sementes de *Eugenia calycina* Cambess. (pitangueira do cerrado) provenientes de frutos  
415 de quatro estádios de maturação tiveram seu teor de água reduzido à medida que o fruto passou  
416 do estágio 1 (coloração verde) para o estágio 2 (coloração alaranjada-avermelhada), verificando-  
417 se grande variação no último estágio de maturação (coloração vermelha-escura) devido a mistura  
418 de frutos coletados diretamente na planta e no solo (BORGES et al., 2016). Durante os primeiros  
419 estádios da maturação de sementes de *Aeshculus chinensis* Bunge (castanha-da-índia), Yu e  
420 Chen (2012) também verificaram uma redução mais acentuada no teor de água das sementes,  
421 com posterior estabilização.

422 Em espécies de sementes recalcitrantes, a exemplo de *T. esculenta*, o acúmulo máximo de  
423 massa seca nem sempre coincide com a maturidade fisiológica das sementes, que ainda precisam  
424 atingir seu potencial fisiológico (MARCOS FILHO, 2015), o que poderia explicar o aumento  
425 linear na massa seca de sementes da espécie. O acúmulo de massa seca ocorre lentamente no  
426 início da maturação da semente para posteriormente começar uma fase de rápido e constante  
427 acúmulo, até que um valor máximo seja atingido e mantenha-se constante por algum tempo,  
428 podendo ao final da maturação sofrer um pequeno decréscimo devido a respiração  
429 (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O comportamento observado para teor de água e massa  
430 seca de sementes de *T. esculenta* seguiu o padrão esperado no desenvolvimento das sementes,  
431 isto é, após a fase de divisão e expansão celular e o aumento da massa verde e do teor de água,  
432 ocorreu a substituição do teor de água por massa seca (CASTRO et al., 2004).

433 O acúmulo máximo (91,6%) de massa seca de sementes de *Vernonanthura discolor*  
434 (Spreng.) H. Rob. (vassourão-preto), ocorreu 45 dias após a antese, coincidindo com valores  
435 máximos de germinação e vigor, ponto em que estavam fisiologicamente desligadas da planta  
436 mãe (GRZYBOWSKI et al., 2016). A eficiência da associação do teor de água e massa seca na  
437 determinação do estágio de maturação de frutos e sementes foi observada para a espécie *Luhea*  
438 *divaricata* Mart. & Zucc. (açoita-cavalo) na qual a redução no teor de água e o máximo conteúdo

439 de massa seca das sementes coincidiram com maiores porcentagem e índice de velocidade de  
440 germinação de sementes e comprimento de raiz de plântulas (SCHULZ et al., 2017), fato  
441 observado para sementes de *T. esculenta*.

442

### 443 ***Emergência e vigor de plântulas de frutos e sementes***

444 O máximo percentual de emergência (Figura 4A) de plântulas de *T. esculenta* foi atingido  
445 no período em que o teor de água das sementes havia reduzido para aproximadamente 43 e 39%  
446 nas safras 2016 e 2017, respectivamente, e o conteúdo de massa seca se elevado para 7,52 g na  
447 safra 2016 e 7,30 g na safra 2017 (Figuras 3B e 3D). O ponto de maturidade fisiológica das  
448 sementes de *T. esculenta* foi atingido, portanto, quando estas expressavam máximo potencial de  
449 emergência aliado ao seu máximo acúmulo de massa seca e menor teor de água, e os frutos  
450 tinham epicarpo com coloração amarela-amarronzada e sementes com embrião rosa intenso.

451 A baixa emergência de plântulas de *T. esculenta* obtidas até 84 DAA na safra 2016 e 63  
452 DAA na safra 2017 (frutos com epicarpo verde e embrião rosa) se deve, provavelmente, a  
453 imaturidade do embrião, uma vez que o desempenho germinativo e vigor das sementes imaturas  
454 são menores que das maduras (DUARTE et al., 2016). Em estudos sobre maturidade fisiológica  
455 de sementes de Sapindaceae, Kaiser et al. (2016) constataram que a quantidade de reservas  
456 depositadas na fase inicial do desenvolvimento de sementes de *A. edulis* foi menor em relação às  
457 fases posteriores, representando um fator limitante para o desenvolvimento de plântulas.

458 As sementes da Sapindaceae, *Sapindus saponaria* Mart. (saboneteira), extraídas de frutos  
459 verdes resultaram em baixa germinação, comportamento atribuído ao fato das sementes ainda  
460 não estarem totalmente desenvolvidas (MARTINS et al., 2011). Por outro lado, o alto percentual  
461 de emergência de plântulas de *E. calycina* (83,7 e 90,3%), provenientes de frutos verdes,  
462 indicaram que as sementes atingiram a maturidade fisiológica antes dos primeiros indícios de  
463 maturação do fruto, que é caracterizado pela coloração alaranjada/avermelhada (BORGES et al.,  
464 2016).

465 A quantidade de sementes aptas a germinar em espécies com sementes não dormentes, a  
466 exemplo de *T. esculenta*, é crescente durante a maturação, atingindo porcentagem máxima antes  
467 que cesse o fluxo de massa seca da planta-mãe para a semente (MARCOS FILHO, 2015),  
468 período definido como ponto de maturidade fisiológica. A germinação é um dos índices de maior  
469 relevância no processo de maturação das sementes porque é a variável que determina o valor da  
470 mesma, além disso, a qualidade das mudas produzidas está diretamente relacionada à capacidade  
471 germinativa das sementes (GONÇALVES et al., 2008). Para espécies recalcitrantes, a exemplo  
472 de *T. esculenta*, as sementes devem ser colhidas na maturidade fisiológica, ou o mais próximo,



473 uma vez que a sua intensa atividade metabólica, após a queda dos frutos, pode desencadear o  
474 processo germinativo ou acelerar a deterioração (FONSECA; FREIRE, 2003).

475 A baixa velocidade de emergência de plântulas de *T. esculenta*, verificada no teste de  
476 primeira contagem, nos estádios iniciais da maturação, pode ser atribuída ao baixo vigor das  
477 sementes, resultante da imaturidade do fruto. O máximo potencial de emergência na primeira  
478 contagem ocorreu, portanto, quando as sementes tinham conteúdos de água reduzidos (43 e 39%,  
479 nas safras 2016 e 2017, respectivamente) e de massa seca elevados (8,61 e 7,30 g, nas safras  
480 2016 e 2017, respectivamente), período em que, no campo, os frutos tinham epicarpo com  
481 coloração amarela-amarronzada e sementes com embrião rosa intenso. A colheita de sementes  
482 imaturas ou após a maturidade, geralmente resulta em menor percentual de germinação e vigor,  
483 se comparadas às sementes maduras, isto porque a qualidade das sementes está diretamente  
484 relacionada à época de colheita (MAZORRA et al., 2003; PÉREZ-CAMACHO et al., 2012).

485 Sementes de *T. esculenta* atingiram um alto IVE quando os frutos se encontravam com  
486 epicarpo de coloração verde-amarelada e sementes com embrião rosa intenso, antecedendo  
487 portanto, o ponto de máximo percentual de emergência, porém coincidindo com o período em  
488 que as sementes se encontravam com teor de água reduzido e massa seca elevada. O maior vigor  
489 da semente está associado ao máximo acúmulo de massa seca, entretanto, variações durante o  
490 processo de maturação em função da espécie e das condições ambientais podem ocorrer  
491 (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), sendo assim, o potencial germinativo e o vigor podem  
492 determinar o ponto de maturidade fisiológica das sementes (BARBOSA et al., 2015).

493 O potencial germinativo de sementes de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (guanandi)  
494 foi atingido próximo à metade do processo de maturação, e o máximo vigor no final do ciclo, os  
495 quais não estiveram sincronizados com o máximo acúmulo de massa de seca das sementes  
496 (SILVA et al., 2018a). Os frutos de *Licania tomentosa* Benth. (oiti) na coloração amarela,  
497 resultaram em maior porcentagem e índice de velocidade de emergência, quando comparado à  
498 qualidade fisiológica das sementes contidas nos endocarpos de frutos com coloração verde,  
499 verde-amarelado e escuro-enrugado (SILVA et al., 2018b).

500 A máxima qualidade fisiológica de sementes de *H. undatus* foi obtida aos 40 dias após  
501 antese, quando as sementes expressaram maior porcentagem e índice de velocidade de  
502 germinação e menor tempo médio de germinação (SANTOS et al., 2018). Para a espécie *V.*  
503 *discolor*, Grzybowski et al. (2016) relataram que a maturidade fisiológica das sementes foi  
504 atingida aos 45 dias após a antese, quando valores máximos de massa seca, germinação e vigor  
505 foram alcançados.

506 A parte aérea das plântulas de *T. esculenta* precisou de um tempo maior (131 DAA) para  
507 atingir seu máximo comprimento quando comparada a raiz primária (124 e 119 DAA nas safras  
508 2016 e 2017, respectivamente), talvez pelo fato de ser a raiz, a primeira estrutura emitida pela  
509 semente, embora durante a germinação as reservas sejam utilizadas tanto para o crescimento da  
510 raiz quanto da parte aérea (MARTINS et al., 2008).

511 O maior comprimento e o máximo acúmulo de matéria seca de raízes e parte aérea de  
512 plântulas de *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh (camu-camu) foram caracteres determinantes  
513 na qualidade fisiológica de suas sementes (SMIDERLE et al., 2015). O comprimento da raiz e o  
514 conteúdo de matéria seca de plântulas de *L. divaricata*, associados ao teor de água das sementes,  
515 coloração dos frutos e proteína LEA foram os indicadores de maturidade fisiológica mais  
516 eficientes (SCHULZ et al., 2017).

517 A determinação do conteúdo de massa seca de plântulas é um dos principais testes de  
518 vigor, uma vez que está associada a capacidade de acumulação de reservas da semente e,  
519 posteriormente, a sua distribuição para o crescimento e desenvolvimento da plântula (MARCOS  
520 FILHO, 2015). O índice de maturidade deve ser estabelecido com base nas alterações  
521 fisiológicas e químicas durante o período de maturação dos frutos, e não apenas nas alterações  
522 físicas (CRISOSTO, 1994)

523

#### 524 ***Correlação entre variáveis climáticas e físicas de frutos e sementes***

525 A produção de frutos de *T. esculenta* na safra 2016 foi maior quando comparada a de  
526 2017, além disso, a dispersão dos frutos ocorreu mais cedo (aos 119 DAA), por isso só foi  
527 possível realizar 11 colheitas, e não 17, como ocorreu na safra 2016. Provavelmente, a emissão  
528 de inflorescências e a antese das suas flores que coincidiu com o período de menor precipitação e  
529 temperaturas máxima e mínima mais baixas, sejam a razão de uma maior produção de frutos e  
530 período de maturação prolongado, ou seja, com dispersão tardia de frutos.

531 Condições ambientais como pluviosidade, temperatura e fotoperíodo podem influenciar a  
532 floração e frutificação (MORELLATO et al., 1990; BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002). A  
533 ocorrência de chuvas no período de florescimento afeta a atividade de agentes polinizadores, e  
534 em resposta, as plantas em fase reprodutiva desenvolvem mecanismos sincronizando sua  
535 floração nos períodos de menor intensidade pluviométrica (MANTOVANI; MARTINS, 1988).  
536 Isso pode ter ocorrido no ano seguinte, uma vez que *T. esculenta* é uma espécie que necessita  
537 obrigatoriamente de um vetor biótico para a polinização e formação de frutos (dados do artigo I).  
538 Segundo Nunes et al. (2005), a frutificação antecedendo o período das chuvas, facilita a

539 dispersão dos frutos e a posterior germinação das sementes, e consequentemente, o  
540 estabelecimento de plântulas no local de ocorrência natural.

541

#### 542 ***Correlação entre variáveis físicas e fisiológicas de frutos e sementes***

543 Uma correlação entre variáveis pode ser considerada forte ( $0,8 \leq p < 1$ ), moderada  
544 ( $0,5 \leq p < 0,8$ ), fraca ( $0,1 \leq p < 0,5$ ) ou ínfima ( $0 < p < 0,1$ ) (SANTOS, 2010). Seguindo esse critério,  
545 todas as correlações positivas e negativas, entre as variáveis analisadas neste trabalho nas safras  
546 2016 e 2017, foram consideradas fortes. Entretanto, na safra 2016, observou-se correlação  
547 moderada entre primeira contagem de emergência e comprimento de sementes; comprimento de  
548 raiz primária com largura de frutos e massa seca de sementes; comprimento de parte aérea com  
549 espessura de frutos e comprimento de raiz primária; massa seca de raízes com comprimento de  
550 frutos, espessura de sementes e comprimento de parte aérea; massa seca de parte aérea com  
551 comprimento de sementes, primeira contagem de emergência e comprimento de raiz primária.

552 Os resultados referentes aos testes de correlação nas safras 2016 e 2017, indicaram que à  
553 medida que o teor de água das sementes diminui, aumenta os valores de massa seca das  
554 sementes, e consequentemente, a porcentagem de emergência de plântulas de *T. esculenta*.  
555 Portanto, essas características podem ser utilizadas para determinar o ponto de maturidade  
556 fisiológica de sementes da espécie. O ponto máximo de massa seca, germinação e vigor, é  
557 acompanhado simultaneamente com o rápido decréscimo no teor de água (CARVALHO;  
558 NAKAGAWA, 2012).

559 A correlação entre porcentagem e taxa de velocidade de germinação de sementes de *L.*  
560 *divaricata* foi significativa e positiva, as quais se correlacionaram de forma negativa com a  
561 proteína LEA, indicando que quanto maiores os valores de porcentagem de germinação e taxa de  
562 velocidade de germinação, menores os valores de proteína LEA nas sementes (SCHULZ et al.,  
563 2017). A coloração dos frutos de *A. edulis* se correlacionou positivamente com o teor de água e o  
564 tempo médio de germinação de suas sementes e negativamente com massa seca, plântulas  
565 normais, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântulas (KAISER et al., 2016).

566 O conhecimento das correlações existentes entre as características físicas, químicas e  
567 fisiológicas dos frutos e/ou sementes permite que em um determinado estudo, se conheça o  
568 comportamento de uma característica mediante a análise de outra, com menor grau de  
569 dificuldade de determinação, facilitando o processo de avaliação (PAIVA SOBRINHO, 2014).  
570 Dessa forma, é possível selecionar, indiretamente, caracteres mais significativos na determinação  
571 da maturidade fisiológica de uma determinada espécie, permitindo, inclusive eliminar variáveis  
572 menos relevantes.

573

## CONCLUSÕES

574  
575  
576 Nas condições ambientais similares à área de estudo, os frutos de *Talisia esculenta*  
577 devem ser colhidos quando a coloração do epicarpo estiver amarela-amarronzada e sementes  
578 com embrião rosa intenso, momento em que as sementes atingem a maturidade fisiológica;

579 A maturidade fisiológica de sementes de *T. esculenta*, ocorre entre 98 e 126 dias após a  
580 antese, caracterizada pela redução no teor de água e aumento na massa seca das sementes, e  
581 máximo potencial de emergência de plântulas;

582 As dimensões de frutos e sementes de *T. esculenta* não devem ser utilizadas como  
583 indicadores na determinação da maturidade fisiológica de suas sementes.

## REFERÊNCIAS

584  
585  
586  
587 ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. 2015. *Talisia*. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim  
588 Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:  
589 <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20984>>. Acesso em: 21 dez 2018.

590  
591 AGUSTINI, M.A.B.; WENDT, L.; PAULUS, C.; MALAVASI, M.M. Maturidade fisiológica  
592 de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, Uberaba, v.1,  
593 n.1, p.11-17, 2015.

594  
595 ALVARENGA, C.A.G.; PASSAGLIA, K.A.; CIABOTTI, S.; JESUS, É.J.; PERINI, T.F.  
596 Avaliação da fruta de *Eugenia uvalha* Cambes sob estádios de desenvolvimento. **Global Science**  
597 **and Technology**, Rio Verde, v.7, n.1, p.67-75, 2014.

598  
599 ALVES, E.U.; MONTE, D.M.O.; CARDOSO, E.A.; SANTOS-MOURA, S.S.; MOURA, M.F.  
600 Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk. em função  
601 de profundidades e posições de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.2, p.328-  
602 339, 2013.

603  
604 ALVES, E.U.; SILVA, K.B.; GONÇALVES, E.P.; CARDOSO, E.A.; ALVES, A.U.  
605 Germinação e vigor de sementes de *Talisia esculenta* (St. Hil) Radlk. em função de diferentes  
606 períodos de fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.4, p.761-770, 2009.

607

608 BARBOSA, J.M.; RODRIGUES, M.A.; BARBÉRIO, M.; ARAÚJO, A.C.F.B. Colheita e  
609 manejo de sementes: maturação de sementes de espécies florestais tropicais. In: PIÑA-  
610 RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. (Org.). **Sementes florestais tropicais:**  
611 da ecologia à produção. Londrina: ABRATES, 2015. p.180-189.  
612  
613 BLIND, A.D.; SERUDO, R.N.; MIRANDA, C.; FIGUEIREDO, J.N.R.; SILVA FILHO, D.F.;  
614 NODA, H. Biometria em frutos e sementes de mapati (*Pourouma cecropiifolia*). **Nucleus**,  
615 Ituverava, v.13, n.1, p.223-228, 2016.  
616  
617 BORGES, K.C.F.; SANTANA, D.G.; LOPES, S.W.; PEREIRA, V.J. Coloração do fruto e  
618 substrato na emergência e no crescimento de plantas de *Eugenia calycina* Cambess. **Floresta e**  
619 **Ambiente**, Rio de Janeiro, v.23, n.4, p.544-554, 2016.  
620  
621 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de**  
622 **Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.  
623  
624 BULHÃO, C.F.; FIGUEIREDO, P.S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de  
625 cerrado marginal no Nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.25,  
626 n.3, p.361-369, 2002.  
627  
628 CADORIN, D.A.; ROTILI, M.C.C.; KAISER, D.K.; FREITAS, L.C.N.; MALAVASI, M.M.;  
629 MALAVASI, U.C.; DRANSKI, J.A.L. Colorimetria do fruto como indicador do teor de bixina  
630 em sementes de urucum. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.17, n.2,  
631 p.191-196, 2018.  
632  
633 CALIL, A.C.; LEONHARDT, C.; BUSNELLO, A.C.; BUENO, O.L. Época de coleta de  
634 sementes de *Maytenus dasyclada* Mart. - Celastraceae no jardim botânico de Porto Alegre, RS,  
635 Brasil. **Iheringia (Série Botânica)**, Porto Alegre, v.60, n.1, p.11-16, 2005.  
636  
637 CANTERI, M.H.G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A.P. Pectina: da matéria-prima  
638 ao produto final. **Polímeros**, São Carlos, v.22, n.2, p.149-157, 2012.  
639

640 CARDOSO, E.A.; ALVES, E.U.; ALVES, A.U. Qualidade de sementes de pitombeira em  
641 função do período e da temperatura de secagem. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.36,  
642 n.1, p.7-16, 2015.

643

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

646

647 CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do  
648 metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**.  
649 Porto Alegre, Artmed, 2004. p.149-162.

650

651 CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e**  
652 **manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

653

654 CRISOSTO, C.H. Stone fruit maturity indices: a descriptive review. **Postharvest News and**  
655 **Information**, Arrington, v.5, n.6, p.65-68, 1994.

656

657 DINIZ, G.A.S.; ARAÚJO NETO, S.E.; NOVELLI, D.S.; NOGUEIRA, N.T.; SILVA, I.F.  
658 Quality index and harvest maturity of *Eugenia cibrata* fruits. **Revista Brasileira de**  
659 **Fruticultura**, Jaboticabal, v.39, n.sp., p.1-8, 2017.

660

661 DORNELAS, C.S.M.; ALMEIDA, F.A.C.; FIGUEIREDO NETO, A.; SOUSA, D.M.M.;  
662 EVANGELISTA, A.P. Desenvolvimento na maturação de frutos e sementes de urucum (*Bixa*  
663 *orellana* L.). **Scientia Plena**, Aracaju, v.11, n.1, p.1-8, 2015.

664

665 DUARTE, E.F.; SANTOS, C.H.B.; BARACHO, D.S.; CUNHA, D.S. Maturação de diásporos  
666 de plantas daninhas do gênero *Priva* (Verbenaceae). **Magistra**, Cruz das Almas, v.28, n.3/4,  
667 p.326-341, 2016.

668

669 DUCCA, C.A.D.; SOUZA, N.M.; PRETE, C.E.C. Qualidade fisiológica e lipídios totais de  
670 sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de épocas de colheita. **Revista**  
671 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.364-368, 2015.

672

673 ÉDER-SILVA, E.; ARAÚJO, D.R. Qualidade fisiológica, aspectos morfométricos e número de  
674 cromossomos da espécie *Talisia esculenta* Radlk. **Revista Verde de Agroecologia e**  
675 **Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.9, n.3, p.275-282, 2014.

676

677 FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press,  
678 2005. 250p.

679

680 FLORES, A.V.; BORGES, E.E.L.; GONÇALVES, J.F.C.; GUIMARÃES, V.M.; ATAÍDE,  
681 G.M.; BARROS, D.P.; PEREIRA, M.D. Efeito do substrato, cor e tamanho de sementes na  
682 germinação e vigor de *Melanoxylon brauna*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.34,  
683 n.78, p.141-147, 2014.

684

685 FONSECA, S.C.L.; FREIRE, H.B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita.  
686 **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.297-303, 2003.

687

688 GEMAQUE, R.C.R.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. Indicadores de maturidade fisiológica de  
689 sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). **Cerne**, Lavras, v.8, n.2, p.84-91,  
690 2002.

691

692 GIRÃO, K.T. **Biometria de sementes, morfologia de plântulas e crescimento inicial de**  
693 **mudas de quimiótipos de *Myracrodruon urundeuva* Allemão**. 2013. 70f. Dissertação  
694 (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

695

696 GOMES, R.P. **Fruticultura brasileira**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1975. 446p.

697

698 GONÇALVES, E.P.; PAULA, R.C.; DESMATLÊ, M.E.S.P. Testes de vigor em sementes de  
699 *Guazuma ulmifolia* Lam. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.2, p.265-276, 2008.

700

701 GRZYBOWSKI, C.R.S.; SILVA, R.C.; VIEIRA, E.S.N.; PANOBIANCO, M. Maturation and  
702 germination of *Vernonanthura discolor* seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.40, n.2,  
703 p.164-172, 2016.

704

705 GUARIM, NETO, G.; SANTANA, S.R.; SILVA, J.V.B. Repertório botânico da pitombeira  
706 (*Talisia esculenta* (St. - Hil.) Radlk. - Sapindaceae). **Acta Amazonica**, Manaus, v.33, n.2, p.237-  
707 242, 2003.

708

709 HERZOG, N.F.M.; MALAVASI, M.M.; MALVASI, U.C. Morfometria dos frutos e germinação  
710 de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina,  
711 v.33, n.4, p.1359-1366, 2012.

712

713 KAISER, D.K.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C.; DRANSKI, J.A.L.; FREITAS, L.C.N.;  
714 KOSMANN, C.R.; ANDRIOLI, K.K. Physiological maturity of seeds and colorimetry of the  
715 fruits of *Allophylus edulis* (A. St. - Hil., A. Juss. & Cambess.) Hieron. ex Niederl. **Journal of**  
716 **Seed Science**, Londrina, v.38, n.2, p.92-100, 2016.

717

718 KIKUTI, A.L.P.; GUIMARÃES, R.M.; VON PINHO, E.V.R.; OLIVEIRA, J.A. Aplicação de  
719 antioxidantes em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) visando à preservação da qualidade.  
720 **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.4, p.663-672, 2002.

721

722 LOPES, I.S.; NÓBREGA, A.M.F.; MATOS, V.P. Maturação e colheita da semente de  
723 *Amburana cearensis* (Allem.) A.C. Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.3, p.565-572,  
724 2014.

725

726 LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas  
727 nativas do Brasil. v.1, 7.ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2016. 384p.

728

729 LORENZI, H.; MATOS, F.J. **Plantas medicinais no Brasil**: nativas e exóticas cultivadas.  
730 Instituto Plantarum, Nova Odessa, 2006. 512p.

731

732 MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence  
733 and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-177, 1962.

734

735 MANTOVANI, W.; MARTINS, F.R. Variáveis fenológicas das espécies do cerrado da reserva  
736 biológica de Moji Guaçu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo,  
737 v.11, n.1/2, p.101-112, 1988.

738



739 MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina:  
740 ABRATES, 2015. 660p.  
741

742 MARTINS, C.C.; ZUCARELI, C.; COIMBRA, R.A. Procedimentos de colheita dos frutos na  
743 qualidade fisiológica de sementes de *Sapindus saponaria* Mart. **Semina: Ciências Agrárias**,  
744 Londrina, v.32, supl.1, p.1825-1830, 2011.  
745

746 MARTINS, C.C.; BELISARIO, L.; TOMAZ, C.A.; ZUCARELI, C. Condições climáticas,  
747 características do fruto e sistema de colheita na qualidade fisiológica de sementes de jacarandá.  
748 **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.627-632, 2008.  
749

750 MARTINS, S.V.; SILVA, D.D. Maturação e época de colheita de sementes de *Dalbergia nigra*  
751 (Vell.) Fr. All. ex Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.19, n.1, p.96-99, 1997.  
752

753 MAZORRA, M.F.; QUINTANA, A.P.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; CHÁVES, B. Análisis  
754 sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la  
755 zona de Sumapaz (Cundinamarca). **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v.21, n.3, p.175-189,  
756 2003.  
757

758 MELO, A.P.C.; SELEGUINI, A.; VELOSO, V.R.S. Caracterização física e química de frutos de  
759 araçá (*Psidium guineense* Swartz). **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.4, n.1, p.91-95, 2013.  
760

761 MENDONÇA, L.F.M.; LEITE, G.A.; MENDONÇA, V.; CUNHA, P.S.C.F.; PEREIRA, E.C.  
762 Fontes e doses de fósforo na produção de porta-enxertos de pitombeira. **Revista Verde de**  
763 **Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.7, n.4, p.114-119, 2012.  
764

765 MOLIZANE, D.M.; KANASHIRO, S.; TAVARES, A.R.; BARBEDO, C.J. Maturação de  
766 sementes de *Aechmea bromeliifolia* (Rudge) Baker e *Vriesea paraibica* Wawra (Bromeliaceae).  
767 **Hoehnea**, São Paulo, v.40, n.4, p.619-625, 2013.  
768

769 MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F.; RODRIGUES, R.R.; JOLY, C.A. Estratégias  
770 fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo.  
771 **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.50, n.1, p.149-62, 1990.  
772

773 MÜLLER, E.M.; GIBBERT, P.; BINOTTO, T.; KAISER, D.K.; BORTOLINI, M.F. Maturação  
774 e dormência em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng) Taub. de diferentes árvores  
775 matrizes. **Iheringia (Série Botânica)**, Porto Alegre, v.71, n.3, p.222-229, 2016.  
776

777 NUNES, Y.R.; FAGUNDES, M.; SANTOS, R.M.; DOMINGUES, E.B.; ALMEIDA, H.S.;  
778 GONZAGA, A.P.D. Atividades fenológicas em *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma  
779 floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, Belo Horizonte, v.6, n.2, p.99-  
780 105, 2005.  
781

782 PAIVA SOBRINHO, S. **Biometria de frutos e sementes, e tolerância à dessecação e ao**  
783 **criocongelamento de sementes de três espécies arbóreas**. 2014. 103f. Tese (Doutorado em  
784 Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal  
785 de Mato Grosso, 2014.  
786

787 PEREIRA, E.C.; DANTAS, L.L.G.R.; ALMEIDA, J.P.N.; MENDONÇA, L.F.M.;  
788 MENDONÇA, V. Fontes e doses de nitrogênio na produção de porta-enxertos de pitombeira  
789 (*Talisia esculenta* Radlk). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**,  
790 Mossoró, v.6, n.3, p.197-202, 2011.  
791

792 PÉREZ-CAMACHO, I.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V.A.; AYALA-GARAY, O.J.;  
793 CARRILLO-SALAZAR, J.A.; GARCÍA-DE LOS SANTOS, G.; PEÑA-LOMELÍ, A.;  
794 CRESPO, E.C. Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a  
795 cosecha y condiciones de almacenamiento. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**,  
796 Texcoco, v.3, n.1, p.67-78, 2012.  
797

798 PINHEIRO, D.M. Introdução. In: PINHEIRO, D.M.; KOBLITZ, M.G.B. (Org.). **Bioquímica de**  
799 **alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 256p.  
800

801 RAGAGNIN, L.I.M.; COSTA, E.C.; HOPPE, J.M. Maturidade fisiológica de sementes de  
802 *Podocarpus lambertii* Klotzsch. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.4, n.1, p.23-41, 1994.  
803

804 REIS, E.R. Maturação de sementes florestais. In: HOPPE, J.M. (Org.). **Produção de sementes e**  
805 **mudas florestais**. Caderno Didático, n.1, 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2004. p.46-61.  
806

807 RIBEIRO, S.F. **Influência de malhas fotoconversoras nos aspectos anatômicos e fisiológicos**  
808 **de *Talisia esculenta* (A. St. Hill) Radlk.** 2014. 91f. Dissertação (Mestrado em Botânica  
809 Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

810

811 RUBIO, F.; MENEGHEL, A.P.; GOMES, L.F.S.; MALAVASI, M.M. Estádios de maturação do  
812 fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. **Semina:**  
813 **Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.2, p.663-668, 2013.

814

815 SANTOS, C. **Estatística descritiva: manual de auto-aprendizagem.** Lisboa: Silabo. 2010. 264p.

816

817 SANTOS, S.B.; MARTINS, M.A.; AGUILAR, P.R.M.; CANESCHI, A.L.; CARNEIRO,  
818 A.C.O.; DIAS, L.A.S. Acúmulo de matéria seca e óleo nas sementes de pinhão-manso e  
819 qualidade do óleo extraído. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina  
820 Grande, v.16, n.2, p.209-215, 2012.

821

822 SANTOS, J.M.; OLIVEIRA, J.A.; LIMA, J.M.E.; SILVA, H.W. Maturidade fisiológica de  
823 sementes de pitaya. **Revista de Ciências Agrárias**, Lavras, v.61, p.1-7, 2018.

824

825 SBRUSSI, C.A.G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; ALMEIDA, SILVA, B.V.A.B.  
826 Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*.  
827 **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.3, p.543-549, 2014.

828

829 SCHULZ, D.G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, UC. Maturidade  
830 fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**,  
831 Seropédica, v.21, n.1, p.45-51, 2014.

832

833 SCHULZ, D.G.; SCHNEIDER, C.F.; GUSATTO, F.C.; IGNÁCIO, V.L.; MALAVASI, M.M.;  
834 MALAVASI, U.C. Physiological and enzymatic changes during seed maturation and  
835 germination of *Luehea divaricata*. **Floresta**, Curitiba, v.47, n.1, p.105-111, 2017.

836

837 SENA, L.H.M.; MATOS, V.P.; MEDEIROS, J.E.; SANTOS, H.H.D.; ROCHA, A.P.;  
838 FERREIRA, R.L.C. Storage of pitombeira seeds [*Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk.  
839 Sapindaceae] in different environments and packagings. **Revista Árvore**, Viçosa, v.40, n.3,  
840 p.435-445, 2016.

841 SHIBATA, M. **Maturidade de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze:**  
842 **alterações fisiológicas, bioquímicas e conservação na pós-colheita.** 2013. 110f. Dissertação  
843 (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.  
844

845 SHIBATA, M. **Modificações bioquímicas, fisiológicas e morfológicas no *continuum***  
846 **maturação-germinação de sementes de *Araucaria angustifolia*.** 2017. 124f. Tese (Doutorado  
847 em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.  
848

849 SILVA, J.P.N.; CENTENO, D.C.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L.; BARBEDO, C.J.  
850 Maturation of seeds of *Poincianella pluviosa* (Caesalpinoideae). **Journal of Seed Science,**  
851 Londrina, v.37, n.2, p.131-138, 2015.  
852

853 SILVA, M.L.M. **Armazenamento de sementes de *Talisia esculenta* (A. St. - Hil) Radlk.** 2015.  
854 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal  
855 da Paraíba, Areia, 2015.  
856

857 SILVA, R.C.; VIEIRA, E.S.N.; PANOBIANCO, M. Morphophysiological characteristics of  
858 guanandi fruit and seeds during ripening and harvesting time. **Pesquisa Agropecuária**  
859 **Brasileira**, Brasília, v.53, n.2, p.212-220, 2018a.  
860

861 SILVA, J.J.R.; SILVA, M.I.M.; AZEREDO, G.A.; SOUZA, V.C. Emergência de plântulas e  
862 armazenamento de endocarpos de *Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch. **Nucleus**, Ituverava, v.15,  
863 n.1, p.93-102, 2018b.  
864

865 SMIDERLE, O.J.; CHAGAS, E.A.; SOUZA, A.G.; BACELAR-LIMA, C.G.; RIBEIRO, M.I.G.;  
866 CHAGAS, P.C.; SOUZA, O.M. Biometrics seeds, emergence and vigor of camu-camu seedlings  
867 depending on the seed coat coloring. **Journal of Advances in Agriculture**, Punjab, v.5, n.2,  
868 p.316-323, 2015.  
869

870 TOSTA, M.S.; ALMEIDA, J.P.N.; GÓES, G.B.; FREIRE, P.A.; MENDONÇA, V. Nitrogen  
871 fertilization in the production of seedlings of *Talisia esculenta* (A. St. Hil) Radlk. **Revista**  
872 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.7, p.443-447, 2017.  
873

874 VIEIRA, F.A.; GUSMÃO, E. Biometria, armazenamento e emergência de plântulas de *Talisia*  
875 *esculenta* Radlk. (Sapindaceae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1073-1079,  
876 2008.

877  
878 YU, F.; CHEN, S. Morphological and biochemical changes of *Aesculus chinensis* seeds in the  
879 process of maturation. **New Forests**, DehraDun, v.43, n.4, p.429-440, 2012.

880  
881 ZILLO, R.R.; SILVA, P.P.M.; ZANATTA, S.; CARMO, L.F.; SPOTO, M.H.F. Qualidade  
882 físico-química da fruta *in natura* e da polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos**  
883 **Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.3, p.293-298, 2013.

884

885

886

887

888

889

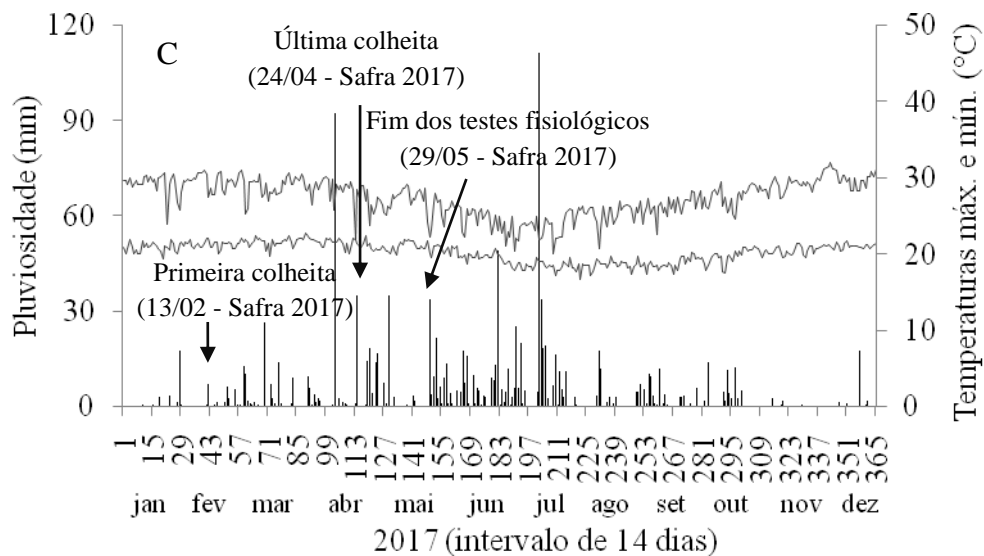
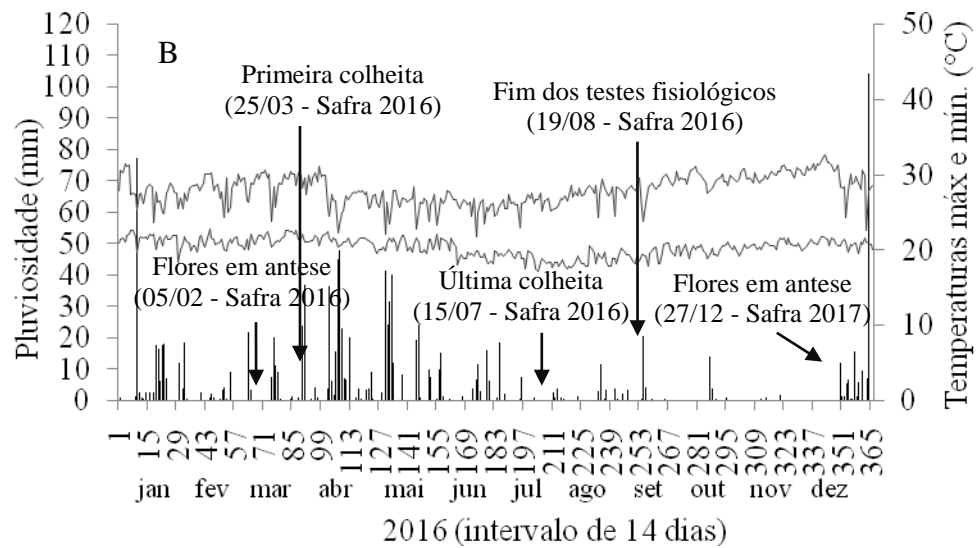
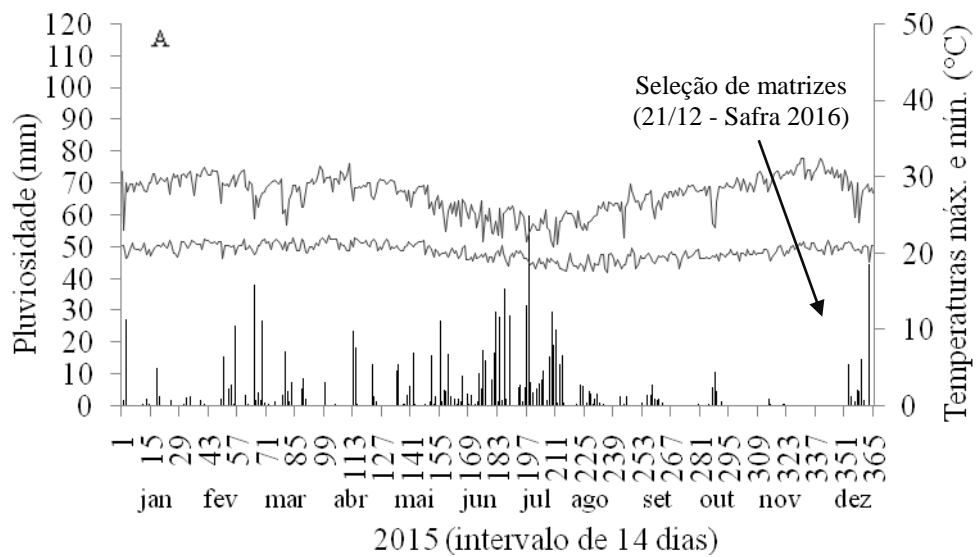
890

891

892

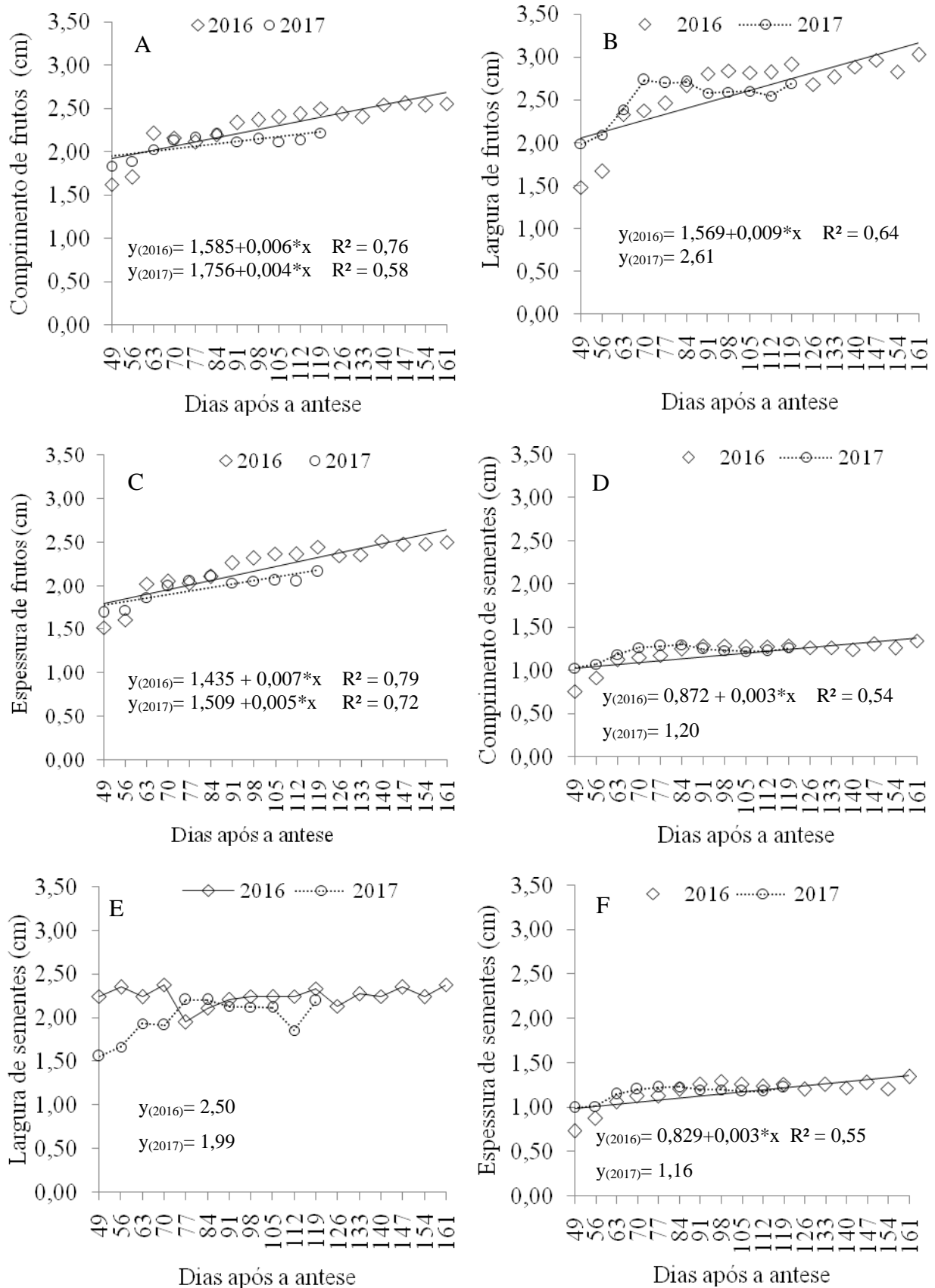
893

894

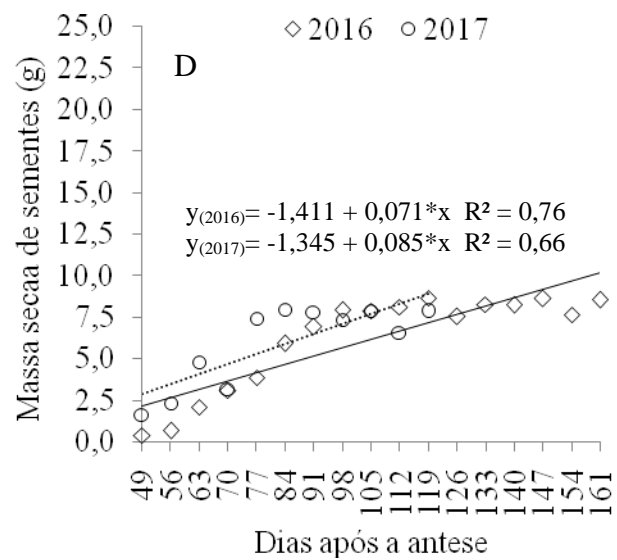
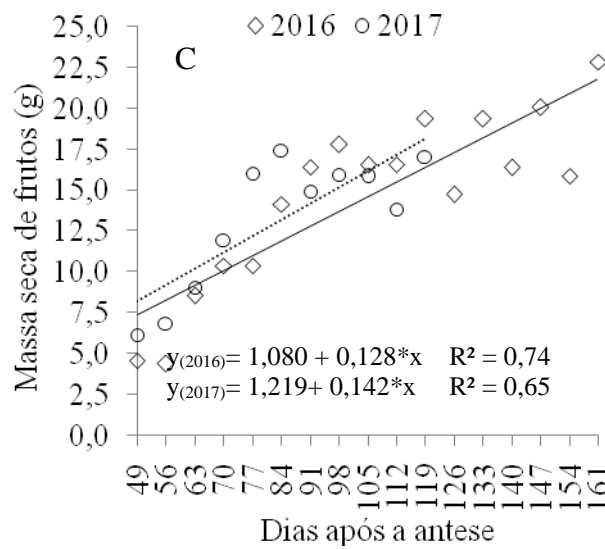
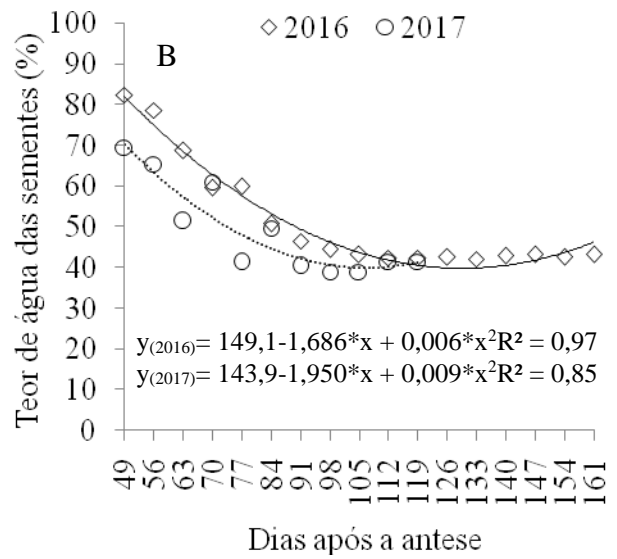
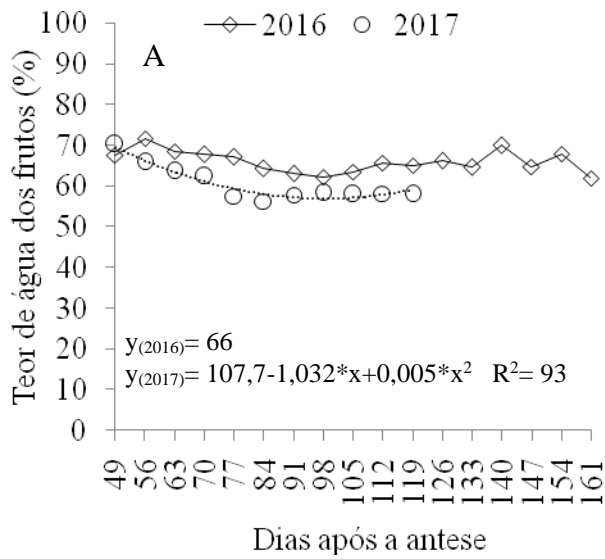


895  
896  
897  
898

FIGURA 1. Pluviosidade e temperaturas máxima e mínima do município de Areia, PB, antes e durante a execução do experimento: 2015 (A), 2016 (B) e 2017 (C). (Fonte: Estação Meteorológica UFPB, CCA, Campus II, Areia, PB).

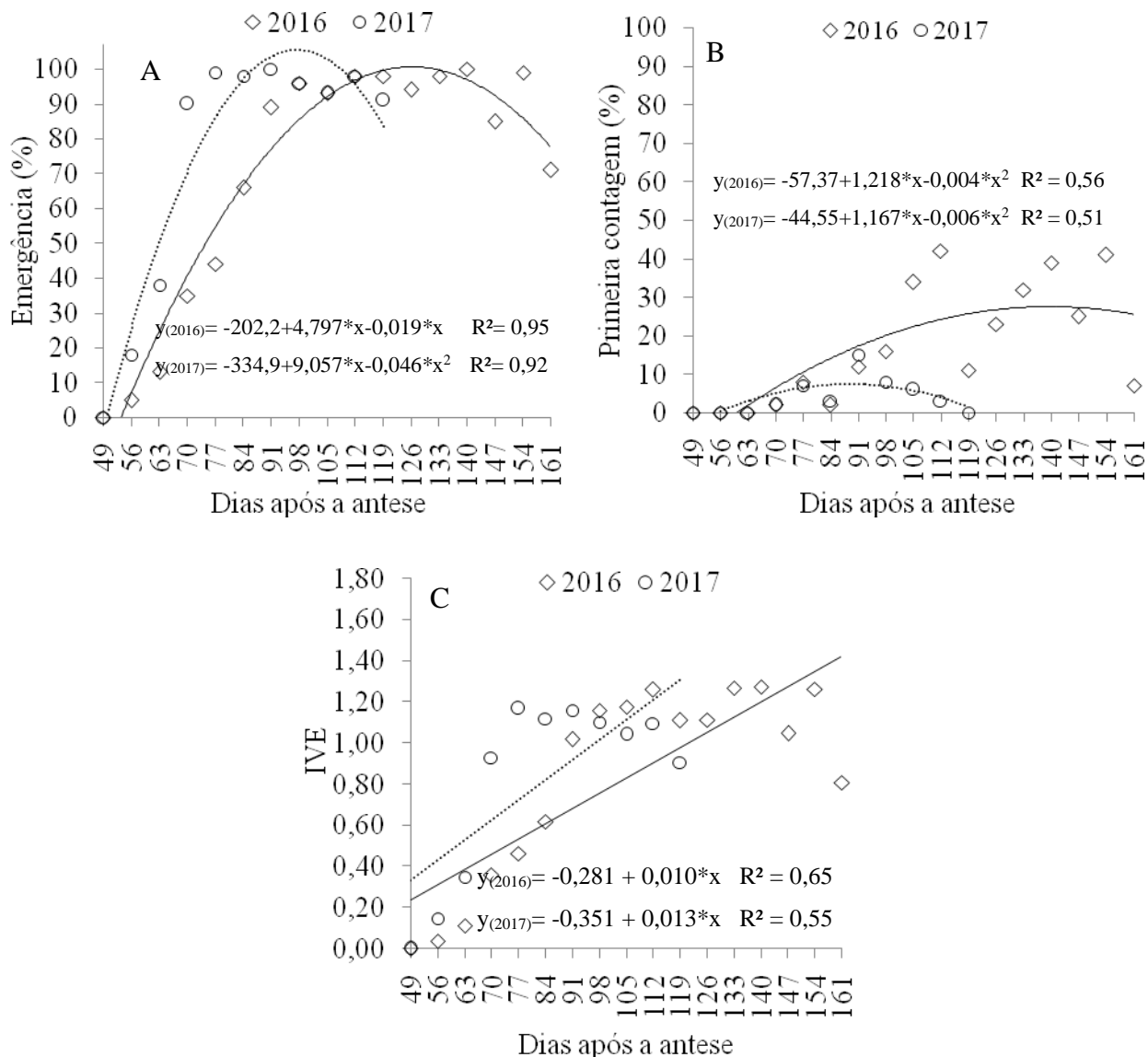


899 FIGURA 2. Comprimento, largura e espessura de frutos (A, B e C) e de sementes (D, E e F)  
 900 de *Talisia esculenta* de diferentes safras e colheitas.

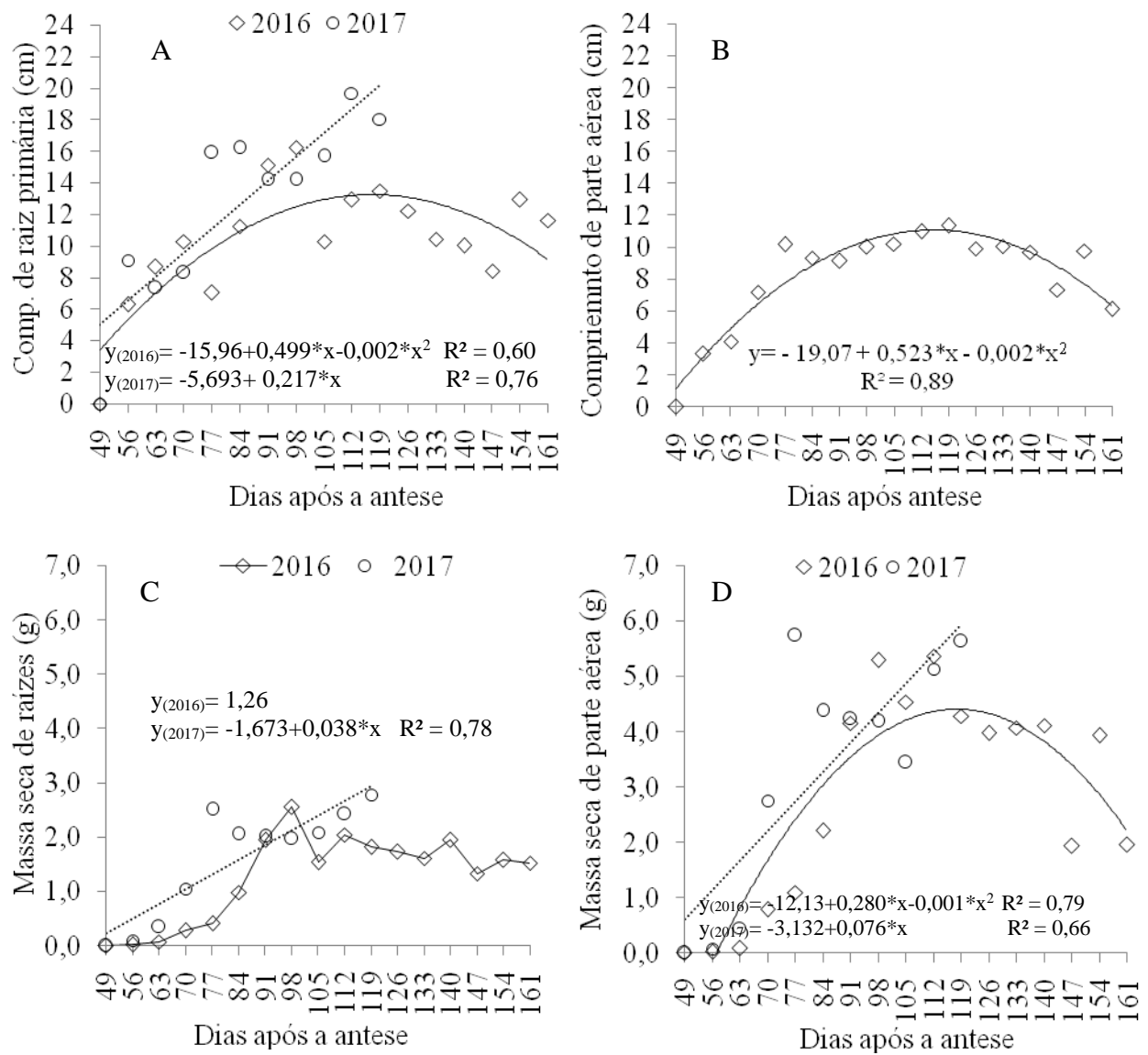


901 FIGURA 3. Teor de água (A e B) e massa seca (C e D) de frutos e sementes de *Talisia esculenta*  
 902 de diferentes safras e colheitas.  
 903





905 FIGURA 4. Emergência (A), primeira contagem de emergência (B) e índice de velocidade de  
 906 emergência (C) de plântulas de *Talisia esculenta* provenientes de sementes de  
 907 diferentes safras e colheitas.



908 FIGURA 5. Comprimentos de raiz primária (A) e parte aérea (B) e massa seca de raízes (C) e de  
 909 parte aérea (D) de plântulas de *Talisia esculenta* provenientes de sementes de  
 910 diferentes safras e colheitas.






911  
 912

913 TABELA 1. Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimados entre as variáveis  
 914 climatológicas (temperatura média (T), pluviosidade (P) e umidade relativa do ar  
 915 (UR) e comprimento, largura e espessura de frutos (CF, LF e EF) e de sementes  
 916 (CS, LS e ES), teor de água de frutos (TAF) e de sementes (TAS) e massa seca  
 917 de frutos (MSF) e de sementes (MSS) de *Talisia esculenta* de diferentes safras e  
 918 colheitas.

VAR	CF	LF	EF	CS	LS	ES	TAF	TAS	MSF	MSS
2016										
T	-0,70 <sup>ns</sup>	-0,73 <sup>ns</sup>	-0,74 <sup>ns</sup>	-0,79 <sup>*</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,72 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	-0,77 <sup>*</sup>	-0,75 <sup>*</sup>
P	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,17 <sup>ns</sup>	-0,05 <sup>ns</sup>	-0,34 <sup>ns</sup>	-0,03 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	-0,24 <sup>ns</sup>
UR	-0,19 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,18 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,06 <sup>ns</sup>	-0,07 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	-0,11 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>
2017										
T	0,03 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	-0,09 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>
P	0,32 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
UR	-0,20 <sup>ns</sup>	-0,23 <sup>ns</sup>	-0,13 <sup>ns</sup>	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,33 <sup>ns</sup>	-0,25 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	-0,14 <sup>ns</sup>	-0,12 <sup>ns</sup>

919 VAR = variáveis; T = temperatura (°C); P = precipitação (mm); UR = umidade relativa do ar  
 920 <sup>ns</sup>não significativo, <sup>\*</sup>significativo a 5%, <sup>\*\*</sup>significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

921  
 922 TABELA 2. Estádios de maturação de frutos e sementes de *Talisia esculenta* de diferentes  
 923 colheitas, nas safras 2016 e 2017, baseados na coloração visual do epicarpo e  
 924 embrião, e aspectos da polpa.

Estádios de maturação	Coloração do epicarpo e embrião	Caracterização visual de frutos e sementes
I		Fruto verde claro, pubescente, polpa branca, quebradiça, de consistência firme e fortemente aderida ao tegumento; sementes com embrião rosa claro.
II		Fruto verde-marrom, polpa branca, quebradiça, de consistência suavemente macia, aderida ao tegumento; sementes com embrião rosa.
III		Fruto verde-amarelado, polpa branca, de consistência suavemente macia, aderida ao tegumento; sementes com embrião rosa intenso com o entorno do hilo esbranquiçado.
IV		Fruto amarelo-amarronzado, polpa branca, de consistência macia, aderida ao tegumento; sementes com embrião rosa intenso com o entorno do hilo esbranquiçado.
VI		Fruto marrom com polpa translúcida de consistência muito macia e aderida ao tegumento; sementes com embrião rosa intenso com o entorno do hilo esbranquiçado.

925 TABELA 3. Resumo da análise de variância para emergência (E), primeira contagem de  
 926 emergência (PC), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimentos de  
 927 raiz primária (CR) e parte aérea (CPA) e massa seca de raízes (MSR) e parte aérea  
 928 (MSPA) de plântulas de *Talisia esculenta* de diferentes safras e colheitas.

FV	GL	Quadrados Médios						
		E	PC	IVE	CR	CPA	MSR	MSP
Safra	1	1,2444*	0,3256*	0,0422*	0,1749*	0,0017 <sup>ns</sup>	0,2244*	0,2302*
Colheita	16	1,5856*	0,2484*	0,0946*	0,6431*	0,5655*	0,2302*	0,5325*
S x C	10	0,1862*	0,0887*	0,0119*	0,0409*	0,0076 <sup>ns</sup>	0,0330*	0,0710*
Resíduo	84	0,0179	0,0130	0,0006	0,0099	0,0073	0,0012	0,0059
CV (%) =		12,27	42,47	9,22	9,74	9,58	10,16	14,76

929 <sup>ns</sup> não significativo e \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. S = safra, C = colheita.

930

931 TABELA 4. Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimados entre o comprimento, largura e espessura de frutos e sementes (CF, LF, EF, CS,  
 932 LS e ES), teor de água e massa seca de frutos e sementes (TAF, TAS, MSF e MSS), emergência (E), primeira contagem de emergência  
 933 (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimentos de raiz primária (CR) e parte aérea (CPA) e massa seca de raízes  
 934 (MSR) e parte aérea (MSPA) de plântulas de *Talisia esculenta*, provenientes de sementes colhidas na safra 2016.

VAR	2016															
	CF	LF	EF	CS	LS	ES	TAF	TAS	MSF	MSS	E	PCE	IVE	CR	CPA	MSR
LF	0,97**															
EF	0,99**	0,97**														
CS	0,93**	0,98**	0,93**													
LS	0,11 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>												
ES	0,92**	0,98**	0,93**	0,99*	0,05 <sup>ns</sup>											
TAF	-0,49 <sup>ns</sup>	-0,62 <sup>ns</sup>	-0,51 <sup>ns</sup>	-0,63 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	-0,68 <sup>ns</sup>										
TAS	-0,94**	-0,96**	-0,96**	-0,94**	-0,02 <sup>ns</sup>	-0,94**	0,61 <sup>ns</sup>									
MSF	0,90**	0,93**	0,93**	0,90**	0,21 <sup>ns</sup>	0,93**	-0,73 <sup>ns</sup>	-0,93**								
MSS	0,92**	0,94**	0,95**	0,90**	0,09 <sup>ns</sup>	0,91**	-0,63 <sup>ns</sup>	-0,98**	0,96**							
E	0,87**	0,89**	0,91**	0,85 <sup>ns</sup>	-0,02 <sup>ns</sup>	0,86**	-0,54 <sup>ns</sup>	-0,97**	0,87**	0,97**						
PCE	0,65 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,51**	-0,01 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	-0,70 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>					
IVE	0,86**	0,85**	0,90**	0,80**	0,01 <sup>ns</sup>	0,81**	-0,50 <sup>ns</sup>	-0,95**	0,84**	0,95**	0,99**	0,84**				
CR	0,73 <sup>ns</sup>	0,79*	0,73 <sup>ns</sup>	0,84**	0,05 <sup>ns</sup>	0,83**	-0,54 <sup>ns</sup>	-0,78 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,72**	0,76 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>			
CPA	0,74 <sup>ns</sup>	0,82**	0,77*	0,84*	-0,32 <sup>ns</sup>	0,82**	-0,46 <sup>ns</sup>	-0,86**	0,68 <sup>ns</sup>	0,80**	0,88**	0,63 <sup>ns</sup>	0,84**	0,79**		
MSR	0,79*	0,81**	0,82**	0,78 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,79**	-0,60 <sup>ns</sup>	-0,89**	0,83**	0,91**	0,94**	0,67 <sup>ns</sup>	0,93**	0,80**	0,79**	
MSPA	0,70 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,70**	-0,06 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	-0,51 <sup>ns</sup>	-0,84**	0,71 <sup>ns</sup>	0,84**	0,93**	0,75*	0,93**	0,77*	0,85**	0,95**

935 <sup>ns</sup> não significativo, \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

936 VAR = variáveis

937

938 TABELA 5. Coeficientes de correlação de Pearson (r) estimados entre o comprimento, largura e espessura de frutos e sementes (CF, LF, EF, CS,  
 939 LS e ES), teor de água e massa seca de frutos e sementes (TAF, TAS, MSF e MSS), emergência (E), primeira contagem de emergência  
 940 (PCE), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimentos de raiz primária (CR) e parte aérea (CPA) e massa seca de raízes  
 941 (MSR) e parte aérea (MSPA) de plântulas de *Talisia esculenta*, provenientes de sementes colhidas na safra 2017.

VAR	2017															
	CF	LF	EF	CS	LS	ES	TAF	TAS	MSF	MSS	E	PCE	IVE	CR	CPA	MSR
LF	0,97**															
EF	0,98**	0,94**														
CS	0,97**	0,98**	0,93**													
LS	0,90*	0,87*	0,91**	0,90**												
ES	0,98**	0,98**	0,95**	0,98**	0,91**											
TAF	-0,93**	-0,88*	-0,95**	-0,90**	-0,91**	-0,91**										
TAS	-0,79 <sup>ns</sup>	-0,71 <sup>ns</sup>	-0,84 <sup>ns</sup>	-0,72 <sup>ns</sup>	-0,81 <sup>ns</sup>	-0,79 <sup>ns</sup>	0,89*									
MSF	0,94**	0,89*	0,98**	0,89*	0,93**	0,91**	-0,96**	-0,85 <sup>ns</sup>								
MSS	0,84**	0,76 <sup>ns</sup>	0,90**	0,80 <sup>ns</sup>	0,91**	0,83 <sup>ns</sup>	-0,95**	-0,94**	0,94**							
E	0,95**	0,94**	0,95**	0,93**	0,85 <sup>ns</sup>	0,94**	-0,95**	-0,82 <sup>ns</sup>	0,93**	0,84**						
PCE	0,37 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	-0,54 <sup>ns</sup>	-0,61 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>					
IVE	0,92**	0,91**	0,93 <sup>ns</sup>	0,91**	0,84 <sup>ns</sup>	0,91**	-0,95**	-0,83 <sup>ns</sup>	0,93**	0,85 <sup>ns</sup>	0,99**	0,64 <sup>ns</sup>				
CR	0,83 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,87**	0,74 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	-0,93**	-0,85 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,87*	0,85 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>			
CPA	0,94**	0,89*	0,96**	0,86 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	-0,94**	-0,84 <sup>ns</sup>	0,93**	0,86 <sup>ns</sup>	0,94**	0,37 <sup>ns</sup>	0,91**	0,94**		
MSR	0,89*	0,81 <sup>ns</sup>	0,94**	0,80 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	-0,92**	-0,88*	0,95**	0,91**	0,90**	0,47 <sup>ns</sup>	0,90**	0,92**	0,95**	
MSPA	0,90*	0,84 <sup>ns</sup>	0,93**	0,83 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	-0,90 <sup>ns</sup>	-0,82 <sup>ns</sup>	0,92**	0,85 <sup>ns</sup>	0,91**	0,47 <sup>ns</sup>	0,91**	0,88*	0,94**	0,98**

942 <sup>ns</sup> não significativo, \*significativo a 5%, \*\*significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

943 VAR = variáveis

## CONCLUSÕES GERAIS

944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967

Os indivíduos masculinos de *Talisia esculenta* produzem flores exclusivamente estaminadas, enquanto os femininos produzem flores morfológicamente hermafroditas, mas funcionalmente pistiladas;

A principal diferença entre os morfos é a presença de estames longos, com anteras deiscentes nas flores estaminadas, enquanto nas flores funcionalmente pistiladas, os estames são curtos com anteras não-deiscentes;

A viabilidade polínica nas flores funcionalmente pistiladas é maior que nas flores estaminadas, entretanto, estas não se autopolinizam devido a sua hercogamia e ausência de deiscência das anteras;

*T. esculenta* é uma espécie androdioica, do tipo díioica funcional, devido a ausência de deiscência das anteras de flores funcionalmente pistiladas;

*T. esculenta* é uma espécie melitófila e necessita de vetores bióticos para sua polinização e conseqüentemente, formação de frutos;

Nas condições ambientais similares às da área de estudo, os frutos de *T. esculenta* devem ser colhidos quando a coloração do epicarpo estiver amarela-amarronzada e sementes com embrião rosa intenso, momento em que estas atingem a maturidade fisiológica;

A maturidade fisiológica de sementes de *T. esculenta* ocorre entre 98 e 126 dias após a antese, caracterizada pela redução no teor de água, aumento na massa seca das sementes e máximo potencial de emergência de plântulas;

As dimensões de frutos e sementes de *T. esculenta* não devem ser utilizadas como indicadores na determinação da maturidade fisiológica de suas sementes.