



## Aspectos biométricos, morfoanatômicos e histoquímicos do pirênio de *Bactris maraja* (Arecaceae)

*Morphoanatomical, histochemical and biometric aspects of pyrene of Bactris maraja (Arecaceae)*

Joelma Keith Rodrigues<sup>1,3</sup>, Maria Silvia de Mendonça<sup>1</sup>, Daniel Felipe de Oliveira Gentil<sup>2</sup>

### Resumo

*Bactris maraja* (marajá) é uma palmeira frequente nas margens de lagos e igarapés amazônicos, cujos frutos comestíveis são consumidos pelo homem e pela fauna. Os estudos morfoanatômicos das estruturas reprodutivas podem contribuir com informações que subsidiarão estudos taxonômicos, fisiológicos e ecológicos. O objetivo deste estudo foi determinar características biométricas e morfoanatômicas do pirênio, bem como características histoquímicas da semente. Frutos maduros foram coletados e foram determinadas as dimensões, a massa fresca, e o teor de água, e descritas a forma, coloração e textura. O estudo anatômico foi feito pelo método de inclusão em resina. Foram aplicados testes histoquímicos para detecção dos principais metabólitos. Tanto os pirênios quanto as sementes isoladas apresentaram pequena variação biométrica, exceto para a massa fresca. O pirênio varia de obovado a elíptico, com endocarpo espesso, rígido, formado por células esclerificadas de paredes espessas. A semente é obovada depressa a elíptica, com tegumento fino, cartáceo, marrom-claro, aderido ao endocarpo, constituído de células parenquimáticas espessadas e taníferas; endosperma volumoso, sólido, homogêneo, branco, formado por células oblongas, elípticas e ovais transversalmente, e arredondadas longitudinalmente, com reserva proteica e lipídica; embrião lateral, cônico, pequeno, branco-leitoso, com conteúdo proteico e lipídico, polo radicular indiferenciado e polo caulinar com três primórdios foliares.

**Palavras-chave:** semente, biometria, morfoanatomia, palmeira, *Bactris*.

### Abstract

*Bactris maraja* (marajá) is a common palm tree at the margins of Amazonian lakes and streams, whose edible fruits are eaten by man and wildlife. Morphological and anatomical studies of reproductive structures can provide information that will subsidize taxonomic, physiological and ecological studies. The aim of this study was to determine the biometric and morphoanatomical features of the pyrenes well as histochemical characteristics of the seed. Mature fruits were collected and we measured size, fresh mass, water content and described shape, color and texture. The anatomical study was performed by resinembedding. Histochemical tests for detection of principal metabolites were applied. The pyrenes and isolated seeds showed small biometric variation except for fresh weight. The pyrene is obovate to elliptical, with a thick, hard, sclerified endocarp, formed by cells with thick walls. The seed is compressed obovate to elliptic, with a thin chartaceous seed coat, light brown, adhered to the endocarp composed of thickened parenchyma cells and tanniferous cells; bulky endosperm, solid, homogeneous, white, formed by oblong, elliptical and transversely oval cells, that are rounded longitudinally, with protein and lipid reserves; embryo lateral, conical, small, milky-white, with protein and lipid content, undifferentiated root pole and shoot pole with three leaf primordia.

**Key words:** seed, biometry, morphoanatomy, palm, *Bactris*.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Lab. Botânica Agroflorestal, Av. General Rodrigo Otávio, 69077-000, Manaus, AM, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Setor de Olericultura, Av. General Rodrigo Otávio, 69077-000, Manaus, AM, Brasil.

<sup>3</sup> Autor para correspondência: joelmaeng@outlook.com

## Introdução

*Bactris maraja* Mart., conhecida popularmente como marajá, é uma palmeira amplamente distribuída na Amazônia, característica de sub-bosque de floresta de terra firme, em solos arenosos encharcados nas margens de lagos e igarapés (Henderson *et al.* 1995; Miranda & Rabelo 2008), embora também seja encontrada formando populações em ambientes de inundação permanente ou periódica. Seus frutos são comestíveis, sendo consumidos tanto pelos habitantes da região, como pela fauna silvestre. Segundo Silva *et al.* (2003), a espécie participa na alimentação de peixes, como o tambaqui, principalmente no mês de abril. Entretanto, o período de frutificação pode se estender até o início do mês de julho.

Estudos com palmeiras vêm sendo realizados, como os de Tomlinson (1960, 1990) e Dransfield *et al.* (2008), abrangendo diversas características biológicas da família. Outros, com enfoque mais específico em espécies de interesse comercial, abordaram características da semente sob o aspecto morfoanatômico (Araújo *et al.* 2000; Aguiar & Mendonça 2003; Panza *et al.* 2004; Mendonça *et al.* 2008; Nazário *et al.* 2013) e biométrico (Moura *et al.* 2010; Reis *et al.* 2010; Sanjinez-Argandoña & Chuba 2011). Contudo, mais pesquisas a respeito das estruturas reprodutivas desse grupo de plantas são necessárias para contribuir com programas de conservação dos ecossistemas e manutenção dos recursos naturais amazônicos (Mendonça *et al.* 2008).

A caracterização biométrica e morfológica das sementes auxilia na identificação botânica das espécies, no reconhecimento destas em bancos de sementes e plântulas do solo em formações florestais, na compreensão dos mecanismos de dispersão, sucessão ecológica e regeneração natural (Cruz *et al.* 2001; Melo *et al.* 2004; Felippi *et al.* 2012), bem como no respaldo de pesquisas voltadas à propagação de plantas (Araújo *et al.* 2000). Além disso, pode auxiliar na compreensão da variabilidade genética das espécies, relacionada a fatores ambientais, principalmente quando estas possuem ampla distribuição geográfica e adaptação a diversos ambientes (Sanjinez-Argandoña & Chuba 2011).

Ademais, o conhecimento das estruturas anatômicas da semente e do embrião, pode contribuir para a compreensão do processo germinativo e na interpretação de testes de germinação e de vigor. Logo, as investigações morfoanatômicas são importantes na fitopatologia,

taxonomia, ecologia, fisiologia, silvicultura e tecnologia de sementes (Mendonça *et al.* 2008).

Portanto, o objetivo deste estudo foi determinar características biométricas, descrever características morfoanatômicas do pirênio e da semente isolada, bem como características histoquímicas da semente de *B. maraja*.

## Material e Métodos

O estudo foi conduzido no Laboratório de Botânica Agroflorestal (LABAF) e no Setor de Olericultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas.

Frutos maduros foram coletados de 25 plantas em floresta de várzea no município do Careiro da Várzea, Amazonas, no mês de maio de 2012. A identificação da espécie foi feita mediante a coleta de material botânico para a confecção de exsiccatas e incorporação no Herbário da Universidade Federal do Amazonas sob números de registro 9279, 9280 e 9281.

O beneficiamento das sementes consistiu, inicialmente, na maceração dos frutos com rolo de madeira, para remoção do exocarpo, seguida de fricção em areia sobre peneira com malha de metal, para eliminação do mesocarpo. Posteriormente, os pirênios foram dispostos sobre bancada de laboratório (temperatura mínima média de 27 °C e máxima média de 30 °C), por 24 horas. A quebra do endocarpo foi feita mediante pressão nas laterais do pirênio, com auxílio de alicate. Quando necessário, a extração da semente foi finalizada com auxílio de canivete sobre tábua de madeira.

Foram medidos o comprimento, a largura e a espessura dos pirênios e das sementes isoladas (100 unidades de cada), com auxílio de paquímetro digital (0,01 mm). A massa fresca foi determinada com auxílio de balança semianalítica (0,001 g). O teor de água foi determinado pelo método de estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas (Brasil 2009), utilizando cinco repetições de 10 pirênios e de 10 sementes isoladas. Os pesos de 1000 pirênios e de 1000 sementes isoladas foram obtidos utilizando-se oito subamostras de 100 unidades cada (Brasil 2009). Os números de pirênios e de sementes isoladas por quilograma foram obtidos a partir das médias dos pesos de 1000 pirênios e de 1000 sementes isoladas por regra de três simples.

Os dados de cada variável foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo calculados: valor mínimo, valor máximo, média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação (Santana & Ranal 2004).

A caracterização morfológica externa do pirênio e da semente isolada foi feita em amostra de 100 unidades cada, considerando-se a forma, coloração, consistência e textura. Foram separadas 30 unidades de sementes, das quais o endosperma e o embrião foram analisados quanto a posição, forma, tamanho, cor e consistência. As observações foram feitas à vista desarmada e utilizando lupa binocular.

O estudo anatômico foi realizado com amostragem de pirênios e sementes isoladas com 20 unidades de cada, fixados em formaldeído - ácido acético - álcool etílico 70% por 48 horas, conservados em álcool etílico 70%, desidratados em série etílica, incluídas em 2-hidroxietilmetacrilato (HistoresinLeica®) e seccionadas em micrótomo rotativo em secções longitudinais e transversais. Os cortes histológicos foram corados com Azul de Toluidina pH 4,0, tampão citrato (O'Brien & McCully 1981). As lâminas foram montadas com resina sintética (Permount®).

Testes histoquímicos foram aplicados em cortes de material incluído em metacrilato, obtidos em micrótomo rotativo, e em cortes de material fresco, obtidos em micrótomo de mesa. Foram aplicados reagente de Lugol para detecção de amido (Johansen 1940); Xilidine Ponceau para

detecção de proteínas totais (O'Brien & McCully 1981); Sudan III para detecção de lipídios totais (Brundett *et al.* 1991); sulfato azul do Nilo para detecção de lipídios neutros e lipídios ácidos (Cain 1947); vermelho de rutênio para detecção de pectinas (Johansen 1940); cloreto de ferro III para detecção de compostos fenólicos gerais (Gabe 1968); vanilina clorídrica para detecção de taninos (Mace & Howel 1974) e floroglucina para detecção de lignina (Johansen 1940).

As visualizações e fotomicrografias referentes ao estudo anatômico e histoquímico foram obtidas por meio de câmera fotográfica digital Canon Power Shot A650 IS acoplada ao microscópio óptico Zeiss Primo Star.

## Resultados

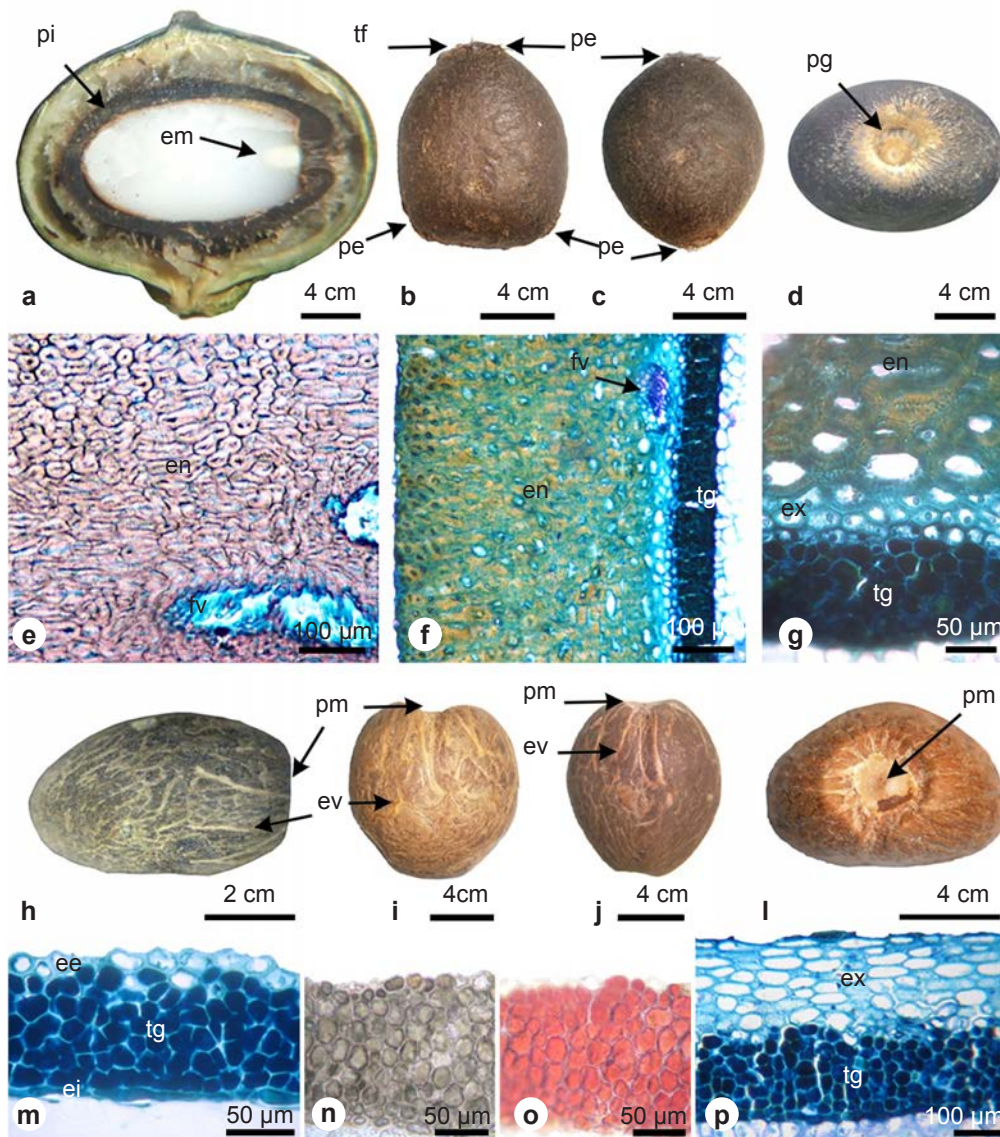
Os resultados da biometria do pirênio e da semente isolada de *B. maraja* encontram-se discriminados na Tabela 1. O peso de mil pirênios foi 572,08 g e o número de pirênios por quilo foi 1.748, enquanto o peso de mil sementes foi 296,40 g e o número de sementes por quilo foi 3.374.

O pirênio varia de obovado depresso a elíptico (Fig. 1a), apresentando dois a três poros endocárpicos na região equatorial. Na região dos poros, sobretudo, do poro germinativo é verificada

**Tabela 1** – Características biométricas do pirênio e da semente isolada de *Bactris maraja*: Valores mínimo, máximo, médio, desvio padrão ( $\sigma$ ) e coeficiente de variação (CV) do comprimento do pirênio, largura do pirênio, espessura do pirênio, massa fresca do pirênio, teor de água do pirênio, comprimento da semente, largura da semente, espessura da semente, massa fresca da semente e teor de água da semente.

**Table 1** – Biometric characteristics of the pyrene and seed isolated of *Bactris maraja*: minimum values, maximum, average, standard deviation ( $\sigma$ ) and coefficient of variation (CV) of the length of the pyrene, pyrene width, thickness pyrene, pyrene fresh weight, water content pyrene length of the seeds, seed width, thickness, seed, seed fresh weight and water content of seed.

Características	Mínimo	Máximo	Média	$\sigma$	CV%
Comprimento do pirênio (mm)	10,52	13,68	11,84	0,77	6,55
Largura do pirênio (mm)	8,81	12,23	10,15	0,61	5,98
Espessura do pirênio (mm)	6,53	8,71	7,61	0,51	6,66
Massa fresca do pirênio (g)	0,44	0,94	0,61	0,10	15,99
Teor de água do pirênio (%)	22,0	24,57	23,10	0,94	4,08
Comprimento da semente (mm)	8,04	11,62	9,53	0,82	8,57
Largura da semente (mm)	7,28	10,81	8,63	0,64	7,46
Espessura da semente (mm)	4,77	7,48	6,01	0,53	8,86
Massa fresca da semente (g)	0,21	0,59	0,34	0,08	22,73
Teor de água da semente (%)	13,75	15,51	14,54	0,76	5,25



**Figura 1** – Pirênio de *Bactris maraja* – a. Visão geral do fruto e da semente em corte longitudinal, evidenciando o formato obovado depresso e elíptico da semente inserida no fruto. b. Pirênio com três poros endocárpicos. c. Pirênio com dois poros endocárpicos. d. Poro germinativo. e. Células esclerificadas do endocarpo. f. Pirênio em seção transversal, evidenciando o endocarpo aderido ao tegumento. g. Detalhe do endocarpo aderido ao tegumento. h. Semente isolada. i. Visão da base cordiforme da semente. j. Visão da base elíptica da semente. l. Poro Micropilar. m. Tegumento. n. Tegumento submetido a cloreto de ferro III para compostos fenólicos (reação positiva). o. Tegumento submetido a vanilina clorídrica para taninos (reação positiva). p. Estrato externo e interno do tegumento na região micropilar (ee: epiderme externa; ei: epiderme interna; ev: extensões vasculares; ex: extrato externo; em: embrião; en: endocarpo; fv: feixe vascular; pe: poro endocárpico; pi: pirênio; pm: poro micropilar; pg: poro germinativo; tf: tufo de fibras; tg: tegumento).

**Figure 1** – *Bactris maraja* pyrene – a. Overview of fruit and seed in longitudinal section, showing the compressed and elliptical obovate seed shape inserted into the fruit. b. Pyrene with three endocarp pores. c. Pyrene with two endocarp pores. d. Germ pore. e. Sclerified cells of the endocarp. f. Pyrene in cross section, showing the endocarp adhered to the seed coat. g. Details endocarp adhered to seed coat. h. Isolated seed. i. Cordiform base view of seed. j. Elliptical base view of seed. l. Micropylar pore. m. Tegument. n. Tegument subjected to iron chloride III for phenolic compounds (positive reaction). o. Tegument subjected to vanillin hydrochloric for tannin (positive reaction). p. Outer and inner layer of the integument in the micropylar region. (ee: outer epidermis; ei: inner epidermis; ev: vascular extensions; ex: external extract; en: endocarp; em: embryo; fv: vascular bundle; pe: endocarpous pore; pi: pyrene; pm: micropylar pore; pg: germ pore; tf: tuft of fibers; tg: tegument).

a presença do tufo de fibras mesocárpicas (Fig. 1a-c), que pode permanecer na semente após a remoção do endocarpo. Com a remoção dessas fibras, observa-se que o poro germinativo é desprovido da cobertura pétreo do endocarpo (Fig. 1d).

O endocarpo apresenta consistência rígida, superfície lisa, coloração castanho-escuro e opaca (Fig. 1a-d), formado por aproximadamente 20 camadas de células esclerificadas de paredes espessas e lume reduzido, apresentando feixes vasculares (Fig. 1e). A última camada interna apresenta células de paredes menos espessadas, a qual constitui a região do endocarpo adnata ao tegumento (Fig. 1f-g).

A semente é hemitrófica e apresenta forma obovada depressa a elíptica (Fig. 1a,h). A base da semente apresenta forma cordiforme (Fig. 1i), quando proveniente de pirênio com três poros endocárpicas; e elíptica (Fig. 1j), quando proveniente de pirênio com dois poros. O tegumento é fino, de consistência cartácea, coloração marrom-clara e opaca, externamente aderido ao endocarpo e internamente aderido ao endosperma. Na superfície são observadas as extensões vasculares pós-calazais distribuídas irregularmente. Na região lateral da semente encontra-se o poro micropilar puntiforme (Fig. 1l).

Anatomicamente, o tegumento propriamente dito é constituído por três estratos celulares: a epiderme externa, um parênquima intermediário e a epiderme interna (Fig. 1m). A epiderme externa é formada por células arredondadas e a epiderme interna é formada por células alongadas e comprimidas. O parênquima intermediário é formado por células pequenas, arredondadas, isodiamétricas, de paredes finas, sem espaços intercelulares, organizado em aproximadamente 4 a 9 camadas não lineares. Todo o tecido apresenta compostos fenólicos (Fig. 1n), mais especificamente, taninos (Fig. 1o).

Entretanto, um segundo estrato é observado externamente ao tegumento. Este apresenta variação no número de camadas, de acordo com a região da semente, podendo ser pluriestratificado na região micropilar e adjacências, com cerca de 4 a 6 camadas (Fig. 1p), e conforme se distancia dessa região, o mesmo passa a ser constituído por apenas uma a duas camadas (Fig. 1g). O tecido é formado por células parenquimáticas, de paredes espessadas e formato de arredondado a oval, com feixes vasculares (Fig. 1p). As células desse tecido apresentam-se intimamente associadas e aderidas

às células do endocarpo, sendo que o limite entre ambos não é nítido (Fig. 1g). Com a extração da semente ocorre a ruptura dessas células, restando alguns resquícios aderidos ao tegumento da semente.

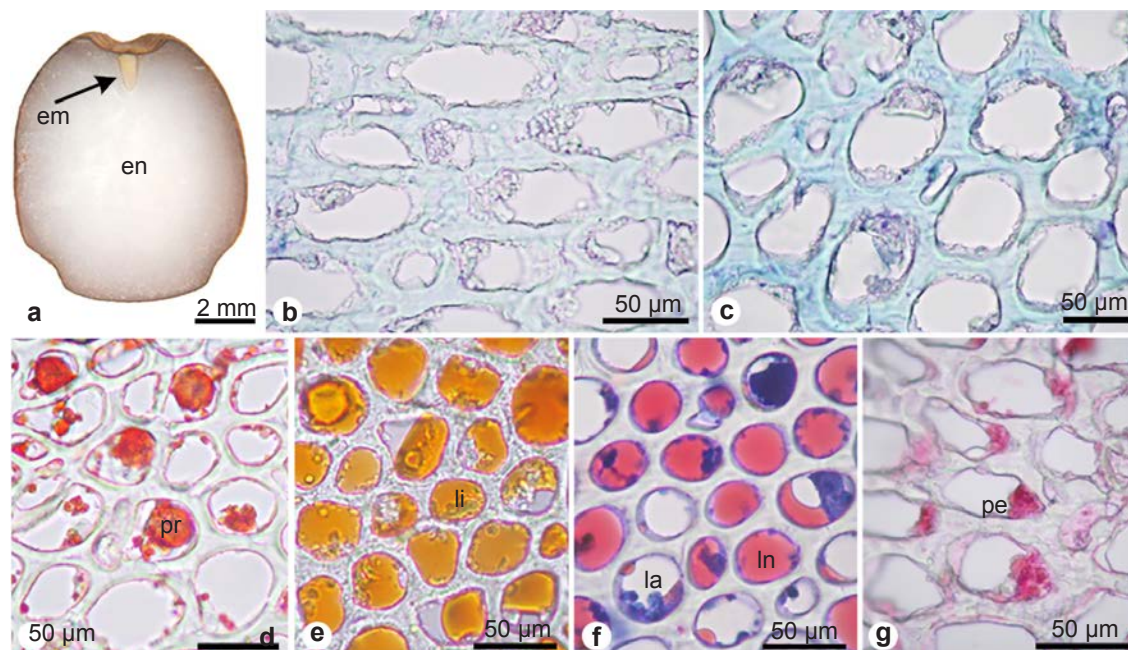
O endosperma é volumoso, sólido, duro, homogêneo e esbranquiçado (Fig. 2a). É formado por células multidimensionais e multiformes, grandes em relação às células do tegumento, com formas oblongas, elípticas e ovais em secção transversal (Fig. 2b), arredondadas em secção longitudinal, de paredes espessas, contíguas, sem espaços intercelulares e com lume aparente (Fig. 2c).

O conteúdo de reserva da semente está armazenado no endosperma na forma de corpos proteicos (Fig. 2d) e lipídicos (Fig. 2e), distribuídos uniformemente, sendo observada precisamente a presença de lipídios ácidos e neutros (Fig. 2f). Todas as células apresentam pectinas no interior das células (Fig. 2g). Amido, porém, não foi detectado.

O embrião é lateral, paralelo, cônico e pequeno, medindo 1,56 mm de comprimento e 0,65 mm de diâmetro, de coloração branco-leitosa homogênea (Fig. 1a; 2a; 3a). A região proximal do embrião é mais alargada, voltada para o poro micropilar, e aloja o eixo embrionário. A região distal, por sua vez, é mais afilada e consiste no limbo cotiledonar.

A protoderme, o meristema fundamental e o procâmbio são distintamente reconhecidos no embrião (Fig. 3b). A protoderme é formada por células tabulares, justapostas, paredes delgadas e retas, lume volumoso e núcleos evidentes (Fig. 3c). As células do meristema fundamental são aproximadamente isodiamétricas e maiores na região central em relação à região periférica do cotilédono (Fig. 3c). As células procambiais são estreitas e alongadas (Fig. 3d). Estas se iniciam na região proximal sob a plúmula (Fig. 3d), divergem-se em cerca de 8 cordões de forma mais concêntrica na região mediana, que corresponde ao pecíolo cotiledonar (Fig. 3e) e se ramificam em aproximadamente 12 feixes na periferia da região distal, em contato mais próximo à protoderme (Fig. 3f).

O eixo embrionário é oblíquo e curvo (Fig. 3g). Apresenta dois polos meristemáticos: o caulinar e o radicular (Fig. 3g). O polo caulinar compreende a plúmula, que consiste no meristema apical caulinar e três primórdios foliares, os quais formarão a primeira e a segunda bainha e o primeiro eófilo, localizados no interior da



**Figura 2** – Endosperma de *Bactris maraja* – a. Aspecto geral da semente em corte transversal em vista superior, evidenciando o endosperma. b. Células do endosperma em secção transversal. c. Células do endosperma em secção longitudinal. d-g. Resultados dos testes histoquímicos. d. Proteínas. e. Lipídios. f. Lipídios neutros e ácidos. g. Pectinas. (em: embrião; en: endosperma; la: lipídios ácidos; li: lipídios; ln: lipídios neutros; pe: pectinas).

**Figure 2** – Endosperm *Bactris maraja* – a. General aspect of seed in cross-section the top view, showing the endosperm. b. Endosperm cells in cross section. c. Endosperm cells in longitudinal section. d-g. Results of the histochemical tests. d. Proteins. e. Lipids. f. Neutral and acidic lipids. g. Pectins. (em: embryo; en: endosperm; la: acidilipids; li: lipids; ln: neutrallipids; pe: pectins).

cavidade cotiledonar (Fig. 3h). Frente ao ápice dos primórdios foliares é evidenciada a fenda cotiledonar (Fig. 3i).

O polo radicular apresenta-se indiferenciado, compreendendo apenas o meristema apical radicular, localizado na região central e periférica da região proximal do embrião (Fig. 3j).

Proteínas e lipídios também estão armazenados na forma de corpúsculos nas células embrionárias. Foram detectados lipídios neutros e ácidos, bem como pectinas nas paredes celulares (Fig. 3l-o).

## Discussão

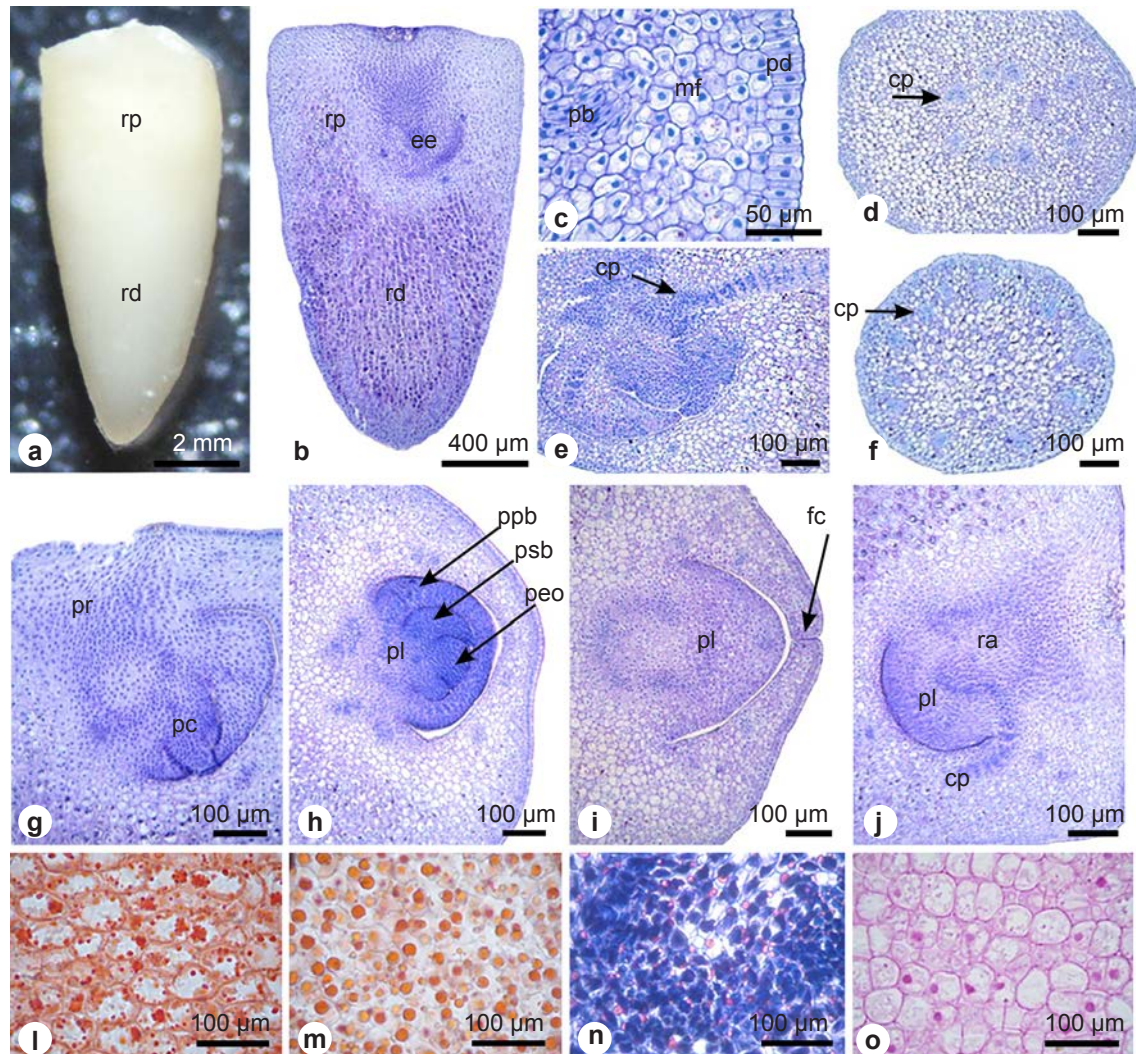
*Bactris maraja* consiste numa espécie pouco estudada, não sendo encontradas na literatura especializada referências a outros trabalhos relacionados com a biometria de suas sementes, bem como das sementes de espécies do gênero.

A baixa variação biométrica dos pirênios e das sementes isoladas de *B. maraja*, exceto para a variável massa fresca, sugere que as plantas

matrizes não apresentam grandes variações genéticas, ressaltando-se que as mesmas são nativas de ambiente de vegetação primária.

Os valores das dimensões máximas podem fornecer informações necessárias para a seleção de sementes de maior tamanho e massa, uma vez que este critério tem contribuído para maiores êxitos em testes de germinação e vigor de algumas espécies de palmeiras, como *Euterpe espirosantensis* Fern. (Martins *et al.* 2000), *Bactris gasipaes* Kunth (Ledo *et al.* 2002), *Copernicia hospita* Mart. (Oliveira *et al.* 2009) e *Copernicia prunifera* Moore (Reis *et al.* 2010).

O alto coeficiente de variação apresentado pela variável massa fresca, principalmente para as sementes (22,73%), aponta maior possibilidade de seleção para esta característica, conforme sugerem Moura *et al.* (2010). Felippi *et al.* (2012) ressaltam que o tamanho e a massa dos frutos e das sementes podem variar mesmo entre indivíduos de uma mesma espécie, entre frutos e sementes de um mesmo indivíduo e entre ciclos de produção.



**Figura 3** – Embrião de *Bactris maraja* – a. Aspecto morfológico. b. Aspecto anatômico em secção longitudinal, evidenciando a região proximal (eixo embrionário) e a região distal (limbo cotiledonar). c. Detalhe da protoderme, do meristema fundamental e do procâmbio. d. Cordão procambial conectado ao eixo embrionário. e. Distribuição concêntrica do procâmbio na região do pecíolo cotiledonar. f. Distribuição periférica do procâmbio na região distal do limbo cotiledonar. g. eixo embrionário, evidenciando os polos radicular e caulinar. h. Detalhe da plúmula em secção transversal. i. Detalhe da fenda cotiledonar. j. Detalhe da radícula em secção longitudinal. l-o. Resultado dos testes histoquímicos. l. Proteínas. m. Lipídios. n. lipídios neutros e ácidos. o. Paredes pécnicas. (cp: cordões procambiais; ee: eixo embrionário; fc: fenda cotiledonar; mf: meristema fundamental; pb: procâmbio; pc: polo caulinar; pd: protoderme; peo: primórdio foliar do eofilo; pl: plúmula; ppb: primórdio foliar da primeira bainha; pr: polo radicular; psb: primórdio foliar da segunda bainha; ra: radícula; rd: região distal; rp: região proximal).

**Figure 3** – Embryo of *Bactris maraja* – a. Morphological aspect. b. Anatomical aspect in longitudinal section, showing the proximal region (embryonic axis) and the distal region (cotyledonary blade). c. Detail of the protoderm, ground meristem and procambium. d. Procambial strand connected to the embryonic axis. e. Concentric distribution of procambium in the cotyledonary petiole region. f. Peripheral distribution of the procambium in the distal region of the cotyledonary limbo. g. embryonic axis, showing the root pole and stem. h. Detail of the plumule in cross section. i. Detail of cotyledonary slit. j. Detail of the radicle in longitudinal section. l-o. Results of the histochemical tests. l. Proteins. m. Lipids. n. Neutral and acidic lipids. o. Pectic walls. (cp: procambial strand; ee: embryonic axis; fc: cotyledonary slit; mf: ground meristem. pb: procambium. pc: stem pole; pd: protodermis; peo: leaf primordium of the eophyll; pl: plumule; ppb: primordium of the first leaf sheath; pr: root pole; psb: primordium of the second leaf sheath; ra: radicle; rd: distal region; rp: proximal distal).

Os baixos teores iniciais de água observados nas sementes de *B. maraja* (23,1% para sementes com endocarpo e 14,5% para sementes sem endocarpo) podem indicar que esta espécie não apresenta comportamento recalcitrante. Sabendo-se que sementes recalcitrantes apresentam grau de umidade mais elevado na ocasião da dispersão dos frutos, cerca de 30 a 70% (Marcos Filho 2005). As sementes de *B. gasipaes*, por exemplo, são recalcitrantes e apresentam teor de água inicial entre 38 e 47%, e redução da viabilidade e do vigor, quando desidratadas a teores de água inferiores ao intervalo de 23 e 28% (Bovi *et al.* 2004). Contudo, estudos específicos de tolerância à dessecação, armazenamento e viabilidade são necessários para elucidar o comportamento fisiológico das sementes de *B. maraja*.

As observações morfoanatômicas das sementes de *B. maraja* revelaram que após a remoção das fibras mesocárpicas, observa-se que o poro germinativo é desprovido da cobertura pétreo do endocarpo, não havendo, portanto, indício de barreira mecânica imposta pelo endocarpo à emergência do pecíolo cotiledonar.

Reis *et al.* (2012) afirmam que apesar de ser atribuída ao endocarpo duro a causa da dormência em sementes de palmeiras devido a limitação dos fluxos de água e gases, é possível que essa estrutura não ocasione consideráveis restrições à entrada dessas substâncias em sementes de *Acrocomia aculeata*, uma vez que os autores igualmente observaram que o endocarpo dessa espécie não é esclerificado na região do poro germinativo, o qual é composto, no entanto, pelo tecido fibroso do mesocarpo; traço também observado em *Euterpe precatoria* (Aguiar & Mendonça 2003). Em *Astrocaryum acaule* Mart. foi constatado, durante o desenvolvimento do fruto e da semente, que na região de formação do poro germinativo ocorre uma interrupção da bainha fibrovascular pela proliferação de células meristemáticas, e consequentemente, a ausência das células esclerificadas do endocarpo (Araújo 2005).

De acordo com Dransfield *et al.* (2008), os pirênios de *Bactris* Jacq. ex Scop. é extremamente variável, apresentando comumente três poros endocárpicos, localizados acima ou na linha equatorial, por vezes irradiando fibras; as sementes são irregularmente globulares, anexadas basalmente. Em *B. maraja*, a variação no número de poros do pirênio sugere que a semente seja oriunda de ovário bilocular (biovular) ou trilocular (triovular).

Em sementes de palmeiras, a fina espessura do tegumento não oferece proteção mecânica, que é suprida pela presença do endocarpo lenhoso de frutos do tipo drupa. A rigidez do endocarpo lenhoso do fruto de palmeiras é atribuída à constituição do tecido por células esclerificadas, de paredes espessadas e intensamente lignificadas (Tomlinson 1990; Reis *et al.* 2012). Característica observada em outras espécies de palmeiras como *Attalea attaleoides* (Barb. Rodr.) Wess. Boer, *Astrocaryum acaule* Mart. (Araújo 2005), *Astrocaryum* spp. (Vegas *et al.* 2008), *Acrocomia aculeata* (Moura *et al.* 2010; Reis *et al.* 2012), *Bactris gasipaes* (Nazário *et al.* 2013).

As extensões vasculares pós-calazais, que percorrem todo o tegumento da semente de *B. maraja*, correspondem às ramificações rafeais, típicas no gênero *Bactris*, descritas por Dransfield *et al.* (2008), as quais também foram observadas em *Attalea maripa* Mart., conferindo à superfície da semente dessa espécie uma textura marmoreada (Araújo *et al.* 2000).

A análise da anatomia do tegumento da semente de *B. maraja* assemelha-se ao tegumento de outras espécies de palmeiras como *Astrocaryum acaule* (Araújo 2005) e *Acrocomia aculeata* (Moura *et al.* 2010), as quais apresentam um tegumento composto por um estrato de células impregnadas de compostos fenólicos. Em sementes de *B. gasipaes*, também foi observado um segundo estrato, adjacente ao estrato constituído de compostos fenólicos, considerado como tegumento externo, o qual é vascularizado e com conteúdo lipídico (Nazário *et al.* 2013). No presente estudo, por se tratar da análise da semente madura de *B. maraja*, a denominação dos envoltórios foi limitada à observação de um tegumento, propriamente dito, constituído por um estrato de células taníferas, e a observação de um segundo estrato, denominado, *a priori*, de estrato externo. Porém, são necessários estudos de ontogenia para elucidar a origem dos tecidos que constituem os envoltórios da semente.

O arranjo compacto das células do tegumento da semente reduz os espaços intercelulares e está diretamente relacionado com o grau de impermeabilidade (Esau 1977). Ademais, a composição fenólica dos envoltórios das sementes contribui para a impermeabilidade à água (Oliveira *et al.* 2012) e/ou difusão de gases, afetando a germinação (Bewley & Black 1994). Os compostos fenólicos atuam, ainda, na



proteção do embrião dormente contra patógenos, na imposição da dormência tegumentar e na liberação de aleloquímicos durante a embebição (Ceballos *et al.* 1998). De acordo com Tomlinson (1990), em palmeiras, células ricas em taninos são abundantes e conspícuas. Portanto, em *B. maraja*, a organização adensada e a estrutura espessada das células do tegumento, em conjunto com sua composição fenólica, podem atuar como reguladores da germinação.

O embrião de sementes de palmeiras, conforme as descrições estabelecidas por Tomlinson (1990), apresenta uma região proximal, que aloja o eixo embrionário, e uma região distal, que corresponde ao limbo cotiledonar. O embrião de *B. maraja* apresenta coloração homogênea, alterando-se para uma tonalidade suavemente mais clara na região distal após o início do processo de oxidação, como também observado em *B. gasipaes* (Nazário *et al.* 2013). As regiões proximal e distal podem ser distinguíveis no embrião de algumas espécies de palmeiras pela diferença na tonalidade da coloração e/ou por uma constrição como observado em *Euterpe precatoria* (Aguiar & Mendonça 2003), *Attalea maripa* (Araújo *et al.* 2000) e *Acrocomia aculeata* (Moura *et al.* 2010).

Proteínas e lipídios são comumente armazenados no endosperma de sementes de palmeiras, como em *Euterpe edulis* Mart. (Panza *et al.* 2004), *Euterpe oleraceae* Mart. (Gonçalves *et al.* 2010), *Acrocomia aculeata* (Moura *et al.* 2010) e *Bactris gasipaes* (Nazário *et al.* 2013). Os carboidratos podem estar armazenados nas paredes espessadas das células endospermáticas (Panza *et al.* 2004; Moura *et al.* 2010; Nazário *et al.* 2013). Alguns compostos foram detectados excepcionalmente, como o amido no eixo embrionário de *Elaeis guineensis* Jacq. (Alang 1982 *apud* De Mason 1988). As pectinas são polissacarídeos componentes da parede celular. Quando esta é encontrada no conteúdo celular, pode ser resultado de alterações em sua estrutura, ocorrendo a translocação da mesma a partir da parede celular, constituindo um gel rígido (Taiz & Zeiger 2009), que posteriormente, segundo Buckeridge *et al.* (2000) é possivelmente metabolizado durante a germinação.

O estudo realizado mostrou que a espécie estudada apresenta características peculiares que necessitam de estudos futuros de ontogenia, a fim de elucidar a origem e o processo de desenvolvimento dos envoltórios da semente.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), a concessão de bolsa de estudo à primeira autora; e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o apoio financeiro.

## Referências

- Aguiar, M.O. & Mendonça, M.S. 2003. Morfo-anatomia da semente de *Euterpe precatoria* Mart. (Palmae). Revista Brasileira de Sementes 25: 37-42.
- Araújo, M.G.P. 2005. Morfo-anatomia e desenvolvimento dos frutos e sementes de três espécies da subfamília Arecoideae (Arecaceae). Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 189p.
- Araújo, M.G.P.; Leitão, A.M. & Mendonça, M.S. 2000. Morfologia do fruto e da semente de inajá (*Attalea maripa* (Aubl.) Mart.) – Palmae. Revista Brasileira de Sementes 22: 31-38.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 1998. Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. Academic Press, London. 666p.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2<sup>nd</sup> ed. Plenum Press, New York. 445p.
- Bovi, M.L.A.; Martins, C.C. & Spiering, S.H. 2004. Desidratação de sementes de quatro lotes de pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. Horticultura Brasileira 22: 109-112.
- Brasil. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. MAPA/ACS, Brasília. 399p.
- Brundett, M.C.; Kendrick, B. & Peterson, C.A. 1991. Efficient lipid staining in plant material with Sudan Red 7B or Fluoral Yellow 088 in polyethylene glycol-glycerol. Biotechnic & Histochemistry 66: 111-116.
- Buckeridge, M.S.; Tiné, M.A.S.; Santos, H.P. & Lima, D.U. 2000. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes, estrutura, metabolismo, função e aspectos ecológicos. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12: 137-162.
- Cain, A.J. 1947. The use of Nile blue in the examination of lipids. Quarterly Journal of Microscopical Science 88: 111-116.
- Ceballos, L.; Mckey, M.H.; Mckey, D. & Andary, C. 1998. Rapid deployment of allelochemicals in exudates of germinating seeds of *Sesbania* (Fabaceae): roles of seed anatomy and histolocalization of polyphenolic compounds in anti-pathogen defense of seedlings. Chemoecology 8: 141-151.
- Cruz, E.D.; Martins, F.O. & Carvalho, J.E.U. 2001. Biometria de frutos e sementes e germinação de jatobá-curuba (*Hymenaeaintermedia* Ducke),

- Leguminosae - Caesalpinioideae. Revista Brasileira de Botânica 24: 161-165.
- De Mason, D.A. 1988. Embryo structure and storage reserve histochemistry in the palm, *Washingtonia filifera*. American Journal of Botany 75: 330-337.
- Dransfield, J.N.W.; Uhl, C.B.; Asmussen, W.J.; Baker, M.M.; Lewis, H. & Lewis, C.E. =2008. Genera Palmarum: The evolution and classification of palms. Royal Botanic Gardens, Kew. 732p.
- Esau, K. 1977. Anatomy of seed plants. 2<sup>nd</sup> ed. Edgard Blucher, New York. 350p.
- Felippi, M.; Maffra, C.R.B.; Cantarelli, E.B.; Araújo, M.M. & Longhi, S.J. 2012. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. Ciência Florestal 22: 477-491.
- Gabe, M. 1968. Techniques histologiques. Masson & Cie, Paris. 1113p.
- Gonçalves, J.F.C.; Lima, R.B.S.; Fernandes, A.V.; Borges, E.E.L. & Buckeridge, M.S. 2010. Physiological and biochemical characterization of the assai palm (*Euterpe oleraceae* Mart.) during seed germination and seedling growth under aerobic and anaerobic conditions. Revista Árvore 34: 1045-1053.
- Henderson, A.; Galleano, G. & Bernal, R. 1995. Field guide to the palms of the Americas. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 352p.
- Jensen, W.A. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. W.H. Freeman, San Francisco. 408p.
- Johansen, D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill., New York, 523p.
- Kahn, F. & De Granville, J. 1997. Palms in forest ecosystems of Amazonia: Ecological Studies, 95. Springer Verlag, New York. 226p.
- Ledo, A.S.; Filho, S.M.; Ledo, F.J.S. & Araújo, E.C. 2002. Efeito do tamanho da semente, do substrato e pré-tratamento na germinação de sementes de pupunha. Revista Ciência Agronômica 33: 29-32.
- Mace, M.E. & Howell, C.R. 1974. Histological and identification of condensed tannin precursor in roots of cotton seedlings. Canadian Journal of Botany 52: 2423-2426.
- Marcos-Filho, J. 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas, FEALQ, Piracicaba. 495p.
- Martin, A.C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. The American Midland Naturalist 36: 513-660.
- Martins, C.C., Nakagawa, J. & Bovi, M.L.A. 2000. Influência do peso das sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes) na porcentagem e na velocidade de germinação. Revista Brasileira de Sementes 22: 47-53.
- Melo, M.G.G.; Mendonça, M.S. & Mendes, A.M.S. 2004. Análise morfológica de sementes, germinação e plântula de jatobá (*Hymenaea intermedia* Ducke var. *adenotricha* (Ducke) Lee & Lang (Leguminosae Caesalpinioideae). Acta Amazonica 34: 9-14.
- Mendonça, M.S.; Oliveira, A.B.; Araújo, M.G.P. & Araújo, L.M. 2008. Morfo-anatomia do fruto e semente de *Oenocarpus minor* Mart. (Arecaceae). Revista Brasileira de Sementes 30: 90-95.
- Miranda, I.P.A. & Rabelo, A. 2008. Guia das palmeiras de Porto Trombetas/PA. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Editora da Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 365p.
- Moura, R.C., Lopes, P.S.N., Brandão Junior, D.S., Gomes, J.G. & Pereira, M.B. 2010. Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. Biota Neotropica 10: 414-419.
- Moura, E.F.; Ventrella, M.C. & Motoike, S.Y. 2010. Anatomy, histochemistry and ultrastructure of seed and somatic embryo of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). Scientia Agricola 67: 399-407.
- Nazário, P.; Ferreira, S.A.N.; Lima; Borges, E.E.; Genovese-Marcomini, P.R. & Mendonça, M.S. 2013. Anatomical and histochemical aspects of the peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth) seed. Journal of Seed Science 35: 171-178.
- O'Brien, T.P. & McCully, M.E. 1981. The study of plant structure: principles and selected methods. Termarcaphi Pty Ltd, Melbourne. 46p.
- Oliveira, A. B.; Medeiros Filho, S.; Bezerra, A.M.E. & Bruno, R.L.A. 2009. Emergência de plântulas de *Copernicia hospita* Martius em função do tamanho da semente, do substrato e ambiente. Revista Brasileira de Sementes 31: 281-287.
- Oliveira, A.B.; Mendonça, M.S. & Araújo, M.G.P. 2010. Aspectos anatômicos do embrião e desenvolvimento inicial de *Oenocarpus minor* Mart.: uma palmeira da Amazônia. Acta Botânica Brasilica 24: 20-24.
- Oliveira, A.B.; Cassino, M.F.; Gurgel, E.S.C.; Souza, M.A.D.; Carmello-Guerreiro, S.M.; Meira, R.M.S.A. & Mendonça, M.S. 2012. Morfoanatomia e histoquímica da semente de sororoca (*Phenakospermum guyannense* (Rich.) Endl. – Strelitziaceae). Revista Brasileira de Sementes 34: 280-287.
- Panza, V.; Láinez, V. & Maldonado, S. 2004. Seed structure and histochemistry in the palm *Euterpe edulis*. Botanical Journal of the Linnean Society 145: 445-453.
- Reis, R.G.E.; Bezerra, A.M.E.; Gonçalves, N.R.; Pereira, M.S. & Freitas, J.B.S. 2010. Biometria e efeito da temperatura e tamanho das sementes na protrusão do pecíolo cotiledonar de carnaúba. Revista Ciência Agronômica 41: 81-86.
- Reis, S.B.; Mercadante-Simões, M.O. & Ribeiro, L.M. 2012. Pericarp development in the macaw palm *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). Rodriguésia 63: 541-549.
- Sanjinez-Argandoña, E.J. & Chuba, C.A.M. 2011. Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bocaiúva *Acrocomia aculeata*

- (Jacq) Lodd. Revista Brasileira de Fruticultura 33: 1023-1028.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. Análise da germinação – um enfoque estatístico. Editora Universal de Brasília, Brasília. 248p.
- Schwartz, E.; Fachinello, J.C.; Barbieri, R.L. & Silva, J.B. 2010. Avaliação de populações de *Butia capitata* de santa vitória do palmar. Revista Brasileira de Fruticultura 32: 736-745.
- Silva, J.A.M.; Pereira-Filho, M. & Oliveira-Pereira, M.I. 2003. Valor nutricional e energético de espécies vegetais importantes na alimentação do tabaqui. Acta Amazonica 33: 687-700.
- Taiz, L. & Zeiger, E. 2009. *Fisiologia vegetal*. 4ª ed. Artmed, Porto Alegre. 848p.
- Tomlinson, P.B. 1960. Essays on the morphology of palms. I. germination and seedlings. Principes 4: 56-61.
- Tomlinson, P. B. 1990. The structural biology of palms. Clarendon Press, Oxford. 477p.
- Vegas, C.; Millán, B.; Pintaud, J.C. & Kahn, F. 2008. Anatomía del fruto y perianto en especies peruanas del género *Astrocaryum* (Arecaceae): descripción e importância taxonômica. Revista Peruana de Biología 15: 85-96.
- Werker, E. 1997. Seed anatomy. Gebrüder Borntraeger, Berlin. 401p.

