

## MATURAÇÃO DE FRUTOS E SEMENTES DE INHAÍBA (*LECYTHIS LURIDA* [MIERS] S. A. MORI - LECYTHIDACEAE)

### EDSON FERREIRA DUARTE

Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, Campus Samambaia, saída para Nerópolis – Km 13, Caixa Postal 131, 74.001-970, Goiânia, Goiás, Brasil, efd@ufg.br

### DAIANE SAMPAIO ALMEIDA

Universidade Estadual de Feira de Santana, Unidade Experimental Horto Florestal, Departamento de Biologia, Av. Presidente Dutra, Santa Mônica, 44.077-760, Feira de Santana, Bahia, Brasil

### JAYLSON ARAUJO DOS SANTOS

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

### CARLOS HENRIQUE BARBOSA SANTOS

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Departamento de Produção Vegetal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14.884-900, Vila Industrial, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

### ANDRÉ DIAS DE AZEVEDO NETO

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

### CLAUDINEIA REGINA PELACANI CRUZ

Universidade Estadual de Feira de Santana, Unidade Experimental Horto Florestal, Departamento de Biologia, Av. Presidente Dutra, Santa Mônica, 44.077-760, Feira de Santana, Bahia, Brasil

### CLOVIS PEREIRA PEIXOTO

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Rua Rui Barbosa, 710, Centro, 44.380-000, Cruz das Almas, Bahia, Brasil

**Resumo:** As espécies nativas carecem de informações sobre a maturação de seus frutos e sementes. Objetivou-se avaliar a maturação de frutos e sementes de inhaíba (*Lecythis lurida*). Fez-se a marcação de flores em antese e a posterior colheita de frutos e sementes após 1, 2, 3, 4 e 5 meses, quando foram analisados e feita a descrição morfológica. Aos 4 meses de idade, os frutos de semiglobosos passaram a ter o formato cilíndrico-comprimidos. As sementes apresentaram um arilo vestigial, além do tegumento inicialmente de cor bege e que tornou-se marrom a partir do terceiro mês. O embrião branco manteve-se envolto pelo endosperma e não apresentou diferenciação morfológica. O máximo desenvolvimento morfológico das sementes ocorreu aos 4 meses, quando apresentaram as maiores dimensões (50,9 x 50,8 x 43,3 mm), as máxima germinação (84,8%) e massa seca (32 g), a menor mortalidade das sementes (19%), caracterizando a maturidade fisiológica e o momento de colheita. Nesse momento, os teores de N P K eram menores que 5% e o amido tornou-se o componente predominante nas reservas (47,8% da massa seca). As sementes maduras representam mais de 50% da massa dos frutos e apresentam dormência embrionária e resistência argumentar que atrasam a emergência das plântulas.

**Palavras-chave:** morfologia, composição química, germinação, maturidade fisiológica.

## MATURATION OF THE INHAÍBA (*LECYTHIS LURIDA* [MIERS] S. A. MORI - LECYTHIDACEAE) FRUITS AND SEEDS

**Abstract:** Information about maturation of the fruits and seeds of native species is necessary. The aim on this study was to evaluate the maturation of fruits and seeds of *Lecythis lurida*. Flowers in anthesis were marked and the harvest of the fruits and the seeds within 1, 2, 3, 4 and 5 months, when the analysis and morphological description were made. The globoids fruits become cylindrical flattened at the 4th month. The seeds presented a vestigial aryl. Their tegument color turned from beige to brown after 3rd month. The white embryo is surrounded by endosperm and did not presented morphological differentiation. The maximum morphological development of seeds were achieved on 4 months, when they showed their largest dimensions (50.9 x 50.8 x 43.3 mm), maximum germination (84.8%), greatest dry mass (32 g) and lowest mortality of seeds (19%), which characterized the physiological maturity and the harvest moment. At this moment the N P K contents were small than 5% and starch become the prevalent reserves constituent (47.8% of dry mass). The ripe seeds represent more than 50% of fruits mass, and present embryo dormancy and mechanical resistance of the tegument, retarding the seedling emergency.

**Keywords:** morphology, chemical composition, germination, physiological maturity.

### INTRODUÇÃO

A identificação da maturidade fisiológica em sementes florestais é essencial para programas de colheita e pode auxiliar na obtenção daquelas com melhor qualidade fisiológica. A variação na maturação pode causar problemas na homogeneidade do desempenho germinativo e no vigor nos lotes de sementes, refletindo no aumento do coeficiente de variação nas análises laboratoriais (Santana et al., 2012). E esse tipo de estudo auxilia na identificação das causas de dormência, que podem ser de natureza física, fisiologia ou de ambas. Entretanto, as informações sobre a maturação de sementes das espécies ocorrentes na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica são relativamente escassas. Pois foram encontradas informações para 33 espécies em 36 trabalhos publicados entre 1979 e 2019 (Aguiar & Barciela 1986; Aguiar et al., 2007; Alexandre et al., 2006; Alves et al., 2005; Antunes et al., 2012; Ávila et al., 2009; Barbosa et al., 2007; Borges & Borges, 1979; Borges et al., 1980; Borges et al., 2005; Borges et al., 2006; Corvello et al., 1999; Dranski et al., 2010; Ekpong & Sukprabarn, 2006; Fonseca et al., 2005; Gemaque et al., 2002; Guimarães & Barbosa, 2007; Grzybowski et al., 2016; Hirano & Passamai, 2008; Lamarca et al., 2016; Lima et al., 2012; Lima et al., 2013; Lopes et al., 2005; Lopes et al., 2008; Lopes & Soares, 2005; Mata et al., 2013; Martins & Silva, 1997; Mantovani et al., 2004; Nogueira et al., 2013; Oro et al., 2012; Pereira & Mantovani 2001; Piña-Rodrigues et al., 2014; Simão et al., 2007; Silva et al., 2019; Souza et al., 2017; Teixeira et al., 2018).

O número de espécies levantadas nos trabalhos de maturação, representa uma fração muito pequena das mais de 31 mil Angiospermae presentes no Brasil (Forzza et al., 2010). Isto evidencia que a produção de sementes florestais, nativas e de espécies medicinais da Amazônia e da Mata Atlântica com qualidade fisiológica, a qual é associada à germinação e ao vigor, apresenta limitações e dependem da experiência de campo de coletores e/ou produtores de mudas, já que o conhecimento técnico-científico pouco avançou nas últimas três décadas.

Para suprir a necessidade de produção de sementes para atender ao reflorestamento de 12 milhões de hectares, previstos no Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa e especialmente na Amazônia e na Mata Atlântica, na qual os passivos florestais são maiores (Brasil, 2017), há necessidade de produção de sementes de qualidade, sendo que os estudos de maturação podem indicar a condição para a realização da colheita. A carência desse tipo de conhecimento na produção de sementes foi também relatada por Jalonen et al. (2017) que identificaram que a qualidade fisiológica e genética das sementes constituíram-se em causas que contribuíram para falhas em 139 projetos de reflorestamento em 57 países, o que demonstra que o desconhecimento da maturação é um problema global.

Os frutos de Lecythidaceae são do tipo pixídio, compostos por uma urna e um opérculo, cuja liberação não ocorre em todas as espécies dessa família (Barroso et al., 1999; Brasil, 2009a). Adicionalmente, a morfologia dos frutos e das sementes pode estar relacionada a agentes dispersores, pois é comum apresentarem adaptações morfofuncionais que levam a dife-

rentes tipos de dispersão (Van der Pijl, 1972). Quando a dispersão das sementes é biótica, estas podem apresentar arilo ou sarcotesta e, se tiverem dispersão abiótica podem estar presentes asas e/ou tricomas (Tsou & Mori, 2002).

A inhaíba (*Lecythis lurida* [Miers] S. A. Mori) é uma espécie arbórea pertencente à família Lecythidaceae, endêmica do Brasil, com distribuição na floresta de terra firme no domínio fitogeográfico Amazônico, na Floresta Atlântica, mas também ocorre em áreas antropizadas, desde o Pará até o Rio de Janeiro (Smith et al., 2014). Além da planta apresentar propriedades ornamentais, sua madeira é considerada adequada na fabricação de postes, moirões, estacas e dormentes, por apresentar elevada resistência (Lorenzi, 2002). Porém como restam apenas cerca de 8% da área original da Mata Atlântica (Poelking et al., 2016), a realização de estudos com as sementes de espécies ocorrentes nesta região é importante para o desenvolvimento de programas de produção de mudas a serem usadas em reflorestamentos.

Os frutos de inhaíba amadurecem entre março a maio e sua colheita pode ser feita diretamente na árvore, tão logo iniciem sua queda espontânea (Aguiar & Gaglianone, 2008; Lorenzi, 2002). Como os aspectos da maturação das sementes não estão disponíveis na literatura, faz-se necessário o desenvolvimento de um estudo que permita a maximização da colheita, possibilitando ainda determinar o momento em que essa deve ser feita, para obtenção de sementes com a máxima qualidade fisiológica, uma vez que a deterioração em condições naturais pode levar à perda da viabilidade, especialmente em espécies recalcitrantes (Carvalho & Nakagawa, 2012; Marcos Filho, 2005).

Os aspectos da maturação, da dispersão e da dormência quando analisados em conjunto, auxiliam na compreensão da estrutura espacial das espécies vegetais, uma vez que adaptações morfológicas nos frutos e sementes contribuem na distribuição espacial e temporal (Baskin & Baskin, 2014; Duarte et al., 2016; Haugaasen et al., 2012; Newton, 2007; Van der Pijl, 1972).

Desse modo, objetivou-se avaliar a maturação de frutos e sementes de inhaíba (*L. lurida*), com o intuito de subsidiar a colheita das sementes e compreender aspectos fisiológicos e ecológicos da espécie.

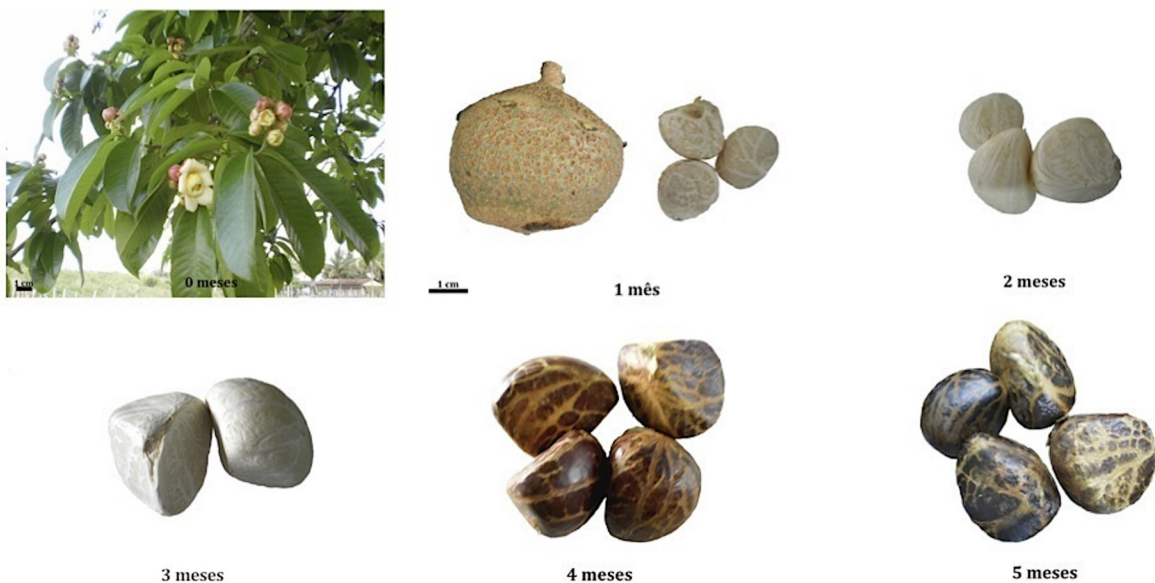
## MATERIAL E MÉTODOS

### MATERIAL VEGETAL ESTUDADO

Quatro árvores matrizes de inhaíba (*Lecythis lurida* [Miers] S. A. Mori) foram marcadas em áreas antropizadas, originalmente ocupadas por Mata Atlântica, e situadas propriedades rurais particulares nos municípios de Muritiba e Cruz das Almas, Bahia, Brasil, e sua fenologia foi acompanhada semanalmente. Em cada visita fez-se a avaliação visual com o uso de binóculo, até o início da fase reprodutiva, quando então o material botânico testemunho foi colhido e depositado no Herbário da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (HURB) (2442, 2443, 2437 e 2751).

**Marcação de flores** - Em novembro de 2010, por ocasião do florescimento que ocorreu de forma concentrada por cerca de duas semanas, foram marcadas as flores em antese.

**Colheita dos frutos e sementes** - Os frutos contendo as sementes foram colhidos mensalmente após a antese floral com idades de 1, 2, 3, 4 e 5 meses (Fig. 1), de dezembro de 2010 a abril de 2011. Quando houve a dispersão natu-



**Fig. 1.** Flores, fruto e sementes de inhaíba (*Lecythis lurida* (Miers) S.A. Mori (Lecythidaceae) ao longo da maturação.

ral dos frutos, também foi realizada a colheita daqueles que haviam caído no solo. Para as primeiras quatro idades, a colheita foi feita na copa das árvores, mediante a utilização de técnicas de ascensão vertical, com cordas e equipamentos de escalada e de descida do tipo rapel, sendo feito o corte de ramos com um podão. Posteriormente, os frutos foram levados para o Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, em Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

#### **MORFOLOGIA, MORFOMETRIA, MASSA FRESCA E SECA E TEOR DE ÁGUA**

Procedeu-se a análise morfológica dos frutos e das sementes colhidas com a posterior confecção de pranchas feitas à mão livre, em nanquim sobre papel vegetal. E para a análise da morfologia interna, os frutos e as sementes foram seccionados longitudinal e transversalmente. A terminologia adotada nas descrições morfológicas foi a descrita por Barroso et al. (1999), Brasil (2009a) e por Camargo et al. (2008).

*Morfometria* - A morfometria dos frutos e das sementes foi feita pela determinação do comprimento, da largura e da espessura em uma amostra formada por 25 frutos e sementes de cada idade, com auxílio de um paquímetro digital, e os resultados médios foram expressos em milímetros.

*Massa fresca* - A massa fresca foi determinada em uma amostra de 25 frutos e em suas sementes, e os resultados médios foram expressos em gramas. Foi determinado também o número médio de sementes por fruto. Com vista a estimar o rendimento médio de colheita das sementes em cada fruto, a massa fresca média das sementes de cada um dos frutos, foi expressa como porcentagem da massa fresca total do fruto com as sementes.

*Massa seca* - A massa seca das sementes foi obtida junto com a determinação do teor de água, e convertida para a massa seca de uma semente e expressa em gramas.

*Teor de água* - O teor de água das sementes foi determinado colocando-as para secar em estufa  $105 \pm 3$  °C por 24 horas. Sendo adaptado das Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009b) pelo uso de quatro repetições de 0,5 g contendo sementes picadas, em fragmentos menores que 0,5 cm. O teor de água médio das sementes foi calculado na base úmida e expresso em porcentagem, conforme fórmula a seguir:

$$U\% = \frac{(mu - ms)}{mu} * 100$$

Em que:  $U\%$  = teor de água  
 $mu$  = massa úmida  
 $ms$  = massa seca

#### **COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SEMENTES**

Para cada estágio de maturação foi determinada a composição química usando-se quatro repetições de até 0,5 g de sementes liofilizadas e trituradas.

*Minerais (Nitrogênio, Fósforo e Potássio - NPK)* - Fez-se a digestão ácida das amostras com  $H_2SO_4$  concentrado e  $H_2O_2$  a 30% (Jones Jr., 2001). Diluiu-se para 100 mL com água deionizada e determinou-se o nitrogênio e o fósforo por espectroscopia (IAL, 2005; Weatherburn, 1967) e fez-se a determinação fotométrica de potássio. As médias foram expressas em porcentagem da massa seca (% MS).

*Amido* - A determinação dos teores de amido das sementes seguiu a metodologia proposta por Hodge & Hofreiter (1962) e para tanto, utilizou-se o precipitado remanescente da extração de carboidratos solúveis totais, adicionou-se nos tubos 6,0 mL de ácido perclórico ( $HClO_4$ ) a 23,3% (v/v). E fez-se a agitação constante em mesa agitadora por 20 minutos a 45 rpm. E depois adicionou-se 5 mL de água destilada, seguido por centrifugação a  $1.500 \times g$  por 15 minutos em temperatura ambiente. Usou-se o sobrenadante resultante da repetição do mesmo processo que foi feito por mais duas vezes. Os sobrenadantes reunidos tiveram seu volume aumentado para 50 mL com ácido perclórico a 6,9% (v/v) em balão volumétrico.

A determinação do amido foi em tubos de ensaio usando-se 0,5 mL do extrato diluído com 0,5 mL de fenol ( $C_6H_6O$ ) a 5% (v/v) e 2,5 mL de  $H_2SO_4$  (conc.). E os teores médios de amido foram expressos % MS.

*Carboidratos Solúveis Totais, Carboidratos Redutores e Carboidratos não-redutores* - A determinação dos carboidratos solúveis totais foi de acordo com Dubois et al. (1956). Para os carboidratos redutores seguiu-se a metodologia de Miller (1959) e os não-redutores foram determinados por diferença entre os carboidratos solúveis totais e os carboidratos redutores. Os resultados foram expressos em % MS.

Para a determinação dos carboidratos solúveis totais foram usados 0,05 g da massa liofilizada de sementes maceradas e acondicionadas em tubo de ensaio no qual colocou-se 5 mL de etanol ( $C_2H_6O$ ) a 80%, e posteriormente mantidos em banho-maria à 75 °C por 1 hora e agitados a cada 15 min. O material foi centrifugado a  $1.500 \times g$ , por 15 min. à temperatura ambiente e retirando-se o sobrenadante. O mesmo procedimento foi repetido mais duas vezes, por 30 minutos. Os sobrenadantes foram reunidos e o volume completado para 25 mL com etanol a 80% (v/v) em balão volumétrico à 25 °C.

Um volume 0,5 mL do extrato obtido foi diluído, com a adição de 0,5 mL de fenol ( $C_6H_6O$ ) a 5% (v/v) e 2,5 mL de  $H_2SO_4$  (conc.). Os carboidratos solúveis totais foram determinados por espectroscopia a 490 nm.



Para a determinação dos carboidratos redutores foram usados 0,25 mL do extrato e 0,25 mL da solução reagente DNS, formada por ácido 3,5-dinitrosalicílico ( $C_7H_4N_2O_7$ ) a 1% (p/v), NaOH (0,4 M) e tartarato duplo de sódio e potássio ( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ ) a 30%. Os tubos foram agitados e mantidos em banho-maria a 85 °C por 15 minutos. Após, foram adicionados 2,5 mL de água destilada. Após nova agitação e o resfriamento dos tubos contendo a solução, foi feita a leitura da absorbância a 540 nm, sendo a água destilada usada como referência (branco).

Os carboidratos não-redutores foram determinados pela diferença entre os carboidratos solúveis totais e carboidratos redutores. Os teores de carboidratos solúveis totais, redutores e não-redutores médios foram expressos em % MS.

*Proteína total* - Os teores de proteína foram calculados multiplicando-se o teor de N total por 6,25 conforme Kjeldahl adaptado por Galvani & Gaertner (2006). Os resultados médios foram expressos em % MS.

*Aminoácidos livres* - Os teores de aminoácidos livres foram determinados seguindo o método de Yemm & Cocking (1955) em tubos de ensaio com rosca, nos quais foram adicionados 0,5 mL do extrato diluído e 0,25 mL de tampão citrato 0,2 M, pH 5 mais de 0,5 mL de cianeto de potássio (KCN) a 0,2 mM, em metilcelosolve ( $C_3H_8O_2$ ) a 100% (v/v) e 0,1 mL de nihidrina a 5% (p/v), em metilcelosolve a 100% (v/v). Os tubos foram fechados, agitados e mantidos em banho-maria à 100 °C, por 20 minutos. A reação foi interrompida colocando-se os tubos em banho de gelo (2 °C). Após resfriamento, adicionou-se 0,65 mL de etanol a 60% (v/v) e os teores de aminoácidos livres foram determinados por espectroscopia a 570 nm. Os teores médios de aminoácidos livres foram expressos em % MS.

*Lipídios* - O teor de lipídios nas sementes (tegumento + embrião + tecidos de reserva) foi feito por gravimetria, adaptando-se a metodologia de Chenevard et al. (1994). A amostra de 0,5 g de massa liofilizada de sementes maceradas foi colocada em tubos de ensaio com tampa e adicionado 5,0 mL de mistura extratora (clorofórmio e metanol) na proporção de 2:1. A agitação foi constante pelo período de 1 h, com movimentos orbitais a 50 rpm e a 25 °C. Depois foram centrifugadas a 1.500×g por 5 minutos, à temperatura ambiente e utilizou apenas o precipitado. Este procedimento foi repetido 3 vezes, com agitação por 30 minutos.

O precipitado (amostras delipidadas) foi mantido em repouso à temperatura ambiente por 24 h para a volatilização da mistura extratora e em seguida fez-se a pesagem. O teor de lipídios totais nas sementes foi obtido pela diferença entre a massa inicial e final das amostras, e a média foi expressa em % MS.

## GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES E PLÂNTULAS

Para o teste de germinação, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, conforme recomendação de Ferraz & Calvi (2011) para sementes grandes. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado, e as sementes foram colocadas entre 500 mL de vermiculita (Eucatex) de granulometria média e em recipientes plásticos transparentes dotados de tampa (dimensões internas de 185 x 135 x 85 mm). O substrato foi umedecido inicialmente com 60% da capacidade de retenção de água (CRA) (Ferraz & Calvi, 2011) e sempre que se mostrava superficialmente seco era feita reposição da água aplicando-se um volume correspondente a 40% da CRA.

O teste de germinação foi realizado em câmara do tipo BOD, à temperatura de 25 °C sob fotoperíodo de 12 horas de luz, provida de quatro lâmpadas fluorescentes com intensidade de 15 W cada uma. A germinação foi avaliada a cada sete dias e por um período de 12 meses. Foram consideradas plântulas normais as que protruíram a raiz primária e apresentaram emergência da parte aérea acima do substrato, e que apresentaram todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas (Ferraz & Calvi, 2011), compostas por raiz primária, raízes secundárias e parte aérea formada pelo epicótilo eritrofilo dotado de vários catafilos, com prófilos expandidos e metáfilos em expansão. Após contadas, as plântulas foram retiradas do teste de germinação.

Ao término do teste de germinação (12 meses), foi determinado o número de sementes que protruíram apenas a raiz primária, as quais foram consideradas germinadas. Os resultados médios em porcentagem das plântulas normais e das sementes germinadas que protruíram apenas a raiz também foram apresentados.

Ao final do teste de germinação também foi verificada a presença de sementes firmes, as quais foram submetidas ao teste de corte (Brasil, 2009b; Ferraz & Calvi, 2011). Aquelas que apresentavam os tecidos de reserva e embrionários túrgidos e alvos (Baskin & Baskin 2014), ou seja, com tecidos de aspecto visual semelhante aos das sementes no início do teste de germinação, foram consideradas dormentes.

Também foi determinada a porcentagem de sementes mortas (Brasil, 2009b), após 12 meses do início do teste de germinação. Foram consideradas mortas as sementes que exibiram mais de 50% dos tecidos internos (embrião + endosperma) flácidos, oxidados com coloração marrom e/ou necrosados. Mas aquelas sementes que apresentaram mais de 50% dos seus tecidos viáveis e não germinaram, foram consideradas dormentes. Os resultados médios das sementes dormentes e mortas foram expressos em porcentagem e seguidos dos respectivos valores de erro

padrão da média para cada estágio de maturação, pois não foi possível obter ajustes de equações representativas do desempenho das variáveis cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) fosse maior ou igual a 0,80.

Os resultados da emergência acumulada ao longo de 12 meses foram apresentados para as idades das sementes em que houve formação de plântulas normais (Brasil, 2009b), e as curvas e os modelos matemáticos foram ajustados para a emergência acumulada, com vistas à compreensão do desempenho germinativo ao longo do tempo. E ao longo da maturação, as curvas de desempenho ao longo do tempo foram ajustadas para a compreensão dos efeitos da maturação e do aparecimento da dormência sobre a formação de plântulas normais.

#### **ANÁLISE DOS DADOS**

As análises de regressão e os ajustes de equações representativas dos modelos biológicos para as variáveis estudadas nos frutos e nas sementes foram realizadas com o auxílio do programa Table Curve Package (Jandel Scientific, 1991). E calculou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) das mesmas variáveis e os desvios da regressão, os quais foram avaliados pelo teste F, admitindo-se variações significativas quando os erros eram menores que 5% e/ou 1% de probabilidade (Santana & Ranal, 2004). Para a composição química foram apresentados os resultados médios  $\pm$  o erro padrão da média.

### **RESULTADOS**

#### **MORFOLOGIA, MORFOMETRIA, MASSAS FRESCA E SECA E TEOR DE ÁGUA**

A avaliação morfológica dos frutos de inhaíba (*L. lurida*) demonstrou a ocorrência de alterações em sua forma e estrutura, pois durante a maturação a forma dos frutos passou de semigloboso a cilíndrico, exibindo uma cavidade na região mediana. O aumento do tamanho dos frutos foi mais evidente após o primeiro mês, quando a região distal se diferenciou da mediana pelo aprofundamento de um sulco radial distal (Fig. 1, 2A-2G).

Os frutos do tipo pixídio e indeiscentes, com coloração inicial marrom-esverdeada e forma semiglobóide (Fig. 1), tornaram em cinco meses completamente marrons e cilíndrico e axialmente comprimidos, com a região distal cuspidada (Fig. 2A-2G). O anel distal que se formou no fruto foi marcado por um sulco, que se tornou mais evidente após dois meses de idade (Fig. 2D a 2G).

A porção proximal apresentou costelas alternadas com sulcos radiais, visíveis do primeiro mês até o fim da maturação (Fig. 2A, 2D-2G). Já a região distal mostrou-se côncava e exibiu um ápulo terminal, o qual se tornou mais proeminente após dois meses (Fig. 2D-2G).

A porção distal do fruto tendeu a se desenvolver mais rapidamente que a proximal nos três meses iniciais (Fig. 2A, 2D e 2E). A porção proximal do fruto tendeu a se aplinar após o terceiro mês (Fig. 2E), e a partir dos quatro meses ocorreram incrementos na região proximal, promovendo equilíbrio no diâmetro entre as regiões proximal e distal (Fig. 2F e 2G).

O epicarpo apresentou superfície farinhosa, seca, e consistência lenhosa, circundando um mesocarpo dotado de cavidades (Fig. 2B e 2C) cheias de material viscoso, com aspecto semelhante a uma goma.

O endocarpo apresentou coloração variando de branca a bege claro, com consistência macia, e circundava as sementes, dispostas radialmente em torno da medula central (Fig. 2C), na qual se verificou um anel de fibras semelhante a feixes vasculares.

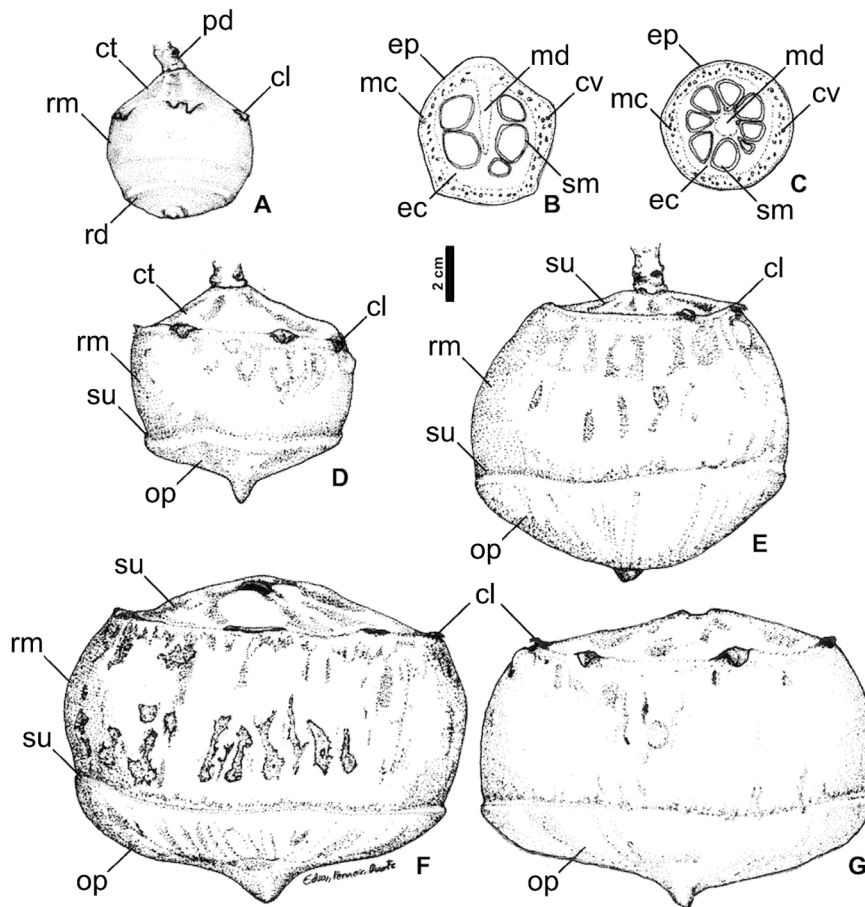
Na fase inicial de maturação dos frutos, não foi observada a presença de lóculos, pois todas as sementes estavam completamente envoltas pelo endocarpo (Fig. 2B e 2C). Contudo, no final da maturação (quatro e cinco meses), observaram-se quatro septos incompletos formados por parte do endocarpo, com aspecto de lóculos vestigiais.

Durante a extração das sementes com idade a partir do terceiro mês, foi observada a lenhificação gradual dos frutos, os quais apresentaram a porção mais periférica do endocarpo resistente ao sectionamento. Com o avanço da maturação, verificou-se que o opérculo dos frutos de inhaíba não eram funcionais, pois não se desprenderam da porção distal do fruto mesmo após a dispersão ocorrida aos cinco meses (Fig. 2G).

Como as sementes não foram liberadas dos frutos de inhaíba, observou-se a dispersão de frutos inteiros no fim da maturação, quando sofreram queda espontânea, o que é típico na dispersão autocórica do tipo barocoria. Alguns frutos colhidos no solo aos cinco meses ficaram lateralmente fissurados após a queda.

As sementes de inhaíba foram moldadas na região proximal pela compressão dos tecidos dos frutos, tornando-as obtriangulares (acunhadas) na porção proximal e semiglobosas na região distal (Fig. 2B e 2C). A superfície do tegumento mostrou-se reticulada, por causa da formação de fibras salientes (Fig. 3A-3Y). A formação de mais de uma semente no mesmo eixo, ao longo da medula, produziu sementes com formas irregulares (Fig. 3M, 3P e 3U).

O funículo formou-se internamente a um arilo vestigial lateral (Fig. 3Q e 3R) de coloração esbranquiçada. Na região de conexão com o tegumento formou-se um hilo irregular, com tendência a se alongar no sentido do eixo do fruto, seguindo a medula central, na qual o funículo se conecta, o que é mais ou menos visível pela presença do arilo vestigial que recobriu o hilo e



**Fig. 2.** Morfologia de frutos de inhaíba (*Lecythis lurida* (Miers) S.A. Mori (Lecythidaceae) ao longo da maturação (meses). A. Fruto com um mês após a antese floral; B. Secção longitudinal mediana do fruto, com um mês; C. Secção transversal mediana do fruto com um mês; D. Fruto com dois meses; E. Fruto com três meses; F. Fruto com quatro meses; G. Fruto com cinco meses. cl: calicina; ct: costela na região proximal; cv: cavidade; ec: endocarpo; ep: epicarpo; mc: mesocarpo; md: região medular; op: opérculo; pd: pedúnculo; rd: região distal; rm: região mediana; sm: semente; su: sulco.

o funículo. A micrópila pode ser percebida acima ou lateralmente ao hilo, com aspecto de uma depressão e/ou fôvea (Fig. 3A, 3C e 3G).

Com o amadurecimento, o tegumento de alvo tornou-se marrom nas regiões circundadas por áreas fibrosas, que formaram um reticulado. As regiões fibrosas apresentaram coloração inicial branca, mas tornaram-se bege ao final da maturação, contrastando com o restante do tegumento marrom a partir dos quatro meses de idade (Fig. 1, 3P-3R).

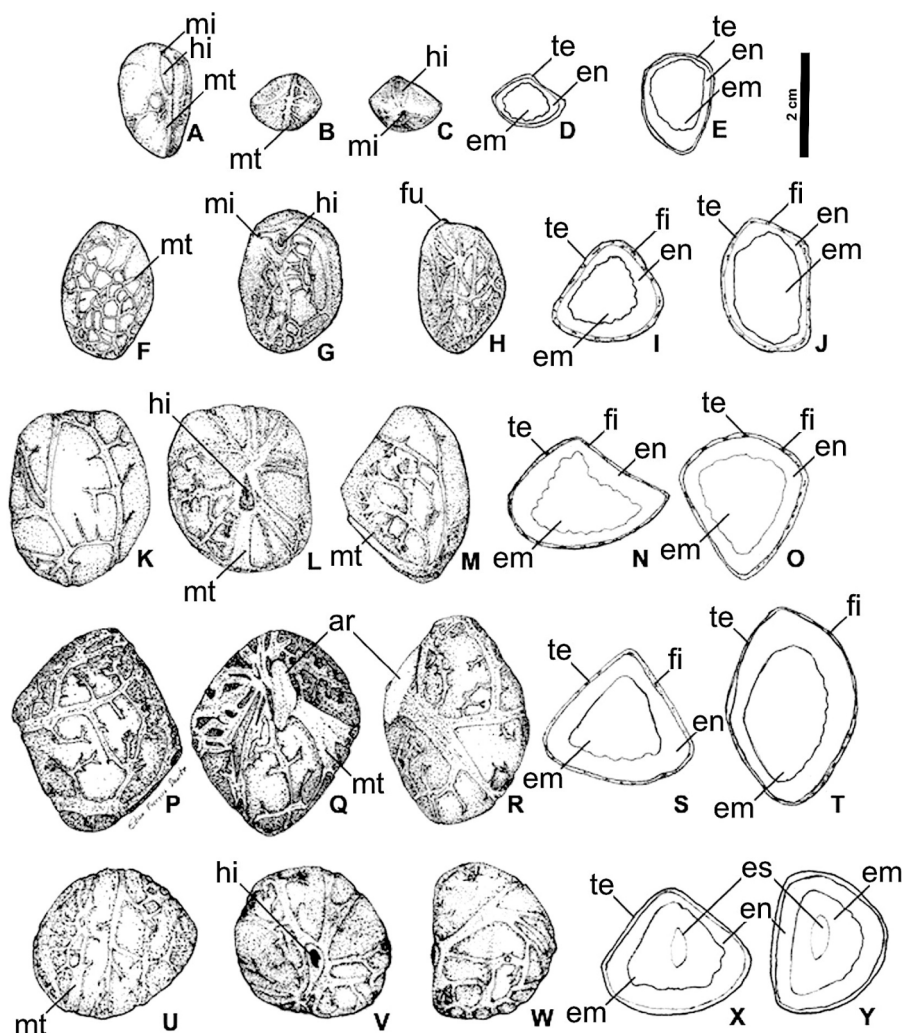
Feixes de fibras imersos no tegumento foram observados em secções longitudinais e transversais em sementes com idades entre dois e quatro meses (Fig. 3I, 3J, 3N, 3O, 3S e 3T). No quinto mês, as fibras não foram mais observadas, em virtude do enrijecimento e escurecimento do tegumento.

Desde o primeiro mês, foi possível verificar a presença do endosperma e de um embrião

de aspecto hialino e aquoso, com superfície rugosa e forma variando de ovóide a obovóide, sem qualquer diferenciação de suas estruturas morfológicas (Fig. 3D e 3E). Foram feitos cortes seriados transversais e longitudinais em sementes frescas, contudo, nenhuma estrutura morfológica típica de embriões (cotilédones, epicótilo, plúmula e/ou meristema apical, eixo hipocótilo-radícula) foi identificada. Após o terceiro mês, o embrião tornou-se mais opaco, com coloração variando de branca a bege clara. Em algumas sementes do quinto mês foi observada a formação de um espaço interno no embrião, sem distinção de qualquer outra estrutura (Fig. 3X e 3Y).

A caracterização das dimensões dos frutos considerou apenas o comprimento e a largura, pois, por serem cilíndricos e comprimidos, a espessura foi equivalente à largura. Verificou-se que ocorreram incrementos nas dimensões





**Fig. 3.** Morfologia de sementes de inhaíba (*Lecythis lurida* (Miers) S.A. Mori (Lecythidaceae) ao longo da maturação (meses). A-E. Sementes com um mês após da antese; A. Vista lateral da região proximal; B. Vista da região distal; C. Vista da região proximal; D. Secção transversal mediana; E. Secção longitudinal mediana; F-J. Sementes com dois meses; F. Vista da região distal; G. Vista da região proximal; H. Vista lateral; I. Secção transversal mediana; J. Secção longitudinal mediana; K-O. Sementes com três meses; K. Vista da região distal; L. Vista da região proximal; M. Vista lateral; N. Secção transversal mediana; O. Secção longitudinal mediana; P-T. Sementes com quatro meses; P. Vista da região distal; Q. Vista da região proximal; R. Vista lateral; S. Secção transversal mediana; T. Secção longitudinal mediana; U-Z. Sementes com cinco meses; U. Vista da região distal; W. Vista da região proximal; X. Vista lateral; Y. Secção transversal mediana; Z. Secção longitudinal mediana. ar: arilo vestigial; en: endosperma; em: embrião indiferenciado; es: espaço interno no embrião; fi: feixe de fibras; fu: resíduo do funículo envolto pelo arilo vestigial; hi: hilo; mi: micrópila; mt: mesotesta; te: tegumento.

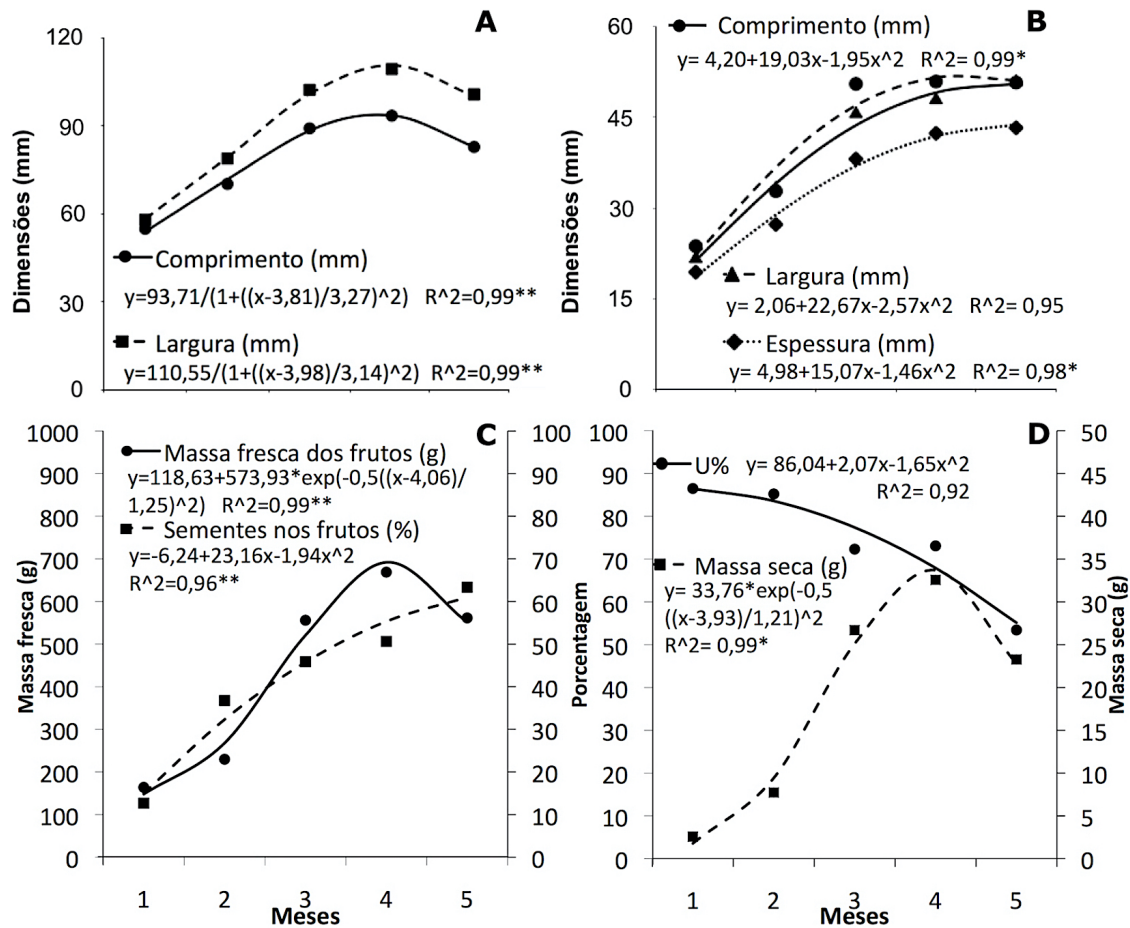
dos frutos até quatro meses de idade, quando atingiram 93 mm de comprimento e 109 mm de largura (Fig. 4A). Após esse período, suas dimensões diminuiram, por causa da dessecação, que também se refletiu na redução da massa fresca dos frutos (Fig. 4C).

O crescimento das sementes em comprimento e espessura apresentou desempenho diferente ao dos frutos, pois estes tiveram suas medidas reduzidas no quinto mês, enquanto as sementes cresceram até o último mês (Fig. 4A e

4B). As sementes de inhaíba tenderam a ser mais largas do que compridas e mediram entre 45 e 51 mm de comprimento e de 50 a 51 mm de largura após o terceiro mês, enquanto a espessura média variou entre 37 e 43 mm (Fig. 4B).

A massa fresca dos frutos de inhaíba aumentou até o quarto mês, atingindo  $668 \pm 357$  g.fruto<sup>-1</sup>, mas reduziu no mês seguinte (Fig. 4C). Os incrementos na massa fresca das sementes podem ter contribuído para o incremen-





**Fig. 4.** Morfometria, massas dos frutos e sementes, rendimento de colheita e teor de água em sementes de inhaíba (*Lecythis lurida* (Miers) S.A. Mori - Lecythidaceae), ao longo da maturação (meses). A. dimensões de frutos; B. dimensões das sementes; C. massa fresca de frutos (g) e proporção da massa das sementes nos frutos (%); D. massa seca (g) e teor de água (U%) das sementes. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) seguido por \* e \*\*, indica variação significativa a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

to da massa fresca dos frutos, em que se verificou variações significativas ( $p \leq 0,01$ ). Inicialmente, as sementes representaram 12,7% da massa fresca dos frutos, mas, no momento da dispersão (quinto mês), esse percentual chegou a 63,3%. O número médio de sementes em cada fruto de inhaíba foi relativamente pequeno, ou seja, de  $7,8 \pm 3,0$ .

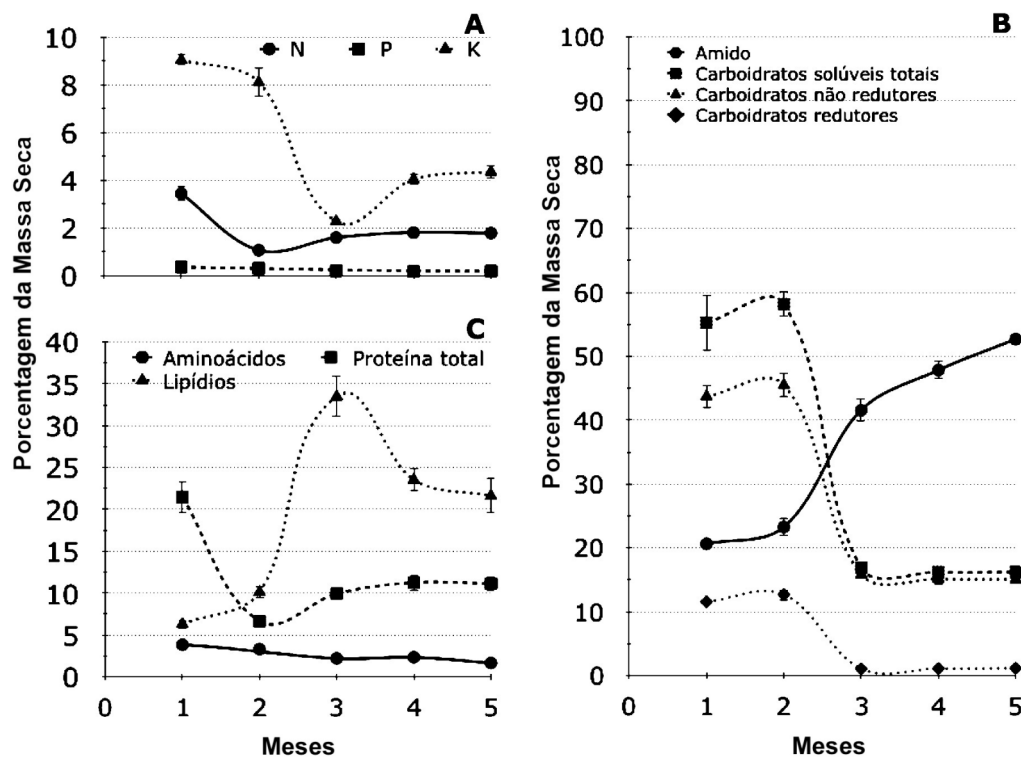
A massa seca das sementes de inhaíba apresentou incrementos até o quarto mês ( $32,6 \text{ g.semente}^{-1}$ ), ocorrendo redução para  $23,3 \text{ g}$  no quinto mês (Fig. 4D).

O teor de água das sementes foi maior que 70% até o quarto mês (83,5% a 76,1%), mas reduziu no quinto mês, quando chegou a 53,4% (Fig. 4D) o que também reduziu a massa fresca das sementes e dos frutos. A diminuição da água nas sementes demonstrou que houve dessecação, mas a variação não foi significativa ( $p \geq 0,05$ ).

#### COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SEMENTES

Os teores de minerais variaram pouco durante a maturação das sementes de inhaíba, e com concentrações relativamente pequenas, tendo sido verificados valores entre 3,4% e 1,0% da massa seca (MS) para o nitrogênio (N) e entre 0,4% e 0,1% da MS para o fósforo (P) (Fig. 5A). Os teores de potássio foram os maiores observados entre os minerais, representando entre 8,1% e 9,0% da MS nos primeiros 2 meses, mas nos meses seguintes passou a representar entre 2,2% e 4,4% do conteúdo das sementes (Fig. 5A).

Os teores de amido se incrementaram a partir do terceiro mês chegando a representar 52,7% da MS sementes no quinto mês (Fig. 5B). Enquanto os carboidratos solúveis apresentaram desempenho e concentrações inversas em relação ao amido, variando entre 55,3% para 16,2% do início ao final do proces-



**Fig. 5.** Composição química de sementes de inhaíba (*Lecythis lurida* (Miers) S.A. Mori - Lecythidaceae), ao longo da maturação (meses). A. Teores de nitrogênio (N), de fósforo (P) e de potássio (K); B. Teores de Amido, Carboidratos solúveis, de Carboidratos não redutores e de Carboidratos redutores; C. Teores de Aminoácidos, de Proteína total e de Lipídios. Médias  $\pm$  erro padrão.

so de maturação de sementes de inhaíba (Fig. 5B), indicando também que os carboidratos solúveis são usados para a síntese de amido.

O fracionamento dos carboidratos solúveis em redutores e em carboidratos não redutores demonstrou que esse último tipo foi o que estava mais presente nas sementes, variando entre 43,7% e 15,1% da MS das sementes do primeiro até o quinto mês (Fig. 5B). Enquanto, os carboidratos redutores que estão associados aos processos metabólicos, não passaram de 11,5% no primeiro mês e passou a representar menos de 1,1% nos últimos três meses, isso provavelmente se deve ao seu uso na síntese de outras substâncias e no processo de respiração celular.

Os teores de proteínas totais variaram de 21,5% entre 6,6% do primeiro para o segundo mês e ocorrendo incrementos nos meses seguintes (9,9%, 11,2%, 11,1%). Verifica-se que o desempenho dos teores de proteína é semelhante ao do N ao longo da maturação (Fig. 5A e 5C).

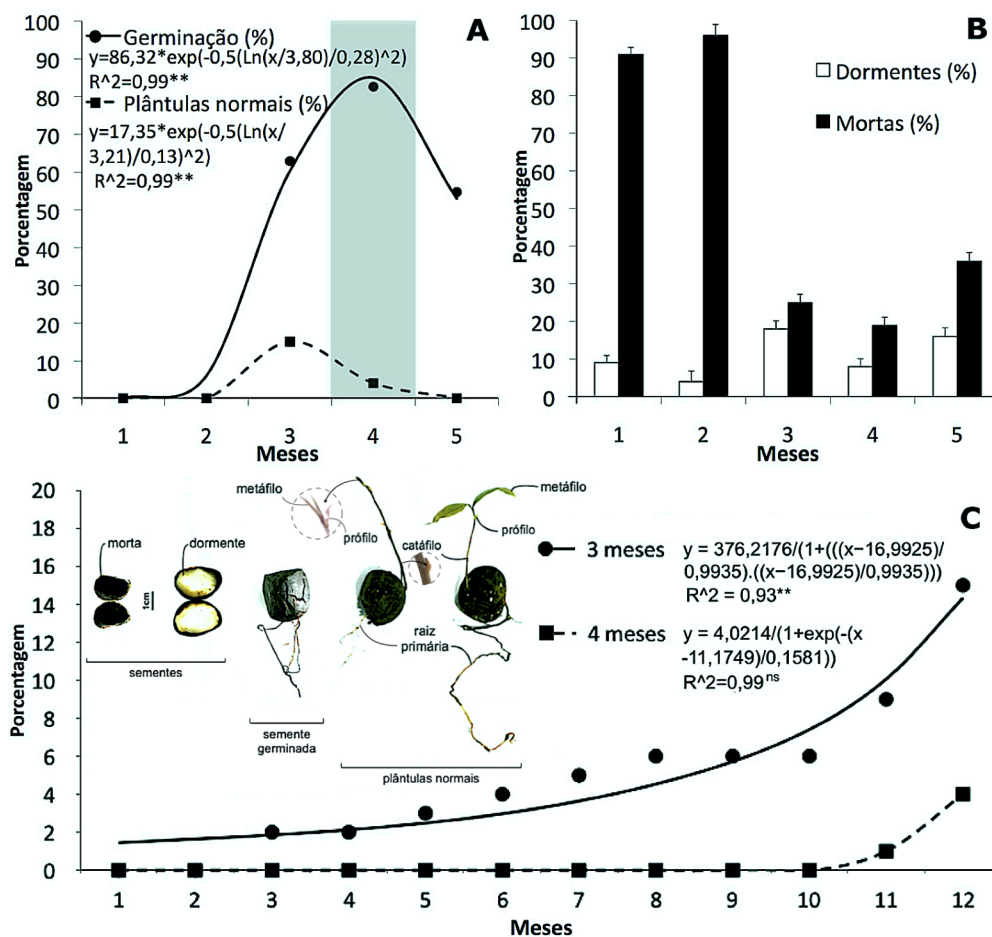
A concentração de aminoácidos não demonstrou desempenho semelhante ao dos teores de N, o que era esperado em razão desse mineral fazer parte de sua composição, mas variaram entre 3,8% e 1,6% ao longo de todo o processo de maturação (Fig. 5C).

Os lipídios apresentaram incrementos em suas concentrações até o terceiro mês, variando de 6,3% até 33,5% da MS das sementes, mas nos meses seguintes reduziu para 23,5% e posteriormente para 21,6% (Fig. 5C).

#### GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES E PLÂNTULAS

O processo de germinação de inhaíba foi do tipo bipolar, conforme critérios descritos por Ferraz & Calvi (2011), e ocorreram de forma lenta e irregular, pois teve início após 60 dias e se estendeu por até 365 dias, sendo essa a razão da condução do teste de germinação por 12 meses. A maior capacidade germinativa (82,4%), determinada pela emissão de raízes, foi observada em sementes com quatro meses de idade, porém, a formação de plântulas normais (raízes + parte aérea) foi de no máximo 15,0% ( $p < 0,01$ ) em sementes com três meses de idade, sendo menor (4,0%) aos quatro meses (Fig. 6A). Nos demais estádios de maturação não foram verificadas plântulas, em decorrência do desenvolvimento lento, de dormência e de mortalidade de sementes (Fig. 6A, 6B e 6C).

No final do experimento (12 meses), verificou-se que a maior capacidade de germinação (protrusão de raízes) ocorreu em semen-



**Fig. 6.** Germinação e vigor de sementes e plântulas de inhaíba (*Lecythis lurida* (Miers) S.A. Mori - Lecythidaceae), ao longo da maturação (meses). A. germinação (%), plântulas normais (%). Área sombreada indica a maturidade fisiológica das sementes; B. dormência (%) e mortalidade (%) de sementes; C. Emergência acumulada de plântulas normais (3 e 4 meses) e imagens ao final de 12 meses. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) seguido por \*\*, indica variação significativa a 1% de probabilidade pelo Teste F. Barras + erro padrão.

tes oriundas de frutos com quatro meses de idade (Fig. 6A), consistindo no momento de melhor qualidade fisiológica das sementes e de maiores dimensões dos frutos. Já nas sementes obtidas de frutos com cinco meses de idade, houve redução na germinação, causada pelo aumento na dormência e principalmente pela mortalidade das sementes (Fig. 6A, 6B e 6C).

**DISCUSSÃO**

Para a discussão dos resultados, preferiu-se usar espécies da família Lecythidaceae e outras arbóreas que ocorrem nos mesmos domínios fitogeográficos (Amazônia e Mata Atlântica), para que pudesse ser compreendida as semelhanças e as variações entre as espécies.

Em Lecythidaceae, os frutos apresentam-se separados em três zonas por dois anéis: o proximal, que sinaliza a posição da calicina, e o distal, que sinaliza a linha de deiscência opercular (Barroso et al., 1999). Em inhaíba, ambos os

anéis foram observados, o proximal é provido de sépalas persistentes denominadas calicina, conforme descreveram Camargo et al. (2008), e o anel distal que é formado por uma constrição que delimita o opérculo. Essas características podem auxiliar na identificação da espécie.

A mudança na resistência do endocarpo de inhaíba, somada à progressiva dessecação, está associada a mudanças funcionais dos frutos, que passaram a proteger mecanicamente as sementes após o terceiro mês, enquanto o tegumento não havia se consolidado. Já a goma armazenada nas cavidades do mesocarpo pode apresentar papel de absorção do impacto da queda dos frutos, o que minimizaria o rompimento do tegumento já enrijecido das sementes. Barroso et al. (1999) relataram que a resistência mecânica em frutos de Lecythidaceae é considerada o resultado de um processo evolutivo para evitar a ação de insetos, o que também deve ser considerado para a espécie estudada.



As alterações funcionais nos frutos que passam de carnosos para secos não devem ser analisadas de forma isolada, uma vez que podem regular o processo de dispersão (Van der Pijl, 1972). Os frutos indeiscentes de Lecythidaceae podem apodrecer depois de dispersos, para expor as sementes (Tsou & Mori, 2002), sendo essa a estratégia que também foi observada em inhaíba.

Verificou-se a abertura de fissuras causadas pela queda dos frutos aos cinco meses e a goma presente nas cavidades do mesocarpo foi rapidamente atacada por microrganismos, o que favoreceu a degradação do pericarpo. A presença de quantidade abundante de goma nos frutos de inhaíba não deve ser considerada como um recurso alimentar para os insetos, e sim como uma defesa, conforme foi descrito em *Anacardium occidentale* L. (Marques et al., 1992). Porém a goma não foi verificada em frutos de outras Lecythidaceae, como em *Couratari asterotricha* Prance, *Eschweilera nana* (O. Berg) Miers, *Eschweilera ovata* (Camb.) Miers e *Lecythis lanceolata* Poir., que apresentam frutos lenhosos, sinalizando que a presença de goma dos frutos não é um aspecto uniforme na família (Brasil, 2009a; Tsou & Mori, 2002).

Os opérculos nos frutos de Lecythidaceae podem ser funcionais ou não, sendo esse último o tipo de opérculo de inhaíba. Quando são funcionais, pode ocorrer das aberturas serem menores do que o tamanho das sementes, impedindo-as de saírem dos frutos, conforme relataram Barroso et al. (1999), Judd et al. (2009) e Tsou & Mori (2002). A presença dos opérculos funcionais foi verificada em *Cariniana estrellensis* Kuntze, *Cariniana legalis* Kuntze, *C. asterotricha*, *Couratari stellata* A. C. Smith, *Holopxidium latifolium* R. Knuth, *Lecythis pisonis* Cambess. (Cruz & Carvalho, 2003; Lorenzi, 2002), mas opérculos não funcionais parece ser relativamente pouco comum nos pixídeos da família.

As sementes da espécie estudada foram consideradas grandes, conforme critérios também utilizados por Duarte & Aona (2018). O tamanho das sementes foi discutido por Greene & Johnson (1994), que afirmaram ser ele inversamente relacionado à produção por planta, ou seja, quanto maior a semente menor a quantidade produzida, apesar de esses autores também terem verificado relação positiva entre o tamanho da planta e a produção de sementes.

As sementes grandes, como as da espécie estudada, podem servir de alimento para animais e serem transportadas a certa distância. Mas o estudo de dispersão por animais em sementes de grandes como nas de *E. ovata*, demonstrou que a dispersão ocorre à curta distância (Vilela et al., 2012). A dispersão dos frutos inteiros ou das sementes de outras Lecythidaceae por roedores foi observada em

*Eschweilera bogotensis* R. Knuth, e por roedores e primatas, em *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Haugaasen et al., 2012; Gamboa-Gaitán, 1997). Mas, nesses casos, os frutos mostraram-se atrativos aos dispersores, possuindo polpa amarela ou laranja (Tsou & Mori, 2002).

No gênero *Lecythis* é comum a presença de sementes com arilo proximal (Mori et al., 2007) que auxilia na dispersão zoocórica. No entanto, as sementes de inhaíba apresentaram um arilo vestigial e não foram verificados relatos de sua dispersão por animais (Tsou & Mori, 2002). Foi observada apenas a dispersão barocórica, mas outros fatores, tais como a água e o relevo inclinado, podem atuar posteriormente para promover a dispersão secundária.

A propriedade mecânica do tegumento foi verificada em sementes de outras espécies do gênero *Lecythis*, nas quais a exotesta também se mostrou mais escura que a mesotesta, mais clara e exposta na superfície do tegumento que contém os feixes vasculares e as fibras, formando texturas diferenciadas (Tsou & Mori, 2002). O aumento da resistência do tegumento pode ser promovido pela esclerificação e lignificação das células do tegumento, o que foi demonstrado durante a maturação de sementes de *Bixa orellana* L. por Lima et al. (2013), mas não foram encontrados estudos anatômicos de sementes de inhaíba que demonstrem os mesmos aspectos.

Nas Lecythidaceae podem ocorrer diversos tipos de embriões, porém, quando estes são ovoides, elipsoides, globosos, obovoides ou claviformes e sem cotilédones e com o eixo hipocótilo-radícula indistinto, possibilitam a classificação do embrião como conferruminado, sendo essa a classificação aplicada ao embrião de inhaíba. Esse tipo de embrião está presente no gênero *Lecythis* (Barroso et al., 1999) e pode exigir certo tempo para a formação da radícula e da gema apical antes da germinação. E sementes com embriões brancos e grandes podem manter-se no solo por longos períodos (Tsou & Mori, 2002).

A massa dos frutos de inhaíba foi maior que 600 g.fruto<sup>-1</sup> na maturidade, e a massa das sementes representou cerca de 50% da massa fresca dos frutos. Essa informação é importante para a previsão do rendimento de colheita, para o planejamento da produção e para a elaboração de planos de colheita de sementes de espécies florestais, o que ressalta a relevância da determinação da proporção da massa das sementes nos frutos em estudos de maturação de sementes florestais.

Os teores de K e dos carboidratos solúveis demonstraram aspectos funcionais ao longo do processo de maturação de sementes de inhaíba, pois o K assim como os carboidratos solúveis são importantes para a osmoregulação.



Os maiores teores nos dois primeiros meses da maturação (Fig. 5A, 5B), ajuda a explicar as maiores concentrações de água nas nos primeiros meses e o auxílio no crescimento das sementes (Fig. 4B).

Os teores de água ainda foram maiores que 50% após a dispersão, o que pode estar associado a concentrações de cerca de 16% de carboidratos solúveis não redutores, indicando que esse carboidratos mantém essas concentrações para manter a integridade dos sistema de membranas e o grau de hidratação das sementes. Os teores de K observados foram próximos aos apresentados por Andrade et al. (1999) para sementes de outras Lecytidaceae. Mas além da osmorregulação (Taiz et al., 2017) o K é importante para ativação de enzimas citosólicas e para o co-transporte de outros íons para o citosol onde as concentrações de K são maiores, e como resultado da ativação enzimática pode ocorrer síntese de amido (Page & Di Cera, 2006).

Verificou-se que sob concentrações menores de K, no terceiro mês, houve maiores incrementos de amido o que pode indicar a ativação enzimática pelo K em menores concentrações. Esse resultado é consistente ao já verificado para a atividade da Amilo-sintetase sob concentrações relativamente baixas de K (0,06 a 0,1 M), sendo essa uma enzima que usa a glicose como substrato para a síntese de amido (Murata & Akazawa, 1968), mas elevadas concentrações do K (>1,0 M) reduzem a atividade enzimática (Page & Di Cera, 2006). Assim, a demanda por glicose para a síntese de amido pode ser associada à redução da concentração de carboidratos solúveis totais, de carboidratos redutores e não redutores observada a partir do segundo mês (Fig. 5B). A redução da concentração de carboidratos solúveis após o segundo mês também foi observada em sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. por Borges et al. (2006), que verificaram que os carboidratos solúveis se concentravam principalmente no eixo embrionário, mas os teores foram menores que 0,25 g.kg<sup>-1</sup> MF. Esses carboidratos usualmente são relacionados à proteção do sistema de membranas contra a dessecação (Blackman et al., 1992).

Os teores de proteína nas sementes de inhaíba foram de 21,5% no primeiro mês (Fig. 5C), o que pode estar associado à maior necessidade de tipos protéicos e/ou enzimas para controlar os processos metabólicos de divisão celular e a formação de novas substâncias. Isso também foi verificado em sementes de *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke, nas quais o número de proteínas expressas reduziu ao final do processo maturação das sementes (Souza et al., 2017).

A grande proporção de água nas sementes de inhaíba, que exibiram mais de 70%

até o quarto mês e chegou a 53,4% no momento da dispersão, indicou a possibilidade de recalcitrância; uma vez que as sementes de espécies recalcitrantes atingem a maturidade com teores de água maiores que 50% (Marcos Filho, 2005). A viabilidade de sementes recalcitrantes fica prejudicada caso sejam secas até níveis críticos (Carvalho & Nakagawa, 2012; Baudet & Villela, 2006), mas o grau crítico de dessecação em espécies florestais pode variar conforme a origem e condições em que as sementes foram formadas, conforme foi demonstrado para *Eugenia pyriformis* Cambess (Lamarca et al., 2016) que também ocorre na Mata Atlântica.

Conteúdos de água acima de 50% em sementes permitem a ocorrência da germinação mesmo dentro dos frutos (Lorenzi, 2002; Marcos Filho, 2005). Os teores de água (>54%) em sementes de inhaíba também possibilitaram a redução da massa seca do quarto para o quinto mês. Teores de água maiores que 18% permitem a respiração celular ativa, consumindo as reservas acumuladas nas sementes (Marcos Filho, 2005). Em sementes com grau elevado de umidade o ataque por insetos é mais comum, conforme foi observado em três espécies de *Ocotea* (Hirano & Passamai, 2008).

As reservas das sementes de inhaíba ao final do processo de maturação estavam compostas principalmente por amido, o que possibilita classificá-la como amilácea, de acordo com critérios descritos por Marcos Filho (2005). Enquanto as sementes de *Bertholletia excelsa* Bonpl. que é da mesma família botânica apresenta sementes ricas em óleos (Haugaase et al., 2010). As sementes amiláceas usualmente apresentam maior longevidade natural que as proteínicas e as oleaginosas (Carvalho & Nakagawa, 2012; Baudet & Villela, 2006), mas no caso da inhaíba além do elevado grau de umidade o aumento da mortalidade de sementes ao final da maturação (Fig. 6B) não corroboram com essa informação, o que reforça a hipótese de recalcitrância. Outro aspecto que também reforça essa hipótese é que o teor protéico das sementes em espécies ortodoxas aumenta ao final da maturação devido ao incremento no teor de enzimas, especialmente do grupo das LEAs (*Late Embriogenesis Abundant*) que desempenham papel importante na resistência das sementes à dessecação e/ou ao estresse térmico, conforme foi descrito por Hong et al. (2000) e por Castro et al. (2004).

Não houve variações no conteúdo de proteína total a partir do terceiro mês, e possivelmente não ocorrendo síntese de enzimas LEAs que deveriam se formar ao final do processo de maturação. Essas enzimas tem na sua composição aminoácidos hidrofílicos (Castro et al., 2004), mas as concentrações de aminoáci-

dos livres nas sementes de inhaíba foram menores que 5% durante a maturação, o que também ajuda a compreender a limitação para a formação dessas proteínas.

A produção de proteínas LEAs e o aumento da tolerância a dessecação pode ocorrer ao longo da maturação, conforme foi observado por Teixeira et al. (2018) em *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., mas também há necessidade de aumento de carboidratos solúveis para aumentar a tolerância a dessecação. Contudo, não foram verificados incrementos de carboidratos solúveis ao final da maturação de sementes de inhaíba (Fig. 5C).

A germinação e a formação das plântulas de inhaíba ocorreu entre dois e 12 meses (60-365 dias) (Fig. 6C) o que demonstrou que o processo germinativo é lento. Em outras espécies de Lecythidaceae, a germinação ocorreu mais cedo, entre 20 e 65 dias como em *C. stellata* (Cruz & Carvalho, 2003), ou durante o mesmo período que inhaíba, como em *Lecythis barneby* S. A. Mori cuja a formação de plântulas ocorreu entre 98 e 224 dias, e em *L. prancei* S. A. Mori, que variou de 161 a 420 dias (Ferraz & Calvi, 2011). Tais resultados também demonstram que é relativamente comum a variação no período de germinação das Lecythidaceae. De todo modo, quando se pretende realizar testes de germinação é recomendável superar a dormência e realizá-los durante até um mês (Baskin & Baskin, 2014; Brasil, 2009b; Ferraz & Calvin, 2011). No caso de inhaíba, os estudos de superação de dormência ainda precisam ser desenvolvidos para reduzir o tempo de condução dos testes de germinação.

As sementes maduras de inhaíba (três-cinco meses de idade) são relativamente grandes e têm massa seca de 26,7 g a 32,6 g, o que possibilita a germinação lenta e assíncronica, em virtude das reservas acumuladas e da indiferenciação do embrião. Os efeitos do tamanho das sementes sobre a germinação podem ser explicados de duas formas: a primeira está relacionada ao fornecimento de reservas às plântulas, que podem crescer mais e ficar menos vulneráveis a algumas ameaças ambientais; e a segunda tem relação com a manutenção das atividades metabólicas nas sementes por longos períodos, durante os quais as reservas armazenadas são usadas (Leishman et al., 2000). Isso possibilita a manutenção de sementes viáveis e dormentes, que irão distribuir a germinação por certo tempo, conforme foi verificado no estudo atual.

O processo de germinação lento em diásporos grandes também foi observado em *Andira anthelmia* (Vell.) Benth., mas foi associado à resistência dos envoltórios e à grande quantidade de reservas disponíveis aos processos metabólicos de respiração (Duarte et al., 2011). De

modo geral, o longo tempo para a germinação de sementes apresenta uma relação positiva com a massa das sementes independentemente da espécie (Norden et al., 2009), o que também é consistente como os resultados verificados para as sementes de inhaíba estudadas.

A distribuição da germinação no tempo pode auxiliar na proteção do processo germinativo, conforme descreveram Ferraz & Calvi (2011), e ser uma estratégia contra predadores das plântulas, já que se espera que ocorra dispersão a curtas distâncias em sementes de inhaíba, uma vez que o processo de dispersão barocórica é o que foi observado. Mas acredita-se que a zoocoria também pode ocorrer devido à presença do arilo vestigial e do tegumento resistente. Em *Dipterix oleifera* Benth., as unidades de dispersão também são grandes e foi verificado que a dispersão está associada a morcegos e a mamíferos que transportaram os diásporos até 60 m das plantas. Porém a distância de dispersão próxima das plantas matrizes contribui para que as sementes sejam depositadas em locais favoráveis ao desenvolvimento das plântulas (Ruiz et al., 2010). Em inhaíba tanto a germinação lenta, como a dispersão à curtas distâncias, parecem ser fatores que constituem parte das estratégias reprodutivas da espécie. Mas a dispersão à curtas distâncias deve propiciar a formação de populações agrupadas, conforme foi determinado Duarte et al. (2016) para outras quatro espécies arbóreas ocorrentes na mesma região estudada.

A emergência lenta e irregular de plântulas de inhaíba foi interpretada como dormência, a qual se estabeleceu a partir do primeiro mês da maturação, uma vez que o embrião estava imaturo e permaneceu indiferenciado até o final processo de desenvolvimento da semente. Para Carvalho & Nakagawa (2012), a dormência é um fenômeno que atrasa a germinação e pode até mesmo impedir que ela ocorra, mesmo em condições adequadas.

Seguindo os critérios descritos por Baskin & Baskin (2014), é possível classificar a dormência de inhaíba como dormência morfofisiológica especializada, pois o processo de germinação superou 40 dias e os embriões não se diferenciam. Os mecanismos de dormência detectados foram o embrião morfológicamente imaturo e o tegumento enrijecido que limita a protrusão da parte aérea. Contudo a impermeabilidade do tegumento não foi percebida, uma vez que os feixes vasculares no tegumento de sementes de Lecythidaceae podem ser ramificados e ligados ao hilo bem desenvolvido (Corner, 1976), que juntamente com a micropila permitem a entrada de água e troca gasosa.

O incremento no vigor de sementes e plântulas ocorre ao longo da maturação, conforme foi demonstrado nos resultados de plântulas

normais, com a redução da mortalidade de sementes, e com a emergência maior e mais rápida (Fig. 6A, 6B e 6C), o que é consistente com outras variáveis que determinam o vigor e que foram verificadas em outros estudos de maturação desenvolvidos com *Eugenia uniflora* L. (Antunes et al., 2012), *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl. (Gemaque et al., 2002) e *T. mutabilis* (Simão et al., 2007). O vigor tem sido associado ao aumento da massa seca das sementes, conforme também foi verificado por Martins & Silva (1997) ao estudarem a maturação de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.

A análise dos resultados indica que a maturidade fisiológica das sementes de inhaíba ocorreu aos quatro meses de após a antese, quando se verificou a máxima massa seca das sementes (Fig. 4D), a máxima germinação dada pela protrusão da raiz primária e pela menor mortalidade das sementes (Fig. 6A e 6B), que é uma medida de deterioração e inversa ao vigor, o que é consistente com critérios descritos na literatura (Carvalho & Nakagawa, 2012; Marcos Filho, 2015; Duarte et al., 2016).

O tempo necessário para a maturação completa de sementes é relativamente variável, tendo sido observada duração do processo de maturação mais breves em *Vernonanthura discolor* (Spreng.) H. Rob. (1,5 mês) (Grzybowski et al., 2016), semelhantes ao observado para *Inga striata* Benth. (4-5 meses) (Mata et al., 2013) e *Lophantera lactescens* Ducke (4-5 meses) (Silva et al., 2019). O tempo de maturação pode ser usado para o planejamento da colheita, o que é importante para o desenvolvimento de programas de produção de sementes de espécies nativas.

A partir da maturidade fisiológica a colheita das sementes pode ser feita, pois apresentaram melhor qualidade fisiológica, dada pela maior germinação e pela menor mortalidade nas sementes de inhaíba, o que está de acordo com os relatos de Marcos Filho (2005) e de Duarte et al. (2016). O momento de colheita determinado no presente estudo difere daquele informado por Lorenzi (2002) e da recomendação de Baskin & Baskin (2014), que indicaram a colheita quando os frutos iniciam a queda espontânea. Foi verificado o aumento da deterioração nas sementes de inhaíba após a maturidade fisiológica, quando foi feita a colheita de frutos/sementes dispersos o percentual de sementes mortas aumentou, demonstrando a queda da qualidade fisiológica de sementes obtidas de frutos colhidos no chão. Alves et al. (2005) também destacaram perda de quantidade de sementes colhidas quando ocorreu a

dispersão em *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. Apesar da maior relação sementes/fruto em inhaíba ser verificada pós-dispersão, a perda em quantidade pode reduzir o rendimento de colheita, pois o relevo em que a espécie foi observada é inclinado e os frutos podem rolar para longe das plantas e não serem recuperados, assim a colheita tardia pode resultar em perda de qualidade e de quantidade.

Na maturidade fisiológica das sementes de inhaíba (quatro meses), os frutos não apresentaram variação na coloração, mas o tegumento das sementes ficou marrom, ficando ornamentado por um reticulado formado pela mesotesta, de coloração entre branca a bege clara. Além disso, as sementes aumentaram as dimensões. Esses aspectos devem ser usados em conjunto como indicadores visuais de maturidade, os quais são importantes em condições de campo (Marcos Filho 2005; Duarte et al., 2016).

## CONCLUSÃO

O máximo desenvolvimento morfológico dos frutos e sementes de inhaíba (*Lecythis lurida*) ocorre aos quatro meses de idade, quando podem ser identificados indicadores visuais de maturidade principalmente nas sementes. É nessa condição que os frutos ficam côncavo-cilíndricos, e as sementes apresentam o tegumento rijo e de coloração marrom-escuro, contrastando com o reticulado formado pela mesotesta, cuja cor varia de esbranquiçada a bege claro.

As sementes de inhaíba são amiláceas, mas apresentaram concentrações menores de lipídeos e proteínas ao final da maturação, e apresentam teores de água acima de 50% após a maturidade fisiológica o que indica sua recalcitrância.

Na maturidade fisiológica que ocorre após 4 meses do florescimento, os frutos apresentam a maior massa e as sementes representam mais de 50% da massa dos frutos. A colheita nesse momento produzirá sementes de melhor qualidade, o que garantirá maior rendimento de colheita. Essa informação é importante nos estudos de sementes de espécies arbóreas nativas da flora brasileira.

As sementes de inhaíba apresentaram dormência embrionária e resistência tegumentar na maturidade fisiológica, fatores que causam atrasos na germinação e na emergência das plântulas.

Os resultados desse estudo devem ser considerados em programas de produção de sementes de inhaíba, pois a colheita antecipada ou tardia reduz a qualidade fisiológica das sementes.

## AGRADECIMENTOS

Aos proprietários rurais que permitiram a entrada em suas áreas para o desenvolvimento do estudo. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB pelo suporte financeiro e à Bióloga MSci. Simone Fiuza Conceição pelo auxílio no desenvolvimento das atividades.

## REFERÊNCIAS

- Aguiar, F. F. A., M. M. Pinto, A. R. Tavares & S. Kanashiro.** 2007. Maturação de frutos de *Caesalpinia echinata* Lam., pau-brasil. Rev. Árv. 31: 1-6.
- Aguiar, I. B. & F. J. P. Barciela.** 1986. Maturação de sementes de cabreúva. Rev. Bras. Sem. 8(3): 63-71.
- Aguiar, W. M. & M. C. Gaglianone.** 2008. Comportamento de abelhas visitantes florais de *Lecythis lurida* (Lecythidaceae) no norte do estado do Rio de Janeiro. Rev. Bras. Ent. 52: 277-282.
- Alexandre R. S., A. Wagner Júnior, J. R. S. Negreiros & C. R. Bruckner.** 2006. Estádio de maturação dos frutos e substratos na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de jabuticabeira. Rev. Bras. Agrobioc. 12(2): 227-230.
- Alves, E. U., R. Sader, R. L. A. Bruno & A. U. Alves.** 2005. Maturação fisiológica de sementes de sabiá. Rev. Bras. Sem. 27(1): 1-8.
- Andrade, E. H. A., J. G. S. Maia, R. Streich & F. Marx.** 1999. Seed composition of Amazonian Lecythidaceae species: part 3 in series "Studies of edible Amazonian plants". J. of Food Comp. and Anal. 12: 37-51.
- Antunes, L. E. C., L. Picolotto, G. K. Vignolo & M. A. Gonçalves.** 2012. Influência do substrato, tamanho de sementes e maturação de frutos na formação de mudas de pitangueira. Rev. Bras. Frut. 34(4): 1216-1223.
- Ávila, A. L., M. S. Argenta, M. F. B. Muniz, I. Poletto & E. Blume.** 2009. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (pitanga), Santa Maria, RS. Ci. Flor. 19(1): 61-68.
- Barbosa, J. M., M. A. Rodrigues, J. M. Piliackas, I. B. Aguiar & N. A. Santos Júnior.** 2007. Índice de maturação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. Rev. Bras. Bioc. 5: 786-788.
- Barroso, G. M., M. P. Morim, A. L. Peixoto & C. L. F. Ichaso.** 1999. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa, UFV.
- Baskin, C. C. & J. M. Baskin.** 2014. Seed: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, Academic Press.
- Baudet, L. & F. A. Villela.** 2006. Armazenamento de sementes. pp. 427-472. In: Peske, S. T., O. A. Lucca Filho & A. C. S. A. Barros. (Eds.). Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas, Editora e Gráfica Universitária.
- Blackman, S. A., R. L. Obendorf & A. C. Leopold.** 1992. Maturation proteins and sugars in desiccation tolerance of developing soybean seeds. Pl. Phys. 100: 225-230.
- Borges, E. E. L. & C. G. Borges.** 1979. Germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. provenientes de frutos com diferentes graus de maturação. Rev. Bras. Sem. 1: 45-47.
- Borges, E. E. L., R. C. G. Borges & F. F. F. Teles.** 1980. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha de negro. Rev. Bras. Sem. 2: 29-32.
- Borges, I. F., C. J. Barbedo, A. A. Richter & R. C. L. Figueiredo-Ribeiro.** 2006. Variações em açúcares e ciclitóis durante desenvolvimento e maturação de sementes de brazilwood (*Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae). Braz. J. of Pl. Phys. 18: 475-482.
- Borges, I. F., J. D. Giudice Neto, D. A. C. Bilia, R. C. L. Figueiredo-Ribeiro & C. J. Barbedo.** 2005. Maturation of seeds of *Caesalpinia echinata* Lam. (Brazilwood), an endangered leguminous tree from the Brazilian Atlantic Forest. Braz. Arch. of Biol. and Tech. 48: 851-861.
- Brasil.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009a. Glossário ilustrado de morfologia. Brasília, MAPA/ACS.



- Brasil.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009b. Regras para análise de sementes. Brasília, MAPA/ACS.
- Brasil.** Ministério do Meio Ambiente, 2017. Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. Brasília, MMA.
- Camargo, J. L. C., I. D. K. Ferraz, M. R. Mesquita, B. A. Santos & H. D. Brum.** 2008. Guia de propágulos e plântulas da Amazônia. v. 1, INPA, Manaus.
- Carvalho, N. M. & J. Nakagawa.** 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. FUNEP, Jaboticabal.
- Castro, R. D., K. Bradford & H. W. M. Hilhorst.** 2004. Desenvolvimento das sementes e conteúdo de água. pp. 51-67. In: Ferreira, A. G. & F. Borghetti (Orgs.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed.
- Chenevard, D., J. S. Frossard & A. Lacoïnte.** 1994. Lipid utilization and carbohydrate partitioning during germination of English walnut (*Juglans regia*). An. of For. Sc. 51(4): 373-379.
- Corner, E. J. H.** 1976. The seeds of dicotyledons. v. 1. University Press, Cambridge.
- Corvello, W. B. V., F. A. Vilella, J. L. Nedel & S. T. Peske.** 1999. Maturação fisiológica de sementes de Cedro (*Cedrella fissilis* Vell.). Rev. Bras. Sem. 21(2): 23-27.
- Cruz, E. D. & J. E. U. Carvalho.** 2003. Biometria de frutos e germinação de sementes de *Couratari stellata* A. C. Smith (Lecythidaceae). Acta Amaz. 33: 381-388.
- Dranski, J. A. L., A. S. Pinto Júnior, F. Steiner, T. Zoz, U. C. Malavasi, M. M. Malavasi & V. F. Guimarães.** 2010. Physiological maturity of seeds and colorimetry of fruits of *Jatropha curcas* L. Rev. Bras. Sem. 32(4): 158-165.
- Duarte, E. F., D. S. Almeida, L. Y. S. Aona & P. C. L. Carvalho.** 2011. Morfologia dos diásporos, desenvolvimento pós-seminal e emergência de angelim (*Andira anthelmia* (Vell.) Benth. - Fabaceae). Magistra. 23: 1-10.
- Duarte, E. F., L. S. Funch, R. F. C. Moreira & J. Nakagawa.** 2016. Produção de sementes em espécies florestais. pp. 61-102. In: Recursos e estratégias para a restauração florestal: ações para o Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, EDUFBR.
- Duarte, E. F. & L. Y. S. Aona.** 2018. Sementes e propágulos: guia de identificação. Londrina, ABRATES.
- Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers & F. Smith.** 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28(3): 350-356.
- Ekpong, B. & S. Sukprakarn.** 2006. Seed development and maturation of Eryngo (*Eryngium foetidum* L.). Kasetart J. (Nat. Sci.). 40(1): 26-32.
- Ferraz, I. D. K. & G. P. Calvi.** 2011. Teste de germinação. In: Lima Junior, M. J. V. (Coord.). Manual de procedimentos de análise de sementes florestais. Londrina, ABRATES.
- Fonseca, F. L., C. Menegario, E. S. Mori & J. Nakagawa.** 2005. Maturidade fisiológica de sementes de ipê amarelo, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl. Sci. Flor. 69: 136-141.
- Forzza, R. C., J. F. A. Baumgratz, C. E. M. Bicudo, D. A. L. Canhos, A. A. Carvalho Jr., A. Costa, D. Costa, M. Hopkins, P. M. Leitman, L. G. Lohmann, E. N. Lughardha, L. C. Maia, G. Martinelli, M. Menezes, M. P. Morim, M. A. N. Coelho, A. L. Peixoto, J. R. Pirani, J. Prado, L. P. Queiroz, S. Souza, V. C. Souza, J. R. Stelmann, L. S. Sylvestre, B. M. T. Walter & D. Zappi.** 2010. Síntese da diversidade brasileira. pp. 21-42. In: Forzza, R. C. et al. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. v. 1. Rio de Janeiro, Andrea Jakobson/Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Galvani, F. & E. Gaertner.** 2006. Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. Corumbá, Embrapa Pantanal, 9 p. (Circular Técnica, 63).
- Gamboia-Gaitán, M. A.** 1997. Biología reproductiva de *Eschweilera bogotensis* (Lecythidaceae), en la cordillera occidental de Colombia. Caldasia. 19: 479-485.
- Gemanque, R. C. R., A. C. Davide & J. M. R. Faria.** 2002. Indicadores de maturidade fisiológica de sementes de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.). Cerne. 8(2): 84-91.
- Greene, D. F. & E. A. Johnson.** 1994. Estimating the mean annual seed production of trees. Ecology. 75: 642-647.

- Guimarães, D. M. & J. M. Barbosa.** 2007. Coloração dos frutos como índice de maturação para sementes de *Machaerium brasiliense* Vogel (Leguminosae – Fabaceae). Rev. Bras. de Bioc. 5: 567-569.
- Grzybowski, C. R. S., R. C. Silva, E. S. N. Viera & M. Pacobiano.** 2016. Maturation and germination of *Vernonanthura discolor* seeds. Ci. e Agrotec. 40(2): 164-172.
- Haugaasen, J. M. T., T. Haugaasen, C. A. Peres, R. Grigel & P. Wegge.** 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a central Amazonian forest. J. of Trop. Ecol. 26: 251-262.
- Haugaasen, J. M. T., T. Haugaasen, C. A. Peres, R. Gribel & P. Wegge.** 2012. Fruit removal and natural seed dispersal of the Brazil Nut tree (*Bertholletia excelsa*) in central Amazonia, Brazil. Biotropica. 44: 205-210.
- Hirano, E. & E. Possamai.** 2008. Estádio de maturação do fruto e germinação de sementes de três espécies de Lauraceae. Sci. Agraria. 9(2): 219-223.
- Hodge, J. E. & B. R. Hofreiter.** 1962. Determination of reducing sugar and carbohydrates. pp. 380-394. In: Wistler, R. L. & M. L. Wolfram. (Eds.). Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press.
- Hong, T. D., A. Gedebo & R. H. Ellis.** 2000. Accultation of sugars during the onset and development of desiccation tolerance in immatures seeds of Norway maple (*Acer platanoides* L.) stored moist. Seed Sci. Res. 10: 147-152.
- IAL.** Instituto Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos análise de alimentos. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.
- Jalonen, R., M. Valette, D. Boshier, J. Duminil & E. Thomas.** 2017. Forest and landscape restoration severely constrained by a lack of attention to the quantity and quality of tree seed: insights from a global survey. Conserv. Letters. 11: 1-9.
- Jandel Scientific.** 1991. Table curve: curve fitting software. Corte Madera, Jandel Scientific.
- Jones Jr. J. B.** 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Boca Raton, CRC Press.
- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens & M. J. Donoghue.** 2009. Sistemática Vegetal: um enfoque filogenético. Porto Alegre, Artmed.
- Lamarca, E. V., M. B. P. Camargo, S. P. Teixeira, E. A. A. Silva, J. M. R. Faria & C. J. Barbedo.** 2016. Variations in desiccation tolerance in seeds of *Eugenia pyriformis*: dispersal at different stages of maturation. Rev. Ci. Agron. 47(1): 118-126.
- Lima, C. R., R. L. A. Bruno, K. R. G. Silva, M. V. Pacheco, E. U. Alves & A. P. Andrade.** 2012. Physiological maturity of fruits and seed of *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. Rev. Bras. Sem. 34(2): 231-240.
- Lima, R. V., J. C. Lopes & R. M. S. A. Meira.** 2013. Histological characterization of annatto seed coat and variations of boxing drift during physiological maturation. Nat. Prod. An Indian J. 9(9): 355-362.
- Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles & M. Westoby.** 2000. The evolutionary ecology of seed size. pp. 31-57. In: Fenner, M. (Ed.). Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. Wallingford, CABI Publishing.
- Lopes, J. C., P. C. Dias & M. D. Pereira.** 2005. Maturação fisiológica de sementes de quaresmeira. Pesq. Agropec. Bras. 40: 811-816.
- Lopes, J. C. & A. S. Soares.** 2006. Estudo da maturação de sementes de Carvalho Vermelho (*Miconia cinnamomidolia* (DC.) Naud.). Ci. e Agrotec. 30(4): 623-628.
- Lopes, J. C., M. T. Matheus, N. B. Corrêa, D. P. Silva.** 2008. Germinação de sementes de Embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) em diferentes estádios de maturação e substratos. Floresta. 38(2): 331-337.
- Lorenzi, H.** 2002. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas no Brasil. v. 1. 4. ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum.
- Mantovani, L. A., P. C. Morellato & M. S. Reis.** 2004. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. Rev. Bras. Bot. 27: 787-796.
- Marcos Filho, J.** 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba, Fealq.

- Marques, M. R., M. B. Albuquerque & J. Xavier-Filho.** 1992. Antimicrobial and insecticidal activities of cashew tree gum exudate. *An. of Appl. Bot.* 121: 371-377.
- Mata, M. F., K. B. Silva, R. L. A. Bruno, L. P. Felix, S. Medeiros Filho & E. U. Alves.** 2013. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. *Semina: Ci Agrár.* 34(2): 549-566.
- Martins, S. V. & D. D. Silva.** 1997. Maturação e época de colheita de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. ex Benth. *Rev. Bras. Sem.* 19(1): 96-99.
- Mori, S. A., C. H. Tsou, C. C. Wu, B. Cronholm & A. A. Anderberg.** 2007. Evolution of Lecythidaceae with an emphasis on the circumscription of neotropical genera: information from combined ndhF and trnL-F sequence data. *Am. J. of Bot.* 94: 289-301.
- Miller, G. L.** 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugars. *Anal. Chem.* 31(3): 426-428.
- Murata, T. & T. Akazawa.** 1968. Enzymic mechanism of starch synthesis in sweet potato roots: I. Requirement of potassium ions for Starch Synthetase. *Arch. of Bioch. and Biophys.* 126: 873-879.
- Newton, A. C.** 2007. *Forest ecology and conservation: a handbook of techniques.* New York, Oxford University Press.
- Nogueira, N. W., M. C. C. Ribeiro, R. M. O. Freitas, H. V. G. Martins & C. C. P. Leal.** 2013. Maturação fisiológica e dormência em sementes de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). *Biosc. J.* 29(4): 876-833.
- Norden, N., M. I. Daws, C. Antoine, M. A. Gonzalez, N. C. Garwood & J. Chave.** 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Funct. Ecol.* 23: 203-210.
- Oro, P., D. G. Schulz, C. R. Volkweis, K. B. Bandeira, U. C. Malavasi & M. M. Malavasi.** 2012. Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucreta* DC. *Biotemas.* 25: 11-18.
- Pereira, T. S. & W. Mantovani.** 2001. Maturação e dispersão de *Miconia cinnamomifolia* (DC.) Naud. na Reserva Biológica de Poço das Antas, Município de Jardim, RJ, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 15: 335-348.
- Piña-Rodrigues, F. C. M., J. M. Freire, S. G. Rolim, R. M. Jesus & M. C. Grimaldi.** 2014. Maturação e dormência de sementes florestais nativas para a restauração: 20 anos de experiência na Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo. *Ci. & Amb.* 49: 131-152.
- Poelking, E. L., P. A. S. Medauar & E. F. Duarte.** 2016. Mapeamento dos remanescentes florestais na região do Recôncavo da Bahia. pp. 3-19. In: Recursos e estratégias para a restauração florestal: ações para o Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, EDUFRB.
- Ruiz, J., D. H. Boucher, L. F. Chaves, C. Ingram-Flóres, D. Guillén, R. Tórriz & O. Martínez.** 2010. Ecological consequences of primary and secondary seed dispersal of seeds and seedling fate of *Dipterix oleifera* (Fabaceae). *Rev. de Biol. Trop.* 58: 991-1007.
- Santana, D. G., V. J. Pereira, A. N. Salomão, A. P. Wielewichi & G. B. Maag.** 2012. Validação de métodos para teste de germinação de sementes de 50 espécies florestais brasileiras. *Informativo ABRATES,* 22: 44-47.
- Santana, D. G. & M. A. Ranal.** 2004. *Análise da germinação: um enfoque estatístico.* Brasília, Editora da Universidade de Brasília.
- Smith, N. P., S. A. Mori & G. T. Prance.** 2014. Lecythidaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8560>>. Acesso em 05 jun. 2014.
- Simão, E., A. T. Nakamura & M. Takaki.** 2007. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). *Biota Neotrop.* 7(1): 67-73.
- Silva, P. C. C., E. U. Alves, L. R. Araújo, J. O. Cruz & N. C. C. Silva.** 2019. Physiological maturation in seeds of *Lophantera lactescens* Ducke. *Rev. Ci. Agron.* 50(2): 312-320.

**Souza, A. L., J. L. Lopes-Losano, P. C. S. Angelo, J. N. Souza-Neto, I. B. Cordeiro, S. Astolfi-Filho & E. V. Andrade.** 2017. A proteomic approach to guarana seed and pericarp maturation. *Gen. and Molec. Res.* 16(3): 1-20.

**Taiz, L., E. Zeiger, I. Moller & A. Murphy.** 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6 ed. Porto Alegre, Artmed.

**Teixeira, F. P., J. M. R. Faria, W. V. S. Pereira & A. C. José.** 2018. Maturation and desiccation tolerance in seeds of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. *FLORAM*. 25(4): e20160419.

**Tsou, C. H. & S. A. Mori.** 2002. Seed coat anatomy and its relationship to seed dispersal in subfamily Lecythidoideae of the Lecythidaceae (The Brazil Nut Family). *Bot. Bul. of Acad. Sínica*. 43: 37-56.

**Weatherburn, M. W.** 1967. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem.* 39(8): 971-974.

**Yemm, E. W. & E. C. Cocking.** 1955. The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst*. 80: 209-213.

**Van der Pijl, L.** 1972. *Principles of dispersal in higher plants*. Berlin, Springer-Verlag.

**Vilela, F. S., K. M. Flesher & M. Ramalho.** 2012. Dispersal and predation of *Eschweilera ovata* seeds in the Atlantic Forest of Southern Bahia, Brazil. *J. of Trop. Ecol.* 28: 223-226.

Recebido em 15.III.2019  
Aceito em 8.IV.2020