

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TUCUMÃ
(*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. – Arecaceae) EM UMA ÁREA DA
AMAZÔNIA CENTRAL

MARIA ELIZABETH DE ASSIS ELIAS

Manaus

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

MARIA ELIZABETH DE ASSIS ELIAS

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TUCUMÃ
(*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. – Arecaceae) EM UMA ÁREA DA
AMAZÔNIA CENTRAL

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas para obtenção do título de Doutora em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Silvia de Mendonça
Co-orientador: Prof. Dr. Daniel Felipe de Oliveira Gentil

Manaus
2011

E42m

Elias, Maria Elizabeth de Assis

Maturação fisiológica de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. – Arecaceae) em uma área da Amazônia Central / Maria Elizabeth de Assis Elias.- Manaus: UFAM, 2011.

105 f.; il. color.

Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, 2011.

Orientadora: Profa. Dra Maria Silvia de Mendonça

Co-orientador: Prof. Dr. Daniel Felipe de Oliveira Gentil

1. Tucumã – Maturação – Amazônia Central 2. Tucumã – Semente - Qualidade 3. Tecnologia de sementes - Amazônia I. Mendonça, Maria Silvia de (Orient.) II. Gentil, Daniel Felipe de Oliveira (Co-orient.) III. Universidade Federal do Amazonas IV. Título

CDU (1997) 634.613(811)(043.2)

MARIA ELIZABETH DE ASSIS ELIAS

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TUCUMÃ
(*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. – Arecaceae) EM UMA ÁREA DA
AMAZÔNIA CENTRAL

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção vegetal.

Aprovada em 30 de setembro de 2011.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Maria Sílvia de Mendonça (Orientadora), Titular
Universidade Federal do Amazonas



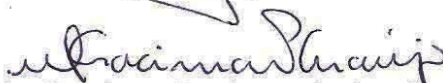
Prof. Dr. Antenor Francisco de Figueiredo, Titular
Universidade Federal do Amazonas



Dra. Eva Maria Alves Cavalcante Atroch, Titular
Universidade Federal do Amazonas



Dr. Sidney Alberto do Nascimento Ferreira, Titular
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia



Profa. Maria Gracimar Pacheco de Araújo, Titular
Universidade Federal do Amazonas

*Ao meu esposo e filhos que são o grande
estímulo da minha vida;
A todos os meus amigos que sempre
pensam o melhor para mim;
A todas as pessoas que sempre quiseram
estudar, mas a vida não lhes permitiu
uma oportunidade.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus que tornou possível a concepção, execução e a conclusão desse trabalho.

A Universidade Federal do Amazonas e a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical pelo empenho e oportunidade de formar recursos humanos na Região Amazônica.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Ensino Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

A minha orientadora Dra. Maria Silvia de Mendonça e ao meu co-orientador Daniel Felipe de Oliveira Gentil pelo apoio e orientação recebidos.

A minha família pelo incentivo e apoio durante a realização desse trabalho.

Aos meus amigos da turma do doutorado e mestrado pelo companheirismo e apoio durante o tempo de conclusão do curso.

Aos amigos, Aurélio, Edileusa, João e Maria por permitirem que fosse instalada a área de coleta em suas propriedades.

Aos amigos do Laboratório de Botânica Agroflorestral (LABAF) Manoel, Poliana, Gal, Mariana, Anália, Andréia, Madalena e Alice pela colaboração e apoio em diferentes etapas desse trabalho.

Aos amigos professores, pesquisadores, técnico e estudantes do NUSEC em especial a Profa. Dra. Therezinha Fraxe, Marinete, Klilton, Jozane, Janaina, Michele, Mere, Lane, Sabá pelo incentivo durante a conclusão dessa tese.

Aos amigos do laboratório de Viçosa, em especial, Edite, as professoras Renata e Marília, e aos estudantes Vitor e Daiane pelas informações e apoio recebidos.

Aos amigos: Patrícia, Angela Imakawa, Fábio, Angela Mendes, Anísia, Sônia, Poliana, Enir, Reina, Letice, Nascimento e Moacir que contribuíram para a concretização desse trabalho.

Aos amigos, Marlon, Chiquinho, Fábio, Antônio e Belo pelo apoio durante o meu trabalho no campo.

Aos amigos do curso de Agronomia Tropical, Luziane, Francy, Gilson, Wandí, e Gina Frausin pela colaboração durante a realização desse trabalho.

Aos demais colaboradores e amigos que, por ventura, deixei de citar, mas que direta ou indiretamente contribuíram ao longo dessa importante caminhada para conclusão do curso e desse trabalho,

**"Não pergunte o que seu País pode fazer por
você, mas o que você pode fazer pelo seu País"**

John F. Kennedy

RESUMO GERAL

Na família Arecaceae, inúmeras espécies produzem frutos comestíveis de significativo valor nutricional e alto potencial econômico. Dentre essas, encontra-se *Astrocaryum aculeatum* G. Mey., cujo fruto é conhecido como tucumã. A planta é uma palmeira monocaule, com tronco ereto, com até 25 m de altura e, aproximadamente, 30 cm de diâmetro. A propagação é feita por sementes que comumente demoram em iniciar o processo germinativo. As sementes das palmeiras, em geral, apresentam germinação lenta e irregular, e são influenciadas por fatores como a maturação. O processo de maturação fisiológica tem influência na qualidade fisiológica da semente, e seu estudo na tecnologia de sementes, visa determinar o ponto ideal de colheita para a obtenção de sementes de alta qualidade. Assim, o trabalho teve como objetivo identificar o ponto de maturidade fisiológica no qual ocorre a máxima capacidade de germinação e vigor das sementes de *Astrocaryum aculeatum*. O trabalho foi realizado em três estudos. Para a identificação dos indicadores morfológicos foram avaliadas as características morfológicas do fruto e do pireno. Nas sementes foram avaliados os aspectos anatômicos, além da qualificação e quantificação das reservas. No estudo da influência da idade de maturação fisiológica da semente sobre a emergência de plântulas avaliou-se: o teor de água, massa fresca e seca do pireno, reservas acumuladas, porcentagem de germinabilidade, de emergência, de sementes mortas, de sementes dormentes, o índice de velocidade e o tempo médio de emergência. O estudo de maturação pós-colheita foi realizado em sementes obtidas de frutos que ficaram em repouso, antes do beneficiamento, por períodos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias pós-colheita, onde os parâmetros avaliados foram: o teor de água dos frutos, dos pirenos e das sementes, a porcentagem de germinabilidade, de emergência e de sementes mortas, o teor de proteína, o índice de velocidade de emergência e o tempo médio e final de emergência. O ponto de maturidade fisiológica da semente de tucumã ocorreu entre 153 a 169

dias após abertura da espata. A cor do exocarpo não foi um bom indicador da maturação fisiológica da semente, sendo considerados como melhores indicadores morfológicos: a cor do mesocarpo amarela ou laranja-escuro, a cor do endocarpo preto brilhante e a consistência pétrea, a cor do tegumento da semente, marrom-claro ou escuro ferrugíneo, consistência rígida do endosperma, além do ponto de máximo comprimento, espessura e massa fresca do pireno. A semente de tucumã apresentou como substâncias de reservas: proteínas, lipídios e carboidratos na forma de polissacarídeos pécticos. A partir de 90 dias após a abertura da espata, o embrião apresentou diferenciação nos primórdios foliares. A idade de maturação da semente teve influência na sua qualidade fisiológica e afetou o seu desempenho germinativo. Aos 135 dias após abertura da espata, as sementes apresentaram elevada mortalidade de sementes e aos 153 dias maior porcentagem de germinabilidade e emergência. As sementes de tucumã, extraídas de frutos colhidos no início do seu desprendimento natural da infrutescência, apresentaram desempenho fisiológico superior às submetidas a períodos de maturação pós-colheita.

Palavras-chave: Maturação fisiológica, palmeira, germinação.

ABSTRACT

In the family Arecaceae, countless species produce edible fruits of significant nutritional value and high economic potential. *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. is such a species, which its fruit is known as tucuma. This plant is a single-stipe palm with an erect trunk approximately 25 m high and 30 cm in diameter. It is propagated by seed and there is commonly a delay in germination start. Palms often show slow and irregular germination, and maturation is one of the factors involved. The process of seed maturation influences the physiological quality and its study in seed technology tries to determine the ideal harvest conditions for obtaining top quality seeds. Specifically, this work aims to identify the point of physiological maturity which produces *Astrocaryum aculeatum* seeds which have maximum viability and vigor. The investigation was carried out in three studies. To identify morphological indicators the morphological characteristics of the fruits and pyrenes were evaluated. For seeds, anatomical characteristics were used along with the qualitative and quantitative content of reserves. In the study concerning the influence of the period of time of ripening on the seedling emergence the following parameters were considered: the water content, the fresh and dry mass of the pyrene, accumulated reserves, percentage of germinability, seedling emergence, dead seeds, dormant seeds, the index of velocity, and the mean time of emergence. The study of post-harvest ripening was carried out on seeds obtained from fruits 0, 5, 10, 15 and 20 days after harvesting, and the parameters analyzed were: water content of the fruits, pyrenes and seeds, the percentage germinability, seedling emergence, dead seeds, protein content, the index of velocity, the mean time and final time of emergence. The point of seed physiological maturity of tucumã occurred between 153 and 169 days after the opening of the spathe. The color of the exocarp was not a good indicator of the seeds' physiological maturity. Better morphological indicators were: yellow or deep

orange color of the mesocarp, bright black color of the endocarp, light brown or dark-ferruginous brown color of the tegument, hard consistency of the endocarp, strong consistency of the endosperm, as well as the point maximum length, thickness and fresh mass of the pyrene. tucumã seeds have reserve materials of proteins, lipids and carbohydrates in the form of pectic polysaccharides. At 90 days after the opening of the spathe, the embryo displayed differentiation of the primordial leaves. The period of time influences the physiological and the germination of seeds of *A. aculeatum*. At 135 days after the opening of the spathe, the seeds showed a high percentage of seeds mortality and at 153 days there was a higher germinability and seedlings emergence. Tucumã seeds extracted from fruits harvested at the beginning of spontaneous detachment of the bunch, showed higher physiological performance than those subject to periods of post-harvest ripening.

Key words: Physiological maturity, palm tree, germination.

LISTA DE FIGURAS

MATERIAL E MÉTODOS

Figura 1. Local de coleta onde estão estabelecidas as matrizes no município do Rio Preto da Eva, AM, Brasil.....	9
--	---

CAPÍTULO I - Indicadores morfológicos da maturação da semente de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae)

Figura 1. Aspecto geral da morfologia externa do frutos (a-d) e dos pirenos (e-h) de <i>Astrocaryum aculeatum</i>	45
Figura 2. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 60 dias após abertura da espata.....	46
Figura 3. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 90 dias após abertura da espata.....	47
Figura 4. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 120 dias após abertura da espata.....	48
Figura 5. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 135 dias após abertura da espata.....	49
Figura 6. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 150 dias após abertura da espata.....	50
Figura 7. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 160 dias após abertura da espata.....	51
Figura 8. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 170 dias após abertura da espata.....	52
Figura 9. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 180 dias após abertura da espata.....	53
Figura 10. Frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> aos 190 dias após abertura da espata.....	54
Figura 11. Aspecto anatômico do embrião e do endosperma da semente de <i>Astrocaryum aculeatum</i>	55
Figura 12. Teste histoquímico em sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i>	56
Figura 13. Biometria dos frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> . (A) Comprimento, (B) Largura.....	57
Figura 14. Biometria dos frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> . (A) Espessura, (B) Massa fresca.....	58
Figura 15. Biometria dos pirenos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> . (A) Comprimento, (B) Largura.....	59
Figura 16. Biometria dos pirenos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> . (A) Espessura, (B) Massa fresca.....	60

CAPÍTULO II - Maturação fisiológica de sementes e emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. – Arecaceae)

Figura 1. Comportamento do teor de água, da massa fresca e seca por pireno de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.....	82
Figura 2. Acúmulo de reservas em sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.....	83
Figura 3. Emergência de plântulas de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.....	83
Figura 4. Germinabilidade, dormência e mortalidade em sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.....	84
Figura 5. Índice de velocidade de emergência de plântulas de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.....	84
Figura 6. Tempo médio de emergência de plântulas de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.....	85

CAPÍTULO III - Repouso pós-colheita de frutos e qualidade fisiológica de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae)

Figura 1. Valor médio e desvio padrão da massa fresca dos frutos e pirenos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em diferentes períodos de maturação pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.....	102
Figura 2. Teor de água estimado no estágio inicial de maturação das sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em diferentes períodos de maturação pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.....	102
Figura 3. A - Valores médios de emergência de plântulas. B - Mortalidade e germinabilidade de sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função de diferentes períodos de maturação pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.....	103
Figura 4. Teores de proteínas de sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função de diferentes períodos de maturação pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.....	103
Figura 5. A - Valores médios do índice de velocidade de emergência. B - Tempo médio de emergência de plântulas de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função de diferentes períodos de maturação pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.....	104
Figura 6. A - Valores médios do tempo inicial. B - Final de emergência de plântulas de <i>Astrocaryum aculeatum</i> , em função de diferentes períodos de maturação na pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados quantitativos da morfologia do pireno de <i>Astrocaryum aculeatum</i> em relação à condição do endocarpo e presença dos poros germinativos em função da idade de maturação fisiológica.....	61
Tabela 2. Dados quantitativos da condição da semente de <i>Astrocaryum aculeatum</i> em função da idade de maturação fisiológica.....	61
Tabela 3. Resultados dos testes histoquímicos aplicados para detecção de substâncias ergásticas na semente de <i>Astrocaryum aculeatum</i>	62
Tabela 4. Teores de substâncias ergásticas em sementes de <i>Astrocaryum aculeatum</i>	62

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	v
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....	8
REFERÊNCIAS.....	12
CONCLUSÃO GERAL.....	105
CAPÍTULO I - Indicadores morfológicos da maturação da semente de tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i> G. Mey. - Arecaceae).....	
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	19
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
CAPÍTULO II - Maturação fisiológica de sementes e emergência de plântulas de tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i> G. Mey. - Arecaceae).....	
RESUMO.....	64
ABSTRACT.....	65
INTRODUÇÃO.....	66
MATERIAL E MÉTODOS.....	69
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	72
CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
CAPÍTULO III - Repouso pós-colheita de frutos e qualidade fisiológica de sementes de tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i> G. Mey. - Arecaceae).....	

RESUMO.....	87
ABSTRACT.....	88
INTRODUÇÃO.....	89
MATERIAL E MÉTODOS.....	91
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
CONCLUSÃO.....	98
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

INTRODUÇÃO GERAL

As palmeiras (Arecaceae) apresentam distribuição pantropical, com representantes distribuídos em todo o mundo em, aproximadamente, 200 gêneros e 1500 espécies. Nas Américas os representantes da família Arecaceae estão distribuídos em 67 gêneros e 550 espécies, sendo os mais representativos *Chamaedorea*, *Bactris* e *Geonoma*. Na Amazônia, a maioria das espécies é do gênero *Bactris*, *Geonoma* e *Atrocaryum* (HENDERSON et al., 1995). Arecaceae (Palmae) é considerada como a mais importante família na fisionomia e dinâmica da Floresta Amazônica. Sua distribuição é ampla, podendo ser encontrada em ambiente de terra firme, em maior concentração e, em áreas inundadas, com menor diversidade de espécies, porém em maior abundância (MIRANDA e RABELO, 2008).

As espécies de Arecaceae apresentam grande capacidade de estabelecimento em diferentes *habitats*. A maioria prosperou no clima equatorial quente e úmido, enquanto outras se adaptaram a prolongadas estiagens, estabelecendo-se, também, no clima árido e semidesértico. Em muitas espécies o corte da parte aérea e a exposição à alta temperatura, ocasionada pelo fogo e calor solar estimulam a regeneração (BONDAR, 1964).

Pivetta et al. (2007) comentam que as palmeiras são exploradas, economicamente, em maior ou menor escala, em razão de diferentes produtos que fornecem, embora em algumas o potencial seja amplamente utilizado e, em outras, ainda desconhecido. No mercado nacional, algumas espécies de palmeira já apresentam reconhecida importância econômica pela exploração comercial na produção de óleo, amido, palmito, cera e fibras (SANTELLI et al., 2009). De acordo com Sousa et al. (2003) a tendência do mercado de palmito é crescente, tanto no mercado nacional, quanto internacional. O fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) vem sendo usado na fabricação de sorvetes, licores, doces, néctar, geleias e corantes.

Na família Arecaceae, inúmeras espécies produzem frutos comestíveis de significativo valor nutricional, sendo muito apreciados pela população regional (RODRIGUES et al., 2010). Nesse contexto, encontra-se *Astrocaryum aculeatum* G. Mey., popularmente conhecida por tucumã. A espécie *A. aculeatum* pertence à ordem Arecales; Família Arecaceae; Subfamília Arecoideae; Tribo Cocoeae; Subtribo Bactridinae; Gênero *Astrocaryum*; Espécie *Astrocaryum aculeatum* (DRANSFIELD et al., 2008). *A. aculeatum* apresenta como características botânicas, estipe solitária, com internós densamente espinhosos, 6-15 folhas com muitos espinhos, pecíolo de 2-5 m de comprimento, ráquis com 3,5- 5,5 m de comprimento, a inflorescência é ereta; possui espata peduncular com dimensão de 1,6 m de comprimento; ráquis até 1,5 m de comprimento; as flores estaminadas medem 5 mm de comprimento e possuem 3 sépalas, 3 pétalas e 6 estames; as flores pistiladas 2-4 na base de cada ráquila; sépalas e pétalas sub-iguais, urceoladas; anel estaminodal de 2 mm de altura (HENDERSON e SCARIOT, 1993).

Os frutos são globosos a ovóide liso, com tamanhos e cores variadas (MIRANDA et al., 2001). A espécie apresenta ampla distribuição geográfica, podendo ser encontrada no Brasil nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Rondônia, Roraima e em outros países como: Guiana, Peru e Colômbia (BACELAR e PESSONI, 2000). A espécie é frequente na Amazônia, onde é encontrada de forma esporádica no interior da floresta e, em abundância em áreas abertas, como: capoeiras, savanas, pastagens abandonadas e margens de estradas (MIRANDA et al., 2001).

O mercado do fruto do tucumã é atendido quase, exclusivamente, pela atividade extrativista, com oferta irregular, tanto em quantidade, quanto em qualidade. As populações de tucumanzeiros que surgem em áreas desmatadas, em geral, próximo às de ocupação humana, onde é utilizado na alimentação, passam a ser manejadas pelos agricultores que fazem a propagação da semente, principalmente com base na qualidade do fruto, o que

permite, dessa forma, modificações nos genótipos das populações, tornando-as mais úteis ao homem (LOPES et al., 2009).

O caule, duro e flexível, é usado pelos índios na confecção de arcos para captura de animais de grande porte. Os folíolos possuem fibras finas e resistentes que são utilizadas na fabricação de redes para dormir, pescaria e artesanato. A polpa do fruto é rica em caroteno, proteínas, lipídios, carboidratos, minerais, óleos e fibras. É utilizada *in natura* ou no preparo de creme, recheio para sanduíches e sorvetes. A amêndoa, quando verde, é usada como alimento e, quando madura, na extração de óleo para fabricação de sabão (MIRANDA et al., 2001).

No mercado de alimentos, a polpa do fruto é um alimento nutritivo, de sabor agradável, rico em β -caroteno, proteínas, minerais, lipídios, carboidratos e fibras. Essa é consumida *in natura* e como componente na fabricação de sorvetes e cremes (MIRANDA e RABELO, 2008). Na forma de *fastfoods*, nos recheios de sanduíches (x-caboclinho), tapioca com tucumã, petiscos como pastéis e empadas (YUYAMA et al., 2008; LOPEZ et al., 2009). O potencial de usos da polpa tem gerado novas tecnologias, dentre estas, a produção de óleo (COSTA e MARCHI, 2008) e o aumento da vida-de-prateleira, na condição do mesocarpo desidratado e pulverizado (YUYAMA et al., 2008).

Em relação às potencialidades da espécie, o tucumã, além do fruto comestível possui amêndoa com alto teor de óleo (BARBOSA et al., 2009). É tolerante a solos pobres e degradados e apresenta resistência à seca, podendo sobreviver em áreas com precipitação anual de mais de 1600 mm (FAO, 1987). Apresenta alta plasticidade ecológica, com aptidão para colonização de áreas degradadas e produção em áreas com diferentes níveis de cobertura vegetal, no entanto, a maior produção ocorre em área aberta (SCHROTH et al., 2004). Conforme esses autores, o cultivo dessa espécie pode aumentar a rentabilidade dos tradicionais sistemas agrícolas na Amazônia central.

Estudos da biologia floral da referida espécie sugere a ocorrência de polinização cruzada e protoginia, com sobreposição das fases “sexuais” iniciando-se após 12 horas da abertura da espata (BACELAR-LIMA et al., 2006). O período de floração estende-se de julho a janeiro, enquanto que o período da frutificação, de fevereiro a agosto, com pico em abril e outro em outubro a novembro. Os frutos são colhidos seis a sete meses após a antese.

As árvores produzem, em média, quatro cachos por ano, com um número médio de frutos de 156 a 264 frutos. O amadurecimento dos frutos, dentro do mesmo cacho é, relativamente, sincrônico. No ponto de maturação comercial apresentam, ainda, a casca verde e, somente após 3 a 7 dias da coleta, são vendidos nas feiras e mercados de Manaus (MOUSSA e KAHN, 1996).

Na família Arecaceae, a semente representa a principal forma de propagação das espécies (AGUIAR e MENDONÇA, 2003). Entretanto, a germinação das sementes, às vezes, é caracterizada por grandes dificuldades que vão, desde as características físicas da semente, até as peculiaridades fisiológicas do desenvolvimento do processo germinativo (PINHEIRO, 1986).

As sementes das palmeiras apresentam diferentes períodos de germinação e tipo de dormência, resultando em dificuldade de entendimento dos mecanismos que envolvem o processo germinativo (OROZCO-SEGOVIA et al., 2003). A germinação das sementes das palmeiras, de acordo com a expansão assumida pelo pecíolo cotiledonar, foi classificada por Tomlinson (1960) como remota tubular, remota ligulada e adjacente ligulada.

A propagação de *A. aculeatum* é feita por sementes que, comumente, apresentam demora em iniciar o processo germinativo, podendo esse processo ocorrer entre oito meses a dois anos (MIRANDA e RABELO, 2008). A germinação do tucumã é do tipo adjacente ligulada, criptocotiledonar e hipógea (GENTIL e FERREIRA, 2005). Em condições naturais, o período de germinação pode se estender por 1044 dias (KOEBERNIK, 1971).

As palmeiras apresentam germinação lenta e irregular e são influenciadas por fatores como temperatura, umidade, estrutura do endocarpo e maturação (MEEROW, 1991). A germinação lenta e irregular das sementes de palmeiras acarreta problemas na propagação das espécies pertencentes a esse grupo, dificultando, principalmente, a produção de mudas em escala comercial (OLIVEIRA et al., 2009).

Estudos sobre germinação da semente de tucumã revelaram que a remoção do endocarpo e a embebição em água, por nove dias, o tempo final de germinação pode ser antecipado para 163 dias, obtendo-se 70% de plântulas no estágio “botão germinativo” (FERREIRA e GENTIL, 2006). Conforme esses autores o tempo médio de “completa expansão da primeira folha bífida”, após esses tratamentos, é de 236 dias. Em outros estudos foi verificado que a temperatura e o substrato são fatores que influenciam no processo germinativo das sementes de tucumã (NAZÁRIO e FERREIRA, 2010; FERREIRA et al., 2010).

Em relação à propagação, Maciel e Briceño (2009) afirmam que o adequado manejo da semente possibilita acelerar o tempo de germinação e emergência. Em estudo com *Syagrus stenopetala* Burret, esses mesmos autores observaram que sementes maduras sem pericarpo apresentaram maior porcentagem de emergência do que as verdes sem pericarpo. Lin (1988) observou que frutos de *Euterpe edulis* quando maduros, com epicarpo preto, apresentaram maior germinação e vigor do que os com epicarpo verdes.

De acordo com Popinigis (1977), o processo de maturação fisiológica tem influência na qualidade fisiológica da semente. Na tecnologia de sementes, o estudo da maturação fisiológica visa determinar o ponto ideal de colheita para a obtenção de sementes de alta qualidade (CICERO et al., 1986). O processo de maturação fisiológica envolve uma série de sucessivas modificações metabólicas e estruturais, durante as quais a semente adquire a

capacidade de gerar e desenvolver mecanismos fisiológicos para o desenvolvimento de uma nova planta.

Marcos Filho (2005) informa que o processo de desenvolvimento ou maturação da semente é controlado, geneticamente, e inclui uma sequência ordenada de alterações de várias naturezas, verificadas, a partir da fecundação, até que as sementes se tornem indivíduos independentes da planta-mãe. Compreende um conjunto de etapas sucessivas de preparação para o sucesso da futura germinação; é caracterizado pela síntese e acúmulo de reservas, posteriormente, mobilizadas durante a germinação.

Matthes e Castro (1987) consideram que o desconhecimento sobre o período de germinação requerido pelas diferentes espécies de palmeira é um dos fatores mais importante para o desinteresse e abandono do cultivo destas. Conforme esses autores, o período para início de germinação pode variar de até 14 dias, para algumas espécies, a 542 dias, para outras. A maioria das espécies necessita de vários meses para o processo germinativo, resultando esse pressuposto em seleção preferencial pelas espécies que germinam mais rápido.

Embora o tucumã seja, aparentemente, pouco exigente quanto à fertilidade do solo e não apresente problemas fitossanitários, o seu cultivo na própria Região Amazônica é inexpressivo. Dentre os fatores que contribuem para essa situação estão, provavelmente, a dificuldade na germinação (FERREIRA e GENTIL, 2006). O domínio tecnológico da manipulação da semente, visando preservar a qualidade fisiológica, assim como, estudos sobre os mecanismos fisiológicos envolvidos na germinação, possibilita a conservação das espécies com risco de erosão genética, pela alta pressão do uso. A domesticação das espécies contribui para a diminuição da pressão pela atividade extrativa predatória, que ocorre principalmente, nas espécies mais procuradas, pouco cultivadas e com pouco conhecimento silvicultural (POTVIN et al., 2003).

O estudo da maturação fisiológica da semente contribui com maior conhecimento sobre a espécie e possibilita estabelecer a época adequada de colheita (GEMAQUE et al., 2002). Durante o desenvolvimento da semente ocorrem alterações físicas, morfológicas e fisiológicas e, com base nessas transformações, são utilizados parâmetros que servem como indicadores do ponto de maturação das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

O ponto de maturação fisiológica correspondente ao de máxima qualidade fisiológica da semente, em que ocorre a máxima germinação e vigor (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Considerando que na região o ponto de colheita do fruto e/ou semente do tucumã é baseado em informações empíricas, tendo em vista a inexistência de estudos fundamentados sobre a maturação fisiológica da semente, torna-se importante o estudo sobre a maturação fisiológica das sementes de tucumã. Gouvêa (2007) considera que estudos sobre fisiologia e bioquímica da germinação de sementes de palmeiras da Região Amazônica, ainda, são incipientes. Assim, esse trabalho teve como objetivo identificar o ponto de maturidade fisiológica no qual ocorre a máxima capacidade de viabilidade e vigor das sementes de *Astrocaryum aculeatum*.

A tese foi formatada em capítulos como a seguir: Capítulo I – Indicadores morfológicos da maturação da semente de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae), a ser submetido à Revista Brasileira de Sementes; Capítulo II – Maturação fisiológica de sementes e emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae, a ser submetido à Revista Brasileira de Fruticultura; Capítulo III – Repouso pós-colheita de frutos e qualidade fisiológica de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae), submetido à Revista Brasileira de Fruticultura.

MATERIAL E MÉTODOS GERAL

1. ÁREAS DE ESTUDO E COLETA

O estudo foi conduzido em dois experimentos independentes, nos quais, as sementes foram estudadas em duas condições; Condição 1- As avaliações foram feitas com sementes obtidas de frutos em distintos períodos de maturação na planta-mãe. Nessa condição foram estudados os indicadores morfológicos e a influência da maturação sobre a qualidade fisiológica da semente. Os frutos foram avaliados a partir de 60 dias até 190 dias após a abertura da espata ou capemba como é chamada pela população local; Condição 2- As sementes foram procedentes de frutos colhidos apenas no início da dispersão e o estudo foi da maturação pós-colheita, com sementes extraídas de frutos que foram submetidos à condição de repouso, sem beneficiamento, por 0, 5, 10, 15 e 20 dias, após serem colhidos.

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Botânica Agroflorestal (LABAF) e viveiro de olericultura da UFAM. Os frutos foram coletados de plantas estabelecidas em área manejada com sistemas agroflorestais e vegetação secundária estabelecida, com período de pousio, após cultivo com mandioca. A população de tucumanzeiros tem ocorrência espontânea com mais de 500 indivíduos produtivos distribuídos em uma área de 125 ha. A área de coleta dos frutos está localizada no município do Rio Preto da Eva a 88 Km de Manaus, Amazonas, Brasil, entre as coordenadas S 2°38' e W 59°44' (Figura 1), com acesso pela rodovia AM 010 Manaus-Itacoatiara. Conforme a classificação de Köppen, o clima é do tipo Ami, quente úmido, tropical chuvoso, com variação anual de temperatura inferior a 5° C, sem definição de estações verão e inverno. A temperatura média anual variando em torno de 27° C, com médias máximas de 32° C e mínimas 21° C. A umidade relativa do ar varia em torno de 85%. A média de insolação total anual é de 1.940 horas. A pluviosidade anual média

é de, aproximadamente, 2.100 mm e o solo, segundo a classificação brasileira, é do tipo latossolo amarelo de textura muito argilosa (GUILLAUMET et al., 2003).

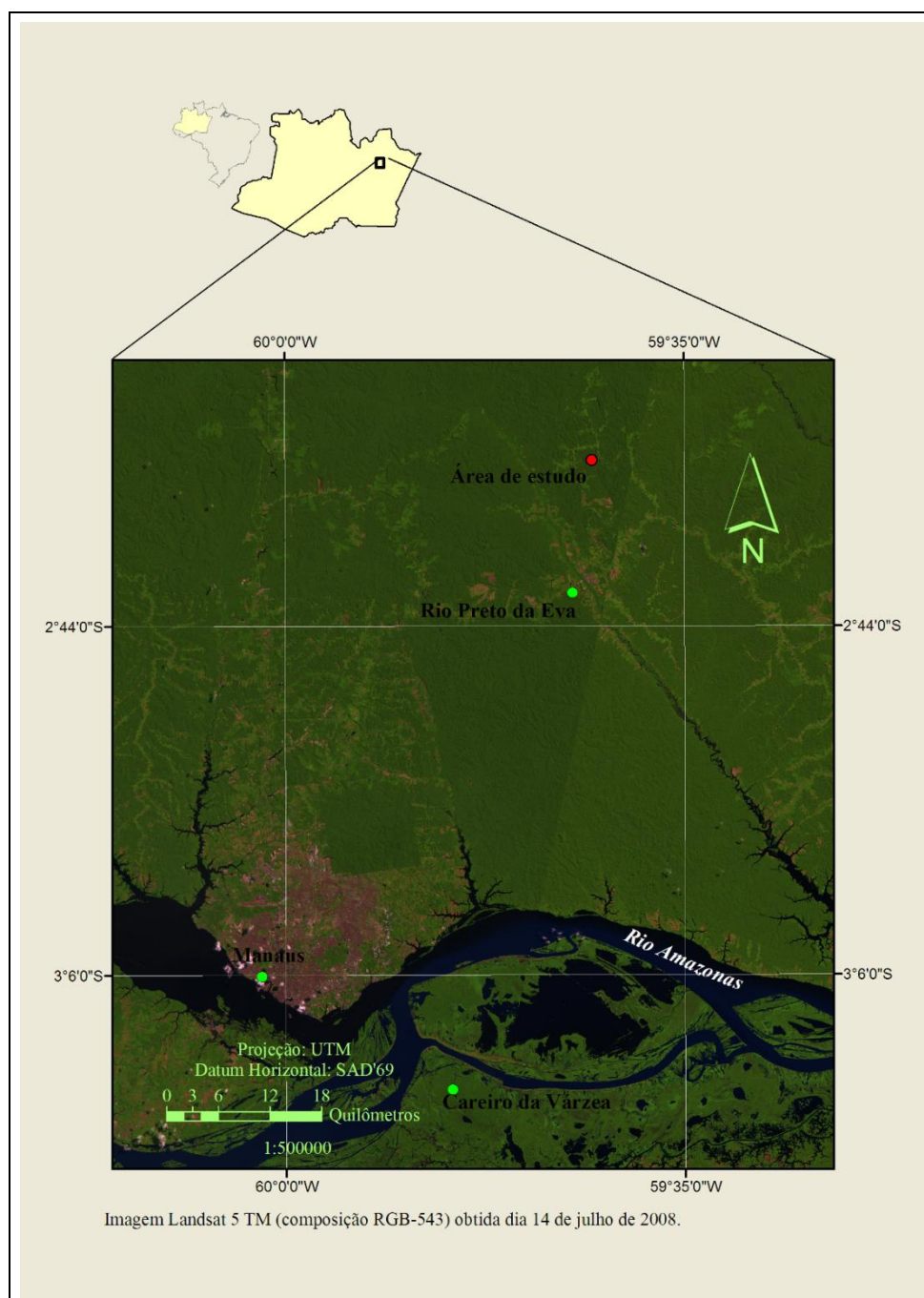


FIGURA 1. Local de coleta, onde estão estabelecidas as matrizes no município do Rio Preto da Eva, AM, Brasil.

2. ESTUDO DA MATURAÇÃO DURANTE O DESENVOLVIMENTO DA SEMENTE

2.1 Procedimentos para identificação das matrizes

Os frutos de *A. aculeatum* foram obtidos de matrizes com histórico de produção a partir de dois anos. Na primeira seleção das matrizes, foram identificadas 75 plantas, preferencialmente as que apresentaram duas ou mais espatas (espatas), a fim de assegurar suficiente quantidade de sementes. A identificação das plantas foi feita por meio da localização geográfica com GPS e numeração impressa em placas de alumínio que ficaram fixadas ao tronco, com auxílio de arame recozido.

A fim de facilitar o acesso ao cacho de coleta, a posição da espata foi indicada com marcações no estipe, feita com tinta spray (tipo Decor Spray), além de placa de alumínio numerada. A data de abertura da espata foi o referencial para o tempo de maturidade. Dessa forma, o monitoramento dos indivíduos selecionados foi feito, periodicamente a partir desse evento, para o registro e caracterização dos demais eventos durante o desenvolvimento do fruto e da semente. Assim, para garantir número suficiente de frutos nas diferentes fases de avaliação, foi realizada aos 60 dias após abertura da espata, uma segunda seleção, na qual foram selecionadas, dentre as 75 plantas, previamente identificadas, 30 plantas, cujos cachos apresentaram mais de 200 frutos.

2.2 Procedimentos para a coleta dos frutos

Os frutos foram coletados aos 60, 80, 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias após a abertura das espatas, perfazendo um total de 10 colheitas. Os frutos foram coletados dos mesmos cachos, das 30 plantas que foram previamente selecionadas, sendo que em cada período de avaliação aos 60, 80 e 90 dias, cada indivíduo contribuiu com 10 frutos, aos 120 e

135 dias, com 20 frutos e aos 150, 160, 170, 180 e 190 dias, com 15 frutos, que formaram uma amostra composta para caracterização morfológica e fisiológica das sementes.

Os frutos colhidos somente no início da dispersão foram procedentes de 10 plantas da mesma área de coleta, mas de outras matrizes. Na coleta dos frutos foi utilizado um podão fixado em estrutura tubular de alumínio, conectado por dispositivos de encaixe, para atingir 15 m de altura. A avaliação, a partir de 60 a 190 dias, foi sobre amostras compostas constituídas por uma quantidade de frutos, variando entre 300 a 600 frutos que, após serem, devidamente homogeneizados, foram acondicionados em duplos sacos de algodão e rafia para serem transportados para o laboratório, onde foram feitas as avaliações.

O desenvolvimento e a maturidade fisiológica da semente foram caracterizados e descritos de acordo com os eventos e indicadores morfológicos e fisiológicos do fruto e da semente que foram avaliados, em diferentes períodos de coleta, a partir de 60 dias até 190 dias, após abertura das espatas.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M.O.; MENDONÇA, M.S. Morfoanatomia da semente de *Euterpe precatória* Mart. (Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.37-42, 2003.
- BACELAR-LIMA, C.G.; MENDONÇA, M.S.; BARBOSA, T.C.T.S. Morfologia floral de uma população de tucumã, *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae) na Amazônia Central, **Acta Amazonica**, v.36, n.4, p.407-412, 2006.
- BACELAR, C.G.; PESSONI, L.A. Estrutura populacional do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) na Estação Ecológica de Maracá, RR. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**. 3, 2000, Anais, Manaus: Embrapa, p.180-182.
- BARBOSA, B.S.; KOOLEN, H.H.F.; BARRETO, A.C.; SILVA, J.D.; FIGLIUOLO, R.; NUNOMURA, S.M. Aproveitamento do óleo das amêndoas de tucumã do Amazonas na produção de biodiesel. **Acta Amazonica**, Manaus, v.39, n.2, p.371-376, 2009.
- BONDAR, G. **Palmeiras do Brasil**. São Paulo: Instituto de Botânica, 1964.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Orgs). **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 223p.
- COSTA, C.J.; MARCHI, E.C.S. Germinação de sementes de palmeira com potencial para produção de agroenergia. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.18, n.1,2,3, p.39-50, 2008.
- DRANSFIELD, J.; UHL, N.W.; ASMUSSEN, C.B.; BAKER, W.J.; HARLEY, M.M.; LEWIS, C.E.; **Genera Palmarum: The evolution and classification of Palms**. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 2008.
- FAO. **Espécies forestales productoras de frutas y otros alimentos**. 3. América Latina. Estúdio FAO Montes 44/3. Roma: SIDA/FAO, 1987. 241pp.

FERREIRA, S.A.N.; GENTIL, D.F.O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, v.36, n.2, p.141-146, 2006.

FERREIRA, S.A.N.; CASTRO, A.F.; GENTIL, D.F.O. Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento das sementes e da condição de semeadura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1189-1195, 2010.

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

GENTIL, D.F.O.; FERREIRA, S.A.N.; Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae). **Acta Amazonica**, v.35, n.3, p.337-342, 2005.

GOUVÊA, D.D.S. **Caracterização anatômica e ultraestrutural de sementes de *Euterpe oleracea* Mart.** 2007. 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém.

GUILLAUMET, J.L.; RODRIGUES, M.R.L.; MIRANDA, I.P.A. A Estação Experimental do Rio Urubu-Embrapa Amazônia Ocidental. In: MIRANDA, I.P.A. et al. (Eds.). Ecossistemas florestais em áreas manejadas na Amazônia. Manaus, AM: Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003. p. 30-64.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 1995. 352p.

HENDERSON, A.; SCARIOT, A. A flora da Reserva Ducke, I: Palmae (Arecaceae). **Acta Amazonica**, v.23, n.4, p.349-369, 1993.

KOEBERNIK, J. Germination of palm seed. **Principes**, v.15, n.4, p.134-137, 1971.

LIN, S.S. Efeito do tamanho e maturidade sobre a viabilidade, germinação e vigor do fruto de palmitero. **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.1, p.57-66, 1988.

- LOPES, M.T.G.; MACÊDO, J.L.V.; LOPES, R.; LEEUWEN, J.V.; RAMOS, S.L.F.; BERNARDES, L.G. Domesticação e melhoramento do Tucumã-do-Amazonas. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R. **Domesticação e melhoramento** - espécies Amazônicas. Viçosa-MG, 2009. 486p.
- MACIEL, N.; BRICEÑO, A. Efecto de la madurez de frutos, escarificación de la semilla y temperatura en la emergencia de *Syagrus stenopetala* Burret. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v.26, n.2, p.196-211, 2009.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MATTHES, L.A.F, CASTRO, C.E.F. Germinação de sementes de palmeira. **O Agrônomo**, v.39, n.3, p.267-277, 1987.
- MEEROW, A.W. **Palm seed germination**. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida Cooperative Extension Service, Bulletin n.274, 10p., Gainesville, University of Florida, 1991.
- MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C.R.; BARBOSA, E.M.; RIBEIRO, M.N.S. **Frutos de palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2001. 120p.
- MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A. **Guia de Identificação das Palmeiras de Porto Trombetas - PA**. Manaus: INPA, 2008. 365p.
- MOUSSA, F.; KAHN, F. A importância econômica do tucumãzeiro de Manaus, *Astrocaryum aculeatum*. In: 4º Simpósio Internacional sobre Ecossistemas Florestais. Belo Horizonte, **Anais**, 1996, p.72.
- NAZÁRIO, P.; FERREIRA, S. A. N. Emergência de plântulas de *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. em função da temperatura e do período de embebição das sementes. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.165-170, 2010.

- OLIVEIRA, A.B.; MEDEIROS FILHO, S.; BEZERRA, A.M.E.; BRUNO, R.L.A. Emergência de plântulas de *Copernicia hospita* Martius em função do tamanho da semente, do substrato e ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.281-287, 2009.
- OROZCO-SEGOVIA, A.; BATIS, A.I.; ROJAS-ARECHIGA, M.; MENDOZA, A. Seed biology of palms: a review. **Palms**, v.47, n.2, p.79-94, 2003.
- PINHEIRO, C.U.B. **Germinação de sementes de palmeiras**: revisão bibliográfica. Teresina: Embrapa-UEPAE, 1986. 102p.
- PIVETTA, K.F.L.; BARBOSA, J.G.; ARAÚJO, E.F. Propagação de palmeiras e estrelitzia. In: BARBOSA, J.G.; LOPES, L.C. **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa: UFFV, 2007. p.43-70.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- POTVIN, C.; CANSARI, R.; HUTTON, J.; CAISAMO, I.; PACHECO, B. Preparation for propagation: understanding germination of giwa (*Astrocaryum standleyanum*), wagara (*Sabal mauritiiiformis*), and eba (*Socratea exorrhiza*) for future cultivation. **Biodiversity and Conservation**, v.12, p.2161-2171, 2003.
- RODRIGUES, A.M.C.; DARNET, S.; SILVA, L.H.M. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucumã (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Poraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) Fruits. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.21, n.10, p.2000-2004, 2010.
- SANTELLI, P.; CALBO, M.E.R.; CALBO, A.G. Fisiologia pós-colheita de frutos da palmeira *Mauritia vinifera* Mart. (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.23, n.3, p.697-702. 2009.
- SCHROTH, G.; MOTA, M.S.S.; LOPES, R.; FREITAS, A.F. Extrative use, management and in situ domestication of a weedy palm, *Astrocaryum tucuma*, in the central Amazon, **Forest Ecology and Management**, v.202, p.161-179, 2004.

SOUSA, E.P.; SOARES, N.S; CORDEIRO, S.A.; SILVA, M.L. Competitividade da produção de palmito de pupunha no Espírito Santo e em São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.49, n.1, p.157-179, 2011.

TOMLINSON, P.B. Essays on the morphology of palms; germination and seedlings. **Principes**, v.4, n.2, p.56-61, 1960.

YUYAMA, L.K.O.; MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J.P.L.; MARINHO, H.A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.408-412, 2008.

CAPÍTULO I

O DA SEMENTE DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. MEY. - ARECACEAE)

(Artigo elaborado nas normas da Revista Brasileira de Sementes)

MORFOLOGIA E MATURAÇÃO DA SEMENTE DE TUCUMÃ

INDICADORES MORFOLÓGICOS DA MATURAÇÃO DA SEMENTE DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. MEY. - ARECACEAE)¹

MARIA ELIZABETH DE ASSIS ELIAS², MARIA SILVIA DE MENDONÇA³

RESUMO - *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. é uma palmeira monocaule propagada por sementes, sendo portanto, importante o conhecimento do seu ponto de maturação para a colheita no estágio de máxima qualidade fisiológica. O trabalho teve como objetivo identificar na semente de *Astrocaryum aculeatum*, aspectos das substâncias de reservas, da morfoanatomia e dos indicadores morfológicos da maturação. Os dados biométricos foram analisados por análise de regressão e as características quantitativas pela comparação das taxas percentuais em cada idade da semente, a partir de 60 dias até 190 dias após a abertura da espata. Os melhores indicadores morfológicos da maturação foram: a cor amarela ou laranja-escuro do mesocarpo, a preta brilhante do endocarpo, a marrom-claro ou escuro ferrugíneo do tegumento, a consistência pétrea do endocarpo e rígida do endosperma, além do ponto de máximo comprimento, espessura e massa fresca do pireno. Aos 90 dias após abertura da espata foram observados na semente, os primórdios foliares e fenda cotiledonar. A semente de *A. aculeatum* apresentou como substâncias de reserva: proteínas, lipídios e polissacarídeos pécnicos.

Termos para indexação: morfologia, histoquímica, palmeira.

¹ Parte da Tese de doutorado da primeira autora. Financiamento: FAPEAM/UFAM)

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da UFAM (bethelias@ufam.edu.br)

³ Profa. Dra. da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM (msilvia@ufam.edu.br)

MORPHOLOGICAL INDICATORS OF THE MATURATION OF TUCUMÃ SEEDS (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. – Arecaceae)

ABSTRACT - *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. Is a single-stipe a palm tree is propagated by seed palm tree propagated by seeds, and is therefore, important to know your point of the maturity to harvest it at the stage of maximum physiological quality. The study aimed to identify the seeds of *Astrocaryum aculeatum*, aspects of plant reserves, morphoanatomy and morphological indicators of maturation. The biometric data were analyzed by regression analysis and The other quantitative characteristics were evaluated by the comparison of the percentual rates in each age of the seed during the maturation process, from 60 to 190 days after the opening of the spathe. The best indicators of morphological maturation were: The color of the mesocarp yellow or deep orange, of mesocarp, bright black color, of the endocarp, light brown or dark-ferruginous brown color, of the tegument, hard consistence of the endocarp and strict consistence of the endosperm, beyond the point of maximum length, thickness and fresh mass of the pyrene. At 90 days were observed in seed, the presence of foliar primordial, cotyledonary fissure. *A. aculeatum* presented reserve substances: proteins, lipids and pectic polysaccharides.

Index terms: morphology, histochemical, palm tree.

INTRODUÇÃO

A composição florística da Amazônia concentra alta diversidade de espécies da família Arecaceae de importância ecológica, econômica e nutricional. A família Arecaceae é a única incluída na ordem Arecales (APG III, 2009). Constitui importante grupo de plantas, em

razão da diversidade de usos, importância sociocultural e do grande número de espécies nativas (Queiroz e Bianco, 2009).

As palmeiras apresentam quase que, exclusivamente, propagação por sementes, com baixa germinação, considerada lenta, desuniforme e bastante variável entre as espécies, sendo influenciada por vários fatores, dentre esses, o estágio de maturação ideal para a colheita dos frutos (Pivetta et al., 2007).

Nesse contexto, encontra-se a espécie *Astrocaryum aculeatum* G. Mey., conhecida popularmente, como tucumã. A planta (tucumanzeiro) é uma palmeira que apresenta estipe solitário, até 20 m de altura e 30 cm de diâmetro (Henderson e Scariot, 1993).

A. aculeatum é uma palmeira que produz frutos de alto valor nutritivo, com sabor muito apreciado pelas populações locais que usam esse recurso, na forma *in natura* ou como componente, no preparo de sorvetes, cremes, doces e variados *fastfoods* da culinária regional, como o x-caboquinho ou a tapioca recheada com tucumã (Lopes et al., 2009).

Embora seja reconhecido o potencial econômico dessa espécie, a produção é oriunda principalmente da atividade extrativista, sendo a demora na germinação da semente, por até três anos (Koebernik, 1971), um entrave para a expansão de cultivos comerciais. Ferreira et al. (2010) consideram, que apesar dos avanços nos estudos, sobre a germinação da semente de tucumã, o período germinativo, ainda é longo, caracterizando uma demanda por tecnologia que reduza o tempo de germinação.

Conforme Carvalho e Nakagawa (2000), a qualidade fisiológica da semente tem influência no seu desempenho germinativo e a semente apresenta a máxima qualidade fisiológica quando colhida no ponto de maturidade fisiológica. A determinação da época de colheita das sementes de uma espécie pode ser facilitada pela adoção de parâmetros práticos, também chamados, de índices de maturação, que permitem inferir sobre o estágio de

desenvolvimento do fruto e da semente, entre os quais figuram as modificações morfológicas de cada espécie, no fruto e na semente (Piña-rodrigues e Aguiar, 1993).

Popinigis (1977) informa que o processo de maturação e o grau de maturação fisiológica da semente, por ocasião da colheita, afetam a sua qualidade fisiológica e a sua capacidade de desempenhar funções vitais, caracterizadas pela sua germinação, vigor e longevidade. De acordo com o autor, os atributos de qualidade fisiológica (germinação e vigor) são adquiridos durante o desenvolvimento da semente, sendo intensificados, até atingirem um ponto máximo chamado maturidade fisiológica da semente. O ponto de maturidade fisiológica é alcançado quando as sementes atingem o máximo poder germinativo, vigor e acúmulo de matéria seca. Durante esse processo, ocorre o aumento no tamanho do fruto e o decréscimo no teor de água (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Durante a maturação fisiológica, as modificações da morfologia do fruto são visíveis e podem ser vista até a maturidade completa, podendo estar associada ou não à deiscência ou abscisão dos mesmos (Simão et al., 2007). Nesse aspecto, a determinação da época adequada de colheita de cada espécie pode ser facilitada com a adoção dos índices de maturação, que são parâmetros práticos que permitem inferir sobre o estágio de desenvolvimento do fruto e/ou semente. Assim, o conhecimento de indicadores morfológicos do fruto e da semente, durante o processo de maturação fisiológica, torna-se importante para o manejo da semente e a preservação da sua qualidade fisiológica. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivo identificar aspectos das substâncias de reservas, da morfoanatomia do endosperma e do embrião, além de indicadores morfológicos da maturação das sementes de *Astrocaryum aculeatum*.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudo dos indicadores morfológicos da maturação fisiológica no fruto, pireno e sementes

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Botânica Agroflorestal da Universidade Federal do Amazonas (LABAF/UFAM). Os frutos foram procedentes de 30 plantas de uma população espontânea, localizada na Amazônia Central. A área de coleta foi estabelecida no município do Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil, a 88 Km de Manaus, situada entre as coordenadas S 2°38' e W 59°44' e com acesso pela rodovia AM 010 Manaus – Itacoatiara. As avaliações das características morfológicas dos frutos, pirenos e sementes foram feitas com frutos colhidos, a partir de 60 dias após a abertura da espata, sendo os demais colhidos aos 80, 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias, após a abertura da espata, totalizando 10 colheitas. A identificação das reservas foi realizada com sementes de frutos obtidos aos 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias após a abertura da espata. A fim de serem identificadas, as modificações, no decorrer da maturação, procedeu-se a cada coleta, a avaliação do tamanho do fruto, do pireno, além de observações morfológicas, externa e interna.

As dimensões dos frutos e pirenos foram determinadas com auxílio de paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm e a massa dos frutos, pirenos e semente, com balança analítica com precisão de 0,01 g. Em cada colheita foi realizada as determinações biométricas do fruto e pireno em uma amostragem de 100 indivíduos em quatro repetições, de 25 unidades cada. Na biometria do fruto e do pireno o comprimento foi determinado no sentido longitudinal, da base até o ápice, na posição transversal e, paralela a essa medida foram dimensionadas, respectivamente, a largura e a espessura.

Os aspectos morfológicos externo e interno do fruto, do pireno e das sementes, foram descritas sobre uma amostragem de 50 frutos, aleatoriamente, retirados da mesma

amostragem de frutos utilizados para as avaliações biométricas. Para serem determinadas as características morfológicas indicadoras da maturidade das sementes, as observações morfológicas foram visualizadas, a olho nu e/ou com auxílio de lupa binocular e, os registros, por meio de fotografias, obtidas com uso de câmera digital. A caracterização morfológica ocorreu de um até, no máximo, dois dias após a colheita dos frutos. Os procedimentos de observação do endocarpo e da semente foram facilitados com a retirada manual do exocarpo e mesocarpo, além do seccionamento longitudinal do pireno, que foi obtido com auxílio de arco de serra e morsa. No estudo da caracterização morfológica, os seguintes aspectos foram observados: a) **Fruto** – forma, cor do epicarpo e do mesocarpo; b) **Pireno** – forma, cor e consistência do endocarpo e presença de poros germinativos; c) **Semente** – forma, cor do tegumento, consistência, cor e superfície do endosperma, além do evento, visualização do embrião. A determinação da cor dos frutos, pirenos e semente foi feita de acordo com o código de cores da tabela de Kornerup e Wanscher (1961). A consistência do pireno e do endosperma foi caracterizada pelos critérios descritos a seguir. Pireno - flexível quando pressionado entre os dedos (+), rígido, mas facilmente quebrável, com auxílio de martelo (++), resistente a quebra com martelo (+++), consistência pétrea, (sementes frescas) quebrável com auxílio de morsa e arco de serra (++++)). Após desidratação, os pirenos com essa consistência podem ser quebrados com auxílio de martelo ou morsa. Endosperma – líquido (+), gelatinoso (++), sólido sem rigidez (+++), sólido com rigidez flexível, quando pressionado entre os dedos (++++)), sólido com rigidez não flexível, quando pressionados entre os dedos (++++++).

Análises morfoanatômicas e das substâncias de reservas das sementes

A fim de serem verificados outros aspectos do desenvolvimento da semente, foram feitas observações anatômicas no endosperma e no embrião, além da avaliação qualitativa e

quantitativa das reservas (proteína, lipídios e carboidratos). Em cada avaliação morfológica foi caracterizado o estágio de amadurecimento, tendo como referência, a data da abertura da espata e os estádios do endosperma nas consistências líquida, gelatinosa, sólida flexível e sólida rija.

Nos estudos morfoanatômicos da semente de tucumã, o material botânico utilizado constou de endosperma e embrião procedente de uma amostragem de 10 sementes, com idades entre 80 a 190 dias de maturação, após abertura da espata. Os cortes histológicos foram obtidos a partir de material vegetal fresco fixado em FAA₅₀ (Johansen, 1940) por 24 horas e, posteriormente, mantido em etanol 70% para garantir a conservação das amostras (Patiño, 1986). O material incluído em historesina foi, previamente, desidratado em série etílica e butílica, em concentração crescente. Após a polimerização, estes foram seccionados em séries transversais e longitudinais, em micrótomo rotativo. A série de cortes histológicos destinada para confecção de lâminas permanentes ficou imersa por sete minutos em azul de toluidina para serem coradas, O' Brien et al., 1964, posteriormente, foi montada em resina sintética Permout. Na preparação de lâminas semipermanentes os cortes histológicos foram montados em água glicerizada.

Nos demais cortes histológicos foram analisadas as substâncias ergásticas, por meio dos testes histoquímicos de acordo com Johansen (1940) com Xylidine Ponceau, para identificar proteínas; Lugol para amido; Vermelho de Rutênio para pectina; Cloreto de Ferro III para fenóis e Sudan IV para lipídios. Acetato de cobre e Ácido Rubeânico para detecção de ácidos graxos (Ganter e Jollés, 1969); Reagente de Dittmar e Reagente de Wagner para alcalóides (Furr e Mahlberg, 1981); Vanilina Clorídrica para taninos (Mace e Howell, 1974). As fotomicrografias referentes aos aspectos anatômicos da semente foram obtidas com câmara digital Canon Power Shot A6 50 IS, acoplada ao microscópio Zeis Primo Star.

A análise quantitativa para determinação dos teores de reservas (proteína, lipídios e carboidratos) nas sementes foi feita sobre amostra de 15 sementes, nas idades de 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias após abertura da espata. As determinações foram com sementes, previamente, fragmentadas, moídas e submetidas a oito horas de congelamento, antes de serem desidratadas por 30 horas em liofilizador. As análises seguiram os procedimentos recomendados pela AOAC (1984) e Instituto Adolfo Lutz (1985).

Os dados quantitativos da morfologia do pireno e da semente, além dos teores das substâncias ergásticas, foram analisados utilizando estatística descritiva, sendo os dados expressos em porcentagens. Nas análises estatísticas das variáveis biométricas do fruto e do pireno foi utilizada análise de regressão e ajustes de curvas, em função da idade de maturação fisiológica, com auxílio d *software* Table curve (Jandel, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fruto de *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. é séssil, com perianto persistente, do tipo drupa e monospermico. A forma varia de oval, obovada a obcônica, com ápice arredondado, apiculado e base cuneada, sendo a maior frequência da forma obovada (Figura 1 a-d). A determinação da tipologia do fruto de *A. aculeatum* foi baseada no conceito descrito por Spjut (1994), onde o autor define como drupa, o fruto com pericarpo carnoso, exceto o endocarpo, apresentando um ou mais pirenos, contendo em seu interior uma ou mais sementes.

Na família Arecaceae os frutos são do tipo drupa ou raramente baga, geralmente com uma única semente, raramente deiscente (Souza e Lorenzi, 2008). Conforme Miranda et al. (2001), os frutos apresentam variedade de cor, tamanho, forma e, em geral, apresentam três camadas: exocarpo, mesocarpo e endocarpo. O exocarpo é delgado, firme, de superfície lisa, glabra, brilhante e adnado ao mesocarpo. O mesocarpo constitui polpa espessa de consistência carnosa e fibrosa.

O endocarpo é ósseo, apresenta fissuras longitudinais depressas em toda a superfície externa, formando ornamentos irregulares. Essa estrutura que envolve a semente e o conjunto, endocarpo + semente, formando o pireno não septado, chamado também de caroço, que contém, no seu interior, uma ou, raramente, duas sementes geminadas, adnadas à parede do endocarpo. O formato do pireno varia de globoso, obovado a obcônico, sendo, facilmente visualizados, três poros germinativos em uma das extremidades, após a retirada do mesocarpo, dispostos de forma triangular, em região subapical (Figura 1 e, g, h). A presença dos poros germinativos foi observada em outras espécies da família Arecaceae. Aguiar e Mendonça (2003) observaram em semente de *Euterpe precatoria* e Moura et al. (2010), no endocarpo de *Butia capitata*, no entanto, os autores informam a funcionalidade de apenas um dos poros germinativos. Pivetta et al. (2007), relatam que nas espécies da subfamília Cocoidea, como *Acrocomia aculeata*, *Allagoptera arenaria*, *Astrocaryum vulgare*, *Cocos nucifera* e *Syagrus romanzoffiana*, apresentam três poros germinativos, sendo dois de consistência dura e um de consistência mole. Aspecto morfológico que pode estar relacionado à estratégia de germinação de algumas espécies da família Arecaceae.

Durante o processo de maturação, o fruto apresentou mudanças na cor do epicarpo, sendo, no entanto, mais evidente no mesocarpo e endocarpo. Nas diferentes idades avaliadas foram percebidas mudanças na espessura do epicarpo e do endocarpo, além de modificações na consistência do endocarpo e do endosperma. Aos 60 dias, após a abertura da espata, o epicarpo apresentou superfície lisa, monocrômico, predominantemente, de cor verde escuro e espessura extremamente delgada (Figura 2 a-c). O mesocarpo carnoso apresentou coloração de branca a branca amarelada, com polpa delgada (Figura 2 d-e, g-h). O pireno apresentou endocarpo de consistência cartilaginosa e superfície fissurada longitudinalmente, preenchida pelas fibras do mesocarpo, externamente marrom claro (Figura 2 f, i-k, m) e, internamente amarelo-esverdeado (Figura 2 l).

O endosperma foi predominantemente líquido, preenchendo toda a cavidade do pireno (Figura 2 n). Essas características morfológicas podem indicar que a formação das estruturas internas (endocarpo e semente) ocorre posteriormente à das primeiras camadas do fruto (exocarpo e mesocarpo), que têm a função de envolver e proteger a semente. Essa sequência, no desenvolvimento, foi relatada por Marcos Filho (2005), que informa a ocorrência da formação de estruturas para deposição de reservas, nas fases iniciais do desenvolvimento da semente.

Aos 90 dias, a cor do epicarpo variou de verde escuro a verde-claro (Figura 3 a-c). O mesocarpo, fibroso-carnoso, apresentou coloração branca, amarela esverdeada, amarela alaranjada e leve alteração no aumento da espessura (Figura 3 d-f). O pireno apresentou endocarpo de consistência cartácea e coloração marrom claro a preta (Figura 3 g-h, k-l), três poros germinativos definidos situados, perifericamente, na parede externa do endocarpo. O endosperma era gelatinoso e semi-sólido, de coloração branca hialina (Figura 3 g-h, k-l), sendo possível visualizar a olho nu o embrião diminuto (Figura 3 i). Em estudo com *Astrocaryum acaule*, Araújo (2005) relata que cada poro corresponde à origem de um óvulo e observou, para essa espécie, a presença do embrião, a partir do estágio em que o endosperma apresentou consistência gelatinosa, a semelhança de *A. aculeatum*.

Aos 120 dias, variações de cor entre o verde escuro ao verde claro, persistem no epicarpo do fruto (Figura 4 a-d), mas o do mesocarpo muda, predominantemente, para a cor amarelo-esverdeada e ocorre leve aumento da espessura (Figura 4 f, m-p). O pireno apresentou endocarpo crasso de cor preta brilhante, sendo menos frequente a cor marrom claro (Figura 4 i-l). Internamente, o endosperma tornou-se mais espesso e volumoso, de consistência sólida, carnosa, modificou a coloração para branco leitoso e apresentou invaginações formando excrescências que torna irregular a sua superfície (Figura 4 h).

Nessa fase, as modificações mais evidentes ocorreram na consistência, tanto do endocarpo, quanto do endosperma, que se tornam com maior frequência, mais rígidos. Nessa idade, foi verificado pirenos de cor preta e marrom claro, monocromático e bicolor, com transição de cores na superfície externa, variando de marrom claro para marrom escuro (Figura 4 k-l), indicando as mudanças na maturação. A irregularidade na maturação, de acordo com Marcos Filho (2005), em parte, é devido à polinização e a ocorrência da fecundação em tempos diferentes. Vale ressaltar que o endosperma da semente, nessa idade, é volumoso e preenche praticamente toda a cavidade do pireno (Figura 4 h).

Aos 135 dias após a abertura da espata, o epicarpo não apresentou alteração na cor (Figura 5 a-b, f) e o mesocarpo tornou-se, gradativamente, amarelo-alaranjado, com leve aumento da espessura (Figura 5 c-e, g-h). O pireno mostrou o endocarpo com predominância da cor preta e o mesocarpo amarelo-esverdeado ou amarelo-claro, apesar do epicarpo, ainda ter permanecido com a cor verde (Figura 5 b, f). Nessa idade, foi verificado que o endocarpo apresenta cor preta e com manchas pontuais marrom, em tonalidade clara e escura (Figura 5 i-k). Essa característica pode indicar que o processo de maturação, ainda, é incompleto.

Aos 150 dias, o epicarpo apresentou cor verde-escuro (Figura 6 d-f), mas tornou-se, gradativamente, verde-amarelado (Figura 6 a-c). A cor do mesocarpo foi predominantemente amarelo-escuro opaco (Figura 6 e-f) e, a do endocarpo, marrom escuro (Figura 6 h). Entretanto, a cor preta brilhante, na superfície externa e na borda, ocorreu com maior frequência (Figura 6 f-g). A semente apresentou forma globular, tegumento delgado, de cor marrom, em tonalidade escura ferrugínea, adnada à parede do endocarpo e aderido ao endosperma. Apresenta ornamentos em forma de estrias emaranhadas (Figura 6 i). O embrião é basal e está inserido no endosperma em região depressa e em relação ao fruto, oposta ao perianto (Figura 6 i).

O endosperma, nesta fase, ficou mais espesso, a consistência carnososa torna-se mais rígida e as protuberâncias tornam-se mais elevadas e definidas, constituindo aspecto irregular na superfície do endosperma (Figura 6 g). Essa característica torna-se mais evidente com o aumento da idade de maturação. Portanto, essa característica pode estar associada ao aumento da superfície interna e à deposição de reservas na semente durante a maturação.

Aos 160 dias após abertura da espata, o epicarpo apresentou predominância da cor verde-claro (Figura 7 a-b). Nessa idade foi observado o mesocarpo espesso, carnosos, com a cor amarelo brilhante, variando nas tonalidades de claro a escuro (Figura 7 b-c). O pireno apresentou, como característica o endocarpo rígido de consistência pétrea, fibroso e coloração uniformemente preta em toda superfície (Figura 7 d). A semente apresentou volume que preencheu toda a cavidade do pireno; o endosperma é volumoso, de cor branca-leitosa, com cavidade umedecida e consistência pétrea. As invaginações e protuberâncias persistem definidas, sem, entretanto, preencher a cavidade da semente que permanece umedecida após a mudança para consistência sólida (Figura 7 e-f).

Aos 170 dias, o epicarpo permaneceu com a coloração verde claro, como na idade anterior (160 dias) (Figura 8 a). O mesocarpo apresentou cor variando de amarelo-escuro a alaranjado (Figura 8 b, d-e). O endocarpo apresentou coloração preta, no entanto, foi verificada, em alguns frutos, a variação da cor bege ao marrom-claro (Figura 8 c, f-h), o que demonstra, nessa idade, evidência de maturação irregular. Nessa idade de maturação foi observado o início da dispersão, caracterizada pelo desprendimento espontâneo dos frutos da infrutescência na planta-mãe.

O exocarpo, aos 180 dias, permaneceu com a coloração verde, variando a tonalidade de clara a escura (Figura 9 a-c) e, o mesocarpo cor laranja escuro (Figura 9 d). O endocarpo permaneceu de cor preta (Figura 9 e). A semente apresenta endosperma volumoso que preenche a cavidade do pireno e apresenta densa espessura, entretanto, na parte interna,

permanece uma cavidade circundada pelo endosperma (Figura 9 f). Lorenzi et al. (2004) descreve o fruto do tucumã com a cor amarelo-alaranjado. Entretanto, foi verificado que no final da maturação ocorrem plantas com frutos, cuja cor do exocarpo persiste verde e, outras, mudam para amarelo ou amarelo-alaranjado. Esse comportamento mostrou que essa característica pode diferir entre frutos provenientes de diferentes progênies. Assim, foi observado que no estágio de dispersão ocorreram frutos que apresentaram epicarpo verde e amarelo, mas mesocarpo amarelo ou laranja-escuro, com endocarpo de cor preta brilhante.

Aos 190 dias, período que caracterizou o final da dispersão dos frutos, o exocarpo apresentou cores distintas, destacando o verde claro e o amarelo (Figura 10 a-f). Também foram verificados frutos com exocarpo liso e fissurado, exibindo estrias longitudinais. As fissuras longitudinais partem da base do fruto (Figura 10 f), o que confere um aspecto de identificação que a população local chama de rajado ou rajadinho. O mesocarpo apresentou coloração amarela ou laranja, variando a tonalidade de clara a escura (Figura 10 g-k). O endosperma apresentou-se crasso, densamente espesso, volumoso e branco leitoso (Figura 10 m-n).

Pivetta et al. (2007), consideram a mudança de coloração no fruto e o desprendimento da infrutescência, indicadores da maturação do fruto, estágio de maturação que recomendam para a colheita das sementes de palmeiras. No fruto de tucumã, foi verificado que no decorrer da maturação do fruto, a mudança de cor do mesocarpo e do endocarpo foi mais evidente do que a do epicarpo. Dessa forma, foi verificado que a cor do epicarpo não foi um bom indicador da maturação do fruto e/ou da semente. No entanto, a cor amarela e laranja-escuro do mesocarpo, a preta brilhante do endocarpo e a marrom ferrugínea da semente, foram características que melhor indicaram as mudanças morfológicas no processo de maturação. Tendo em vista, que as modificações ocorreram com ponto

coincidente do maior número de sementes, com endosperma rígido, aos 135 dias e o início da dispersão dos frutos, aos 170 dias.

A cor do epicarpo, para algumas espécies, é indicador de maturidade fisiológica, mas, para outras, isso não ocorre. Os frutos de *Mauritia vinifera* apresentam cor marrom-claro quando o fruto atinge o desenvolvimento máximo e estão maduros (Santelli et al., 2009). Os frutos de *Phoenix canariensis* apresentaram maior porcentagem de germinação quando colhidos maduros de cor marrom e submetidos à temperatura alternada de 20° C - 30° C (Pimenta et al., 2010). Em outro estudo com *Phoenix roebelenii*, Iossi et al. (2007) verificaram que a cor do epicarpo não foi um bom indicador de maturidade fisiológica da semente. Assim, verifica-se que os indicadores morfológicos de maturação fisiológica da semente podem variar entre as espécies. No caso do tucumã, na mesma população, foram encontrados em diferentes tucumanzeiros, frutos que no estágio de dispersão apresentaram coloração (completamente verde, amarelo-esverdeado e completamente amarelo) e o epicarpo com textura (lisa ou com estrias, na forma de estreitas fendas ou rachaduras longitudinais). Entretanto, o mesocarpo teve menos variações na cor, sendo mais frequente a coloração amarelo ou laranja. Da mesma forma, a cor do endocarpo, preta brilhante, foi predominante até o final da dispersão.

Nas características morfológicas do pireno (Tabela 1) foi observada, quantitativamente, a evidência da maturação nos aspectos da condição do pireno e da presença dos poros germinativos, que é indicativo externo da presença do embrião, tendo em vista, que em um dos poros germinativos corresponde a posição do embrião fértil. Nesse sentido, foi verificado que aos 60 dias, 44 % dos pirenos apresentaram endocarpo flexível, 40 % semiflexível, somente 16 % duros e nenhum apresentou rigidez. Nessa idade não foi observado a presença dos poros germinativos. Aos 80 dias, após a abertura da espata, apenas 4% apresentaram endocarpo flexível e 90 % apresentaram endocarpo duro com poros

germinativos, em 100 % dos pirenos. Aos 90 dias, 50 % apresentaram rigidez no endocarpo, aumentando para 100 %, aos 120 dias após a abertura da espata.

Durante a maturação foi verificado mudanças morfológicas e estruturais da semente, tais como: modificações na consistência do endosperma e a presença do embrião, com tamanho de visualização a olho nu (Tabela 2). Aos 60 dias, as sementes apresentaram 100 % de endosperma líquido e sem a presença do embrião de forma visível a olho nu. Aos 80 dias, em 34 % das sementes, o endosperma estava gelatinoso e 44 % apresentavam embrião. Aos 90 dias, 12 % das sementes apresentaram endosperma líquido, 6 % gelatinoso, 34 % flexível, 40 % semi-flexível e apenas 8 % a condição de rigidez. Nessa idade, em 72 % das sementes foi verificada a presença do embrião.

Aos 120 dias, 96% das sementes apresentaram endosperma sólido e destas, 52% já estavam na condição rígida. Outro aspecto relevante foi à constatação da presença do embrião em 96 % das sementes. Aos 135 dias, foi verificado em 100 % das sementes, o endosperma rígido e a presença do embrião. Em relação à estrutura das sementes de palmeira, é relatado que estas contêm um pequeno embrião e uma grande quantidade de endosperma (Orozco-Segovia et al., 2003). Essas características estão em acordo com as que foram visualizadas para a semente de tucumã.

A consistência das estruturas dos frutos e das sementes tem influência no processo germinativo da semente. O endocarpo protege a semente da exposição a danos físicos e perdas rápidas da umidade. Entretanto, Ferreira e Gentil (2006) apontam a causa da dormência dessa espécie, em parte a essa estrutura, que dificulta a entrada da água. No beneficiamento de tucumã é importante a extração das sementes, fisicamente, sem danos mecânicos, tendo em vista que ferimentos facilitam a proliferação de fungos e o apodrecimento das sementes. Assim sendo, a extração da semente, a partir de 135 dias, possibilitará maior aproveitamento

de sementes fisicamente íntegras para a germinação, pela evidência, de que nessa idade ocorreu maior porcentagem destas com endosperma rígido.

O embrião das sementes, com idade de 90 dias após a abertura da espata, apresentou forma cônica indiviso, com duas regiões distintas, separadas por uma constrição: a região proximal larga e a distal mais delgada (Figura 11 a). As distintas regiões do embrião foram observadas em outras espécies de Arecaceae, sendo descrito por Aguiar e Mendonça (2003) em estudo de morfoanatomia de sementes de *Euterpe precatoria* e Oliveira et al. (2010) em sementes de *Oenocarpus minor*.

Na região proximal do embrião está localizado o eixo embrionário, que aos 90 dias, apresentou o polo plumular com diferenciação dos primórdios foliares (Figura 11 b). Em outros estudos com espécies da família Arecaceae, Aguiar e Mendonça (2003) se reportam a presença do eixo embrionário, feixes vasculares e fenda cotiledonar, em frutos maduros de *Euterpe precatoria*. Em estudos anatômicos do embrião de *Oenocarpus minor*, Oliveira et al. (2010) observou a presença de feixes procambiais na região do cotilédone, constatação feita em embrião do tucumã.

A plúmula está localizada em posição lateral, sendo em secção longitudinal posicionada em plano oblíquo ao eixo longitudinal da região proximal do embrião (Figura 11 b, i, j) e perpendicular aos 180 dias após a abertura da espata (Figura 11 k). Em corte transversal foi verificado que o eixo embrionário é formado por um o polo radicular e o outro plumular (11 d), com a diferenciação de dois primórdios foliares, com a forma aguda dos vértices voltados para a cavidade da fenda cotiledonar (Figuras 11 e, h). Em torno da plúmula, há uma cavidade com forma côncava que, por sua vez, é contornada por tecido da epiderme cotiledonar. Em torno do vértice da plúmula, há uma fissura ou fenda cotiledonar e, próxima a essa região, foi verificada a presença de feixes vasculares (Figura 11 g).

Em cortes longitudinais do endosperma, foi observado que as células do endosperma, apresentaram tamanho e forma irregulares, com predominância da forma retangular (11 l, m). Aos 80 dias, as células não apresentaram a parede celular tão definida (Figura 11 l), como foi verificado nas células das sementes com idade de 135 dias (Figura 11 m). Esse comportamento, durante o desenvolvimento da semente, foi relatado por Marcos Filho (2005) quando comenta ser necessário que substâncias de reserva simplificadas sejam reorganizadas em substâncias mais complexas para a formação da parede celular. Em corte transversal foi verificado, também, a diferenciação e a forma aguda dos vértices voltada para a cavidade da fenda cotiledonar (Figuras 11 d, e, h).

A análise qualitativa das reservas (Tabela 3) confirmou nos testes histoquímicos com Xilidine Ponceau, a presença de proteína no tegumento, no endosperma e no embrião (Figura 12 a, c). As proteínas, componentes básicos de toda célula viva, são polímeros de aminoácidos, sintetizados biologicamente na célula e funcionam como enzimas, componentes estruturais e materiais de reserva (Carvalho e Nakagawa, 2000).

O teste com Sudan IV foi positivo para lipídios totais no endosperma nuclear de sementes com 80 dias (Figura 12 d), sem parede celular definida, e 135 dias (Figura 12 e), no endosperma celular, com parede celular definida. Foi verificado que nessa idade o endosperma já apresentava consistência rígida. Além do endosperma, esse teste confirmou a presença de lipídios no embrião (Figura 12 f). No grupo dos lipídios foi verificada a presença de ácidos graxos, tanto no endosperma, quanto no embrião (Figura 12 i, j). Barbosa et al. (2009) consideram o tucumã uma espécie oleaginosa com alto potencial de óleo e informa que, predominantemente, essa espécie apresenta ácidos graxos saturados na amêndoa, tecido de reserva da semente. Nessa constatação, deve ser considerado que os ácidos graxos saturados armazenam mais energia, no entanto, os ácidos graxos insaturados têm ponto de fusão menor, portanto, com capacidade de germinar e crescer mais rapidamente (Linder,

2000). Esse aspecto indica que as substâncias de reserva, além de fornecerem energia, participam dos mecanismos fisiológicos de controle do processo germinativo quanto a sua celeridade ou lentidão. No caso do tucumã, é relevante considerar que a espécie apresenta predominância de ácidos graxos saturados e lentidão na germinação.

Conforme Buckeridge et al. (2004), os lipídios são armazenados em organelas específicas chamadas de corpos lipídicos, na forma de triglicerídeos, nos quais três ácidos graxos estão ligados a um glicerol, embora a composição de ácidos graxos varie de espécie para espécie. Os carboidratos, na semente, foram positivos nos testes com vermelho de rutênio, indicando a presença de polissacarídeos pécnicos no endosperma e no embrião (Figura 12 g, h).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com longas cadeias de hidrocarbonetos que são estocados na célula, na forma de molécula de triglicerídios e consiste em três cadeias de ácidos graxos, unidas a uma molécula de glicerol. Essas moléculas são armazenadas como reserva energética e participam na construção das membranas celulares, na forma de fosfolipídios (Castro et al., 2004).

O teste com lugol indicou ausência de amido na semente, entretanto, no estágio de surgimento da raiz primária da plântula, revelou a presença de amido no haustório e na plântula (Figura 12 q, r), no estágio inicial do desenvolvimento plantular. Essa evidência mostra que, possivelmente, no haustório, ocorra paralela à sucção, a síntese de substâncias de reserva, tendo em vista que nas mesmas sementes testadas, não foi verificado a presença de amido em outras estruturas da semente. Os polissacarídeos de parede são compostos derivados de carboidratos que atuam como reserva (Buckeridge et al., 2004). Na análise qualitativa de reservas os compostos derivados de carboidratos encontrados foram os polissacarídeos pécnicos. As pectinas são polissacarídeos complexos que estão associadas aos polissacarídeos estruturais e contribuem para a adesão entre as células e para a resistência

mecânica da parede celular (Santos et al., 2010). No estudo com outra espécie de Arecaceae, *Acrocomia aculeata*, Moura et al. (2010) verificaram resultados similares aos observados em sementes de tucumã como alta quantidade de corpos lipídicos e protéicos no embrião e presença de pectina na parede celular do endosperma. Essas evidências mostram que algumas espécies de Arecaceae apresentam três tipos de reservas energéticas importantes no processo germinativo (proteínas, lipídios e carboidratos).

No metabolismo fisiológico das sementes, a síntese e a degradação dos compostos orgânicos ocorre, simultaneamente, originando moléculas que são precursoras na síntese de metabólitos secundários. Assim, foi verificado que na semente de tucumã os testes com Fe III foram positivos para fenóis totais presentes no endosperma e no embrião (Figura 12 n, o), e o tanino, no tegumento foi evidenciado pelo teste com Vanilina Clorídrica (Figura 12 p). Os testes com Reagente de Wagner e Reagente de Dittmar indicaram a presença de alcalóides no endosperma e no embrião da semente de tucumã (Figura 12 k-m).

As substâncias secundárias apresentam rotas metabólicas interconectadas com as rotas que sintetizam metabólitos primários, fornecendo moléculas, as quais são utilizadas como precursoras nas principais rotas de síntese de metabólitos secundários. Os metabólitos secundários atuam na defesa contra herbívoros, patógenos e possuem, também, ação alelopática (Fumagali et al., 2008).

Os compostos fenólicos são substâncias secundárias importantes no metabolismo vegetal. A ação desses compostos está ligada a dormência das sementes e como inibidor de reações ligadas ao processo de germinação (Tokuhisa et al., 2007). Os autores reportam as causas da interferência desses compostos, na regulação da liberação da auxina ou na limitação do suprimento de oxigênio para o embrião, causando a dormência.

Nos dados da composição centesimal, foi verificado, que aos 90 dias após abertura da espata, as sementes apresentaram teor de água de 75,0 %, posteriormente declinando para

31,3 % aos 190 dias (Tabela 4). Os maiores valores dos teores de fibra ocorreram nas sementes com idade de 90 dias, que apresentaram 2,48 % e, nas com idade de 120 dias que alcançaram teor de 2,41 %. A partir de 135 dias, o declínio foi gradativo, atingindo teores que variaram de 1,90 % a 1,86 %. Em geral o teor de fibra representa o que foi investido em celulose, portanto, esse desempenho pode estar associado ao investimento da planta-mãe, principalmente na parede celular, tendo em vista, que na amostra de 50 sementes aos 135 dias, 100 % das sementes apresentaram endosperma rígido.

As cinzas, que representam o teor de minerais nas sementes, variou entre o valor mínimo de 0,85 %, aos 90 dias, e o valor máximo de 1,23 %, aos 135 dias após abertura da espata. O teor de cinzas representa os minerais que são investidos na síntese de reservas e formação das estruturas. Assim sendo, essa ocorrência de variação, na maioria das idades, pode ser explicado pela necessidade da deposição de reservas e formação de estruturas durante o desenvolvimento da semente. Buckeridge et al. (2004) informam que as plântulas precisam de macro e micronutrientes, portanto, as sementes devem carregar reservas para o uso no início do desenvolvimento. Conforme esses autores há um importante composto de reserva, chamado fitina (mio-inositol hexafosfato) que incrusta os corpos protéicos das sementes e servem para armazenar íons de fósforo, cálcio e magnésio, dentre outros.

O valor do teor mínimo de proteína foi 1,67 %, obtido das sementes com idade de 90 dias e do teor máximo 4,48 %, obtido das com idade de 170 dias após abertura da espata. Os carboidratos apresentaram aumento gradual, a partir do teor mínimo de 13,64 %, obtido das sementes com idade de 90 dias, até um teor máximo de 39,42 %, nas sementes com idade de 170 dias após a abertura da espata. De forma similar, os lipídios apresentaram aumentos acentuados a partir de 7,58 %, obtidos das sementes aos 90 dias e atingiram o valor máximo 25,87 %, nas sementes com idade de 180 dias após abertura da espata. Os resultados

quantitativos das reservas, mostraram que a semente de tucumã apresentou maior acúmulo de reservas de carboidratos e lipídios do que de proteínas.

É importante ressaltar que os teores de carboidrato apresentaram menor variação, entre as idades, do que, os lipídios. Esse comportamento pode ser atribuído em função das reservas de carboidratos estarem armazenados em estruturas, principalmente na formação da parede celular, que notadamente, fica sólida e rígida com o aumento da idade de maturação da semente. Outra evidência é a presença de polissacarídeos pécticos na parede do endosperma.

A variação dos teores dos lipídios pode estar associada ao metabolismo de síntese e degradação dos compostos. Sendo esta uma das reservas com maior teor, é possível que a semente utilize essa reserva para produção de energia e formação de moléculas precursoras de outros compostos no seu metabolismo. Os resultados da quantificação das substâncias ergásticas estão de acordo com Buckeridge et al. (2004) que reportam proteína, carboidrato e lipídios como as substâncias que as sementes armazenam em maiores quantidades. Esses autores consideram que, no geral, os compostos acumulados nas sementes podem servir como fonte de energia para manter os processos metabólicos e como fonte de matéria para a construção de tecidos vegetais que irão constituir a plântula.

As medidas biométricas dos frutos (Figuras 13 - 14) e dos pirenos (Figuras 15 - 16), em sua maioria, apresentaram alto coeficiente de determinação com a idade de maturação fisiológica. Aos 60 dias após abertura da espata, o comprimento do fruto apresentou valor com ponto mínimo de 42,68 mm e, aos 190 dias, o valor com ponto máximo de 46,34 mm. Da mesma forma, o fruto teve aos 60 dias, a largura mínima 37,18 mm e a largura máxima 41,73 mm, aos 190 dias. Aos 60 dias após a abertura da espata, foi verificado o valor mínimo da espessura 36,71 mm e, aos 190 dias, o valor máximo 41,61 mm. A massa fresca dos frutos apresentou o ponto com valor mínimo aos 60 dias com 31,63 g e, o com valor máximo, aos 184,17 dias com 45,40 g.

Os dados de biometria dos pirenos mostraram que, aos 60 dias, o comprimento teve ponto com o valor mínimo de 32,41 mm e de valor máximo de 35,41 mm, aos 164,24 dias, após abertura da espata. Aos 60 dias, foi observado o ponto com valor mínimo da largura 31,74 mm, e aos 190 dias, o com valor máximo 35,22 mm. De modo similar, aos 60 dias após abertura da espata, a espessura do pireno alcançou o menor valor 30,71 mm, aumentando para 34,55 mm, aos 190 dias, quando alcançou o máximo valor nessa medida biométrica. Aos 60 dias, a massa fresca apresentou ponto mínimo, com valor de 18,36 g e, aos 169 dias, após abertura da espata, foi verificado o ponto máximo de massa fresca com valor de 26,56 g.

Nesse desempenho é importante ressaltar aspectos relevantes das medidas biométricas, que com exceção da massa fresca do fruto, comprimento e massa fresca do pireno, as demais medidas apresentaram o valor máximo, aos 190 dias após abertura da espata. Entre 120 dias a 150 dias os dados evidenciaram menores incrementos das variáveis biométricas, entre as idades, o que sugere tendência de estabilidade no tamanho do fruto e do pireno. Conforme Marcos Filho (2005), após a maturidade fisiológica, a semente deixa de receber assimilados da planta-mãe. Adicionado a esse fato, o resultado mostra relação com o desenvolvimento da semente, tendo em vista que aos 150 dias as sementes apresentaram endosperma rígido e o tegumento é de cor marrom ferrugínea, características que persistiram até o final da dispersão dos frutos. Assim sendo, as variáveis biométricas que atingiram o ponto de máxima, próximo aos 150 dias, foi o comprimento, a espessura e a massa fresca do pireno. Sendo, portanto, essas medidas consideradas indicadoras da maturação fisiológica da semente de tucumã. Comparativamente, o pireno mostrou mais variáveis morfológicas indicadoras da maturação da semente. Esse fato pode ser atribuído a sua estrutura, tendo em vista que o mesmo é formado pelo complexo endocarpo + semente.

A maioria das variáveis referentes ao tamanho do fruto apresentou maiores aumentos no início da maturação. Esse comportamento pode estar relacionado a previa formação das

estruturas que irão abrigar e proteger a semente. Em *A. aculeatum* quando a semente apresenta o endosperma sólido, as estruturas do pericarpo já estão formadas. Portanto, é possível que o rápido crescimento do fruto nas idades iniciais seja maior, do que próximo ao final da maturação, quando a planta, possivelmente, invista em maior quantidade de reservas na semente.

CONCLUSÃO

A cor do exocarpo não foi bom indicador de maturação da semente, sendo considerado como melhores indicadores morfológicos: a cor do mesocarpo amarela ou laranja escuro, a cor do endocarpo preto brilhante, a cor do tegumento marrom claro ou escuro ferrugíneo, a consistência pétrea do endocarpo e rígida do endosperma, além do ponto de máximo comprimento, espessura e massa fresca do pireno.

A semente de tucumã apresentou como substâncias de reservas proteínas, lipídios e carboidratos na forma de polissacarídeos pécnicos. A partir de 90 dias após a abertura da espata, o embrião apresentou diferenciação dos primórdios foliares.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão da bolsa e a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pela oportunidade de realizar esse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, M.O.; MENDONÇA, M.S. Morfoanatomia da semente de *Euterpe precatória* Mart. (Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.37-42, 2003.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**. 14.th.ed. Washington: AOAC, 1984.1141p.

APG III. Na update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.161, p.105-121, 2009.

ARAÚJO, M.G. **Morfo-anatomia e desenvolvimento dos frutos e sementes de três espécies da subfamília Arecoideae (Arecaceae)**. 2005. 190f. Tese (Doutorado em Botânica) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

BARBOSA, B.S.; KOOLEN, H.H.F.; BARRETO, A.C.; SILVA, J.D.; FIGLIUOLO, R.; NUNOMURA, S.M. Aproveitamento do óleo das amêndoas de tucumã do Amazonas na produção de biodiesel. **Acta Amazonica**, Manaus, v.39, n.2, p.371-376, 2009.

BUCKERIDGE, M.S.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S.; AIDAR, M.P.M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A.G; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.163-185.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J; HILHORST, H.W.M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed Editora S.A., 2004. p.51-67.

FERREIRA, S.A.N.; CASTRO, A.F.; GENTIL, D.F.O. Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento das sementes e da condição de semeadura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1189-1195, 2010.

FERREIRA, S.A.N.; GENTIL, D.F.O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, v.36, n.2, p.141-146, 2006.

FUMAGALI, E.; GONÇALVES, R.A.C.; MACHADO, M.F.P.S; VIDOTI, G.J.; OLIVEIRA, A.J.B. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: o exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.4, p.627-641, 2008.

FURR, M.; MAHLBERG, P.G. Histochemical analyses of laticifers and glandular trichomes in *Cannabis sativa*. **Journal of Natural Products**, v. 44, p.153-159. 1981.

GANTER, P.; JOLLÉS, G. **Histochmie normale et pathologique**. Paris: Gauthier-Villars, 1969. 1904p.

HENDERSON, A.; SCARIOT, A. A flora da Reserva Ducke, I: Palmae (Arecaceae). **Acta Amazonica**, v.23, n.4, p.349-369, 1993.

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

JANDEL SCIENTIFIC. **Table curve**: Curve fitting software. Corte Madera, 280p. 1991.

JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940. 523 p.

KOEBERNIK, J. Germination of palm seed. **Principes**, v.15, n.4, p.134-137, 1971.

KORNERUP, A.; WANSCHER, J.H. **Taschenlexikon der Farben**. Muster-Schmidt Verlag-Zürich-Göttingen, 1961. 242p.

LINDER, C.R. Adaptive evolution of seed in plants: accounting for the biogeographic distribution of saturated and unsaturated fatty acid in seed oils. **The American Naturalist**, v.156, n.4, p.442-458, 2000.

LOPES, M.T.G.; MACÊDO, J.L.V.; LOPES, R.; LEEUWEN, J.V.; RAMOS, S.L.F.; BERNARDES, L.G. Domesticação e melhoramento do Tucumã-do-Amazonas. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R. **Domesticação e melhoramento - espécies Amazônicas**. Viçosa-MG, 2009. 486p.

- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; COSTA, J.T.M.; CERQUEIRA, L.S.C.; BEHR, N. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa - SP: Ed. Plantarum, 2004. 432p.
- MACE, M.E.; HOWELL, C.R. Histochemistry and identification of condensed tannin precursor in roots of cotton seedlings. **Phytopathology**, v.64, p.1297-1302, 1974.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A.; BUENO, C.R.; BARBOSA, E.M.; RIBEIRO, M.N.S. **Frutos de palmeiras da Amazônia**. Manaus: MCT, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2001. 120p.
- MOURA, E.F.; VENTRELLA, M.C.; MOTOIKE, S.Y. Anatomy, histochemistry and ultrastructure of seed and somatic embryo of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Scientia Agricola**. v.67, n.4, p.399-407, 2010.
- OLIVEIRA, A.B.; MENDONÇA, M.S.; ARAÚJO, M.G.P. Aspectos anatômicos do embrião e desenvolvimento inicial de *Oenocarpus minor* Mart.: uma palmeira da Amazônia. **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.1, p.20-24, 2010.
- OROZCO-SEGOVIA, A.; et al. Seed biology of palms: a review. **Palms**, v.47, n.2, p.79-94, 2003.
- PATÍÑO, J.C. **Microtecnia vegetal**, México: Trillas, 106p.
- PIMENTA, R.S.; et al. Efeito da maturação e temperatura na germinação de sementes de *Phoenix canariensis* Hort. Ex Chabaud – Arecaceae, **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.31-38, 2010.
- PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.215-274.

PIVETTA, K.F.L.; BARBOSA, J.G.; ARAÚJO, E.F.; DEMATTÊ, M.E.P. Propagação de palmeiras e estrelíztias. In: BARBOSA, J.G.; LOPES, L.C. **Propagação de Plantas Ornamentais**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 183p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

QUEIROZ, M.S.M.; BIANCO, R. Morfologia e desenvolvimento germinativo de *Oenocarpus bacaba* Mart. (Arecaceae) da Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1037-1042, 2009.

SANTELLI, P.; CALBO, M.E.R.; CALBO, A.G. Fisiologia pós-colheita de frutos da palmeira *Mauritia vinifera* Mart. (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.23, n.3, p.697-702. 2009.

SANTOS, M.S.; et al. Polissacarídeos extraídos da gabirola (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): propriedades químicas e perfil reológico. **Polímeros**, v.20, n.5, p.352-358, 2010.

SIMÃO, E.; NAKAMURA, A.T.; TAKAKI, M. Época de colheita e capacidade germinativa de sementes de *Tibouchina mutabilis* (Vell.) Cogn. (Melastomataceae). **Biota Neotropica**, v.7, n.1, p.67-73, 2007.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2.ed, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008, 704p.

SPJUT, R.W. A systematic treatment of fruit types. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, New York, v.70, p.1-182, 1994.

TOKUHISA, D.; DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M.; HILST, P.C.; DEMUNER, A.J. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.3, p.180-188, 2007.

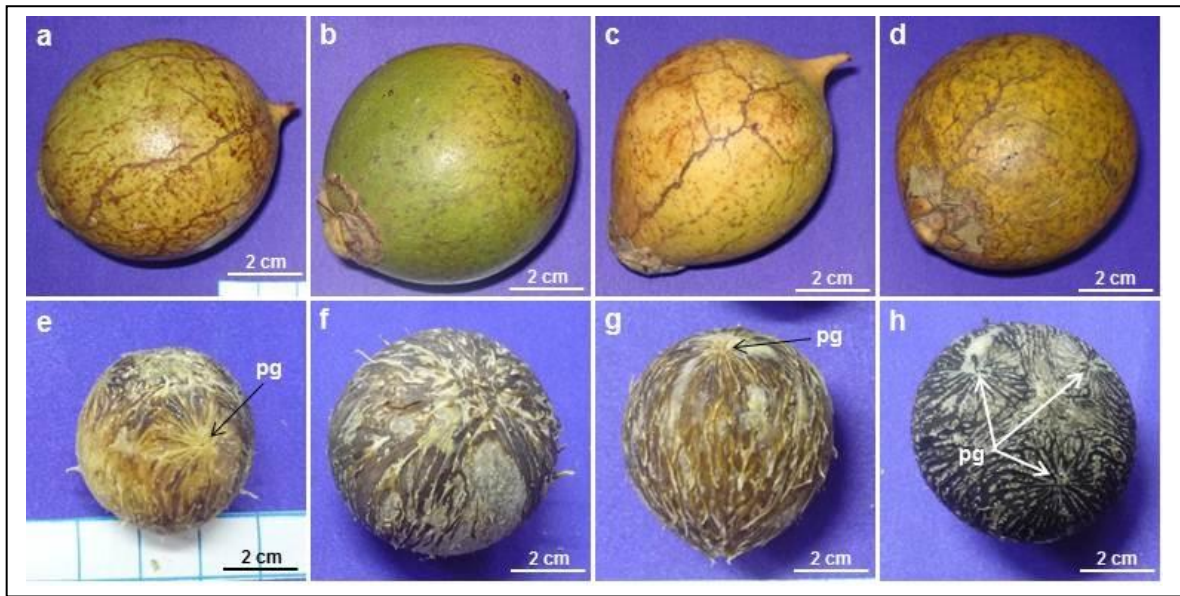


FIGURA 1. Aspecto geral da morfologia externa do frutos (a-d) e dos pirenos (e-h) de *Astrocarium aculeatum*. Manaus, UFAM, 2011.

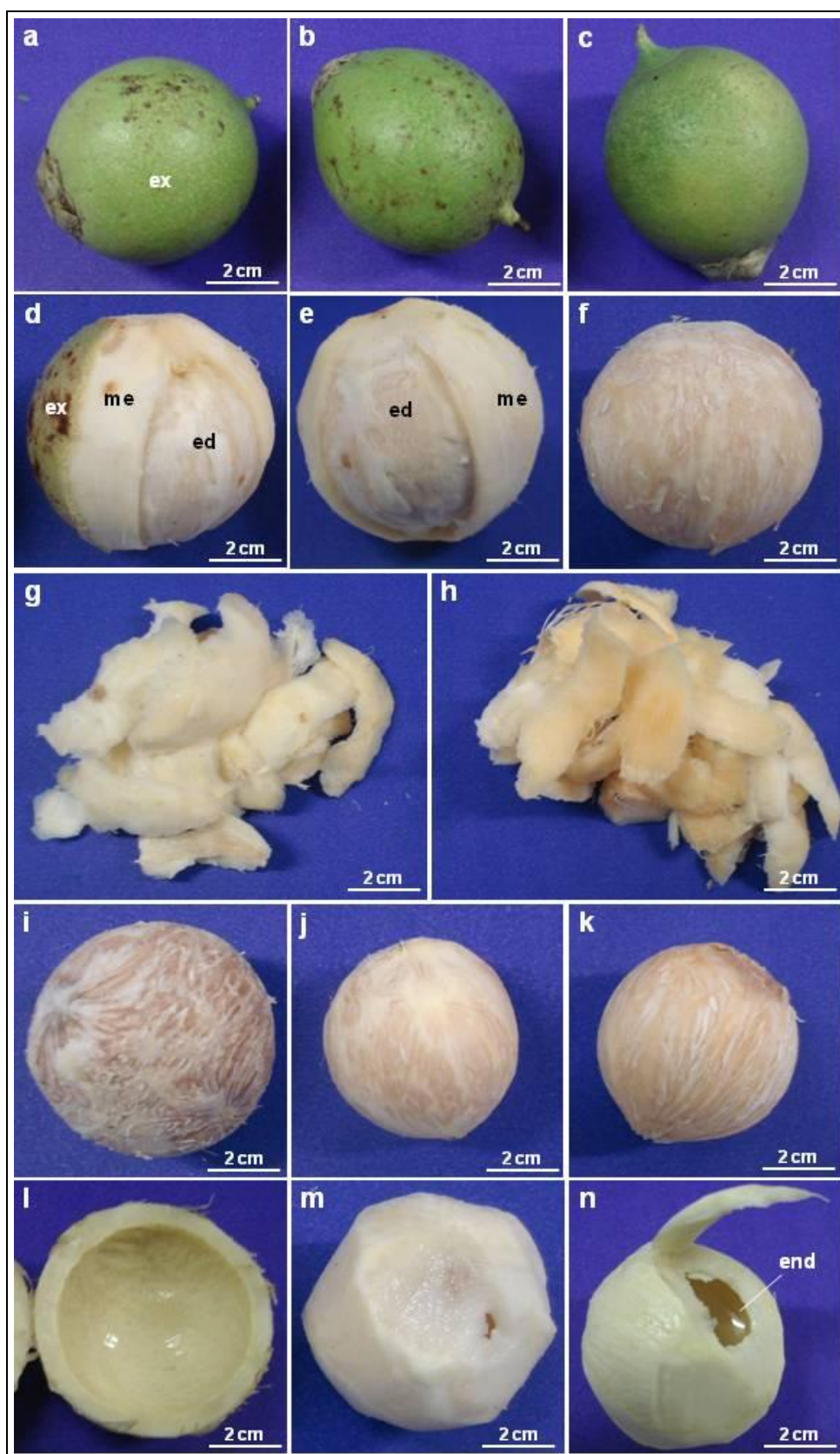


FIGURA 2. Frutos de *Astrocarum aculeatum*, aos 60 dias, após abertura da espata. a-c. Coloração do epicarpo; d-f. Diferença entre as camadas; g-h. Consistência e cor do mesocarpo; i-k,m. Consistência e coloração do pireno; l. Corte transversal evidenciando a superfície interna do endocarpo; n. Endosperma líquido. ed – endocarpo, ep – epicarpo, me – mesocarpo. Manaus, UFAM, 2011.

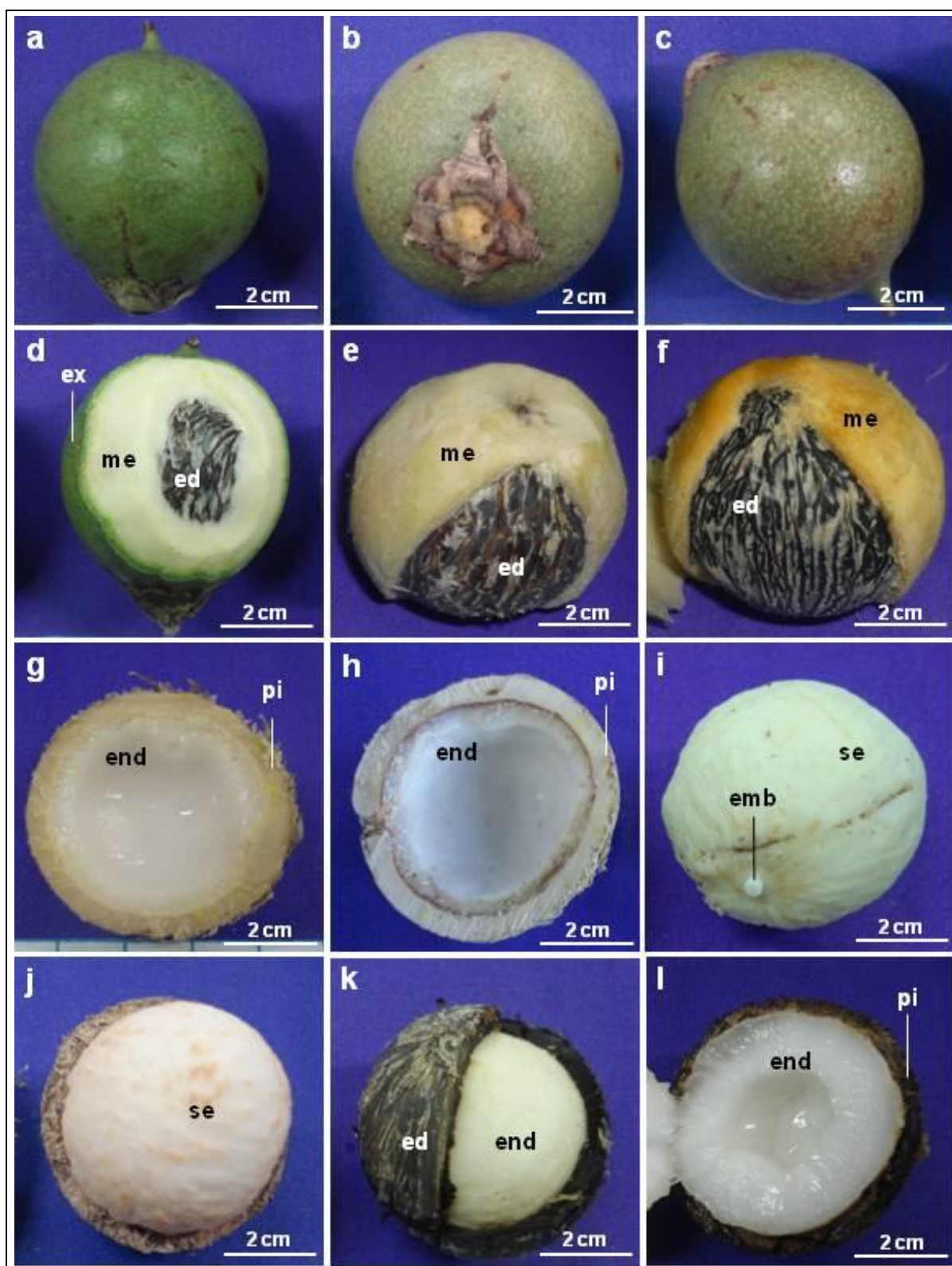


FIGURA 3. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 90 dias após abertura da espata (a,b,c); coloração do epicarpo (d); aspectos estruturais do fruto; (d,e,f); coloração do mesocarpo (g, h); consistência do endosperma e semente (i); consistência e forma da semente e evidência do embrião (j, k); mudança na coloração da semente (l); aspecto da cor do endosperma (d, e) – endocarpo, emb – embrião, end – endosperma, ep – epicarpo, me – mesocarpo, pi – pireno, se – semente. Manaus, UFAM, 2011.



FIGURA 4. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 120 dias, após abertura da espata. a-d. Coloração do epicarpo; e. Aspectos estruturais do fruto; f, m-p. Variação na coloração e consistência do mesocarpo; g, i-l. Coloração e forma do pireno; h. Corte transversal evidenciando a consistência do endocarpo e do endosperma. ed – endocarpo, end – endosperma, ep – epicarpo, me – mesocarpo, pi – pireno. Manaus, UFAM, 2011.



FIGURA 5. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 135 dias, após abertura da espata. a-b, f. Aspectos estruturais do fruto; c-e, g-h. Coloração e consistência do mesocarpo; i-k. Coloração e forma do pireno. ed – endocarpo, ep – epicarpo, me – mesocarpo. Manaus, UFAM, 2011.

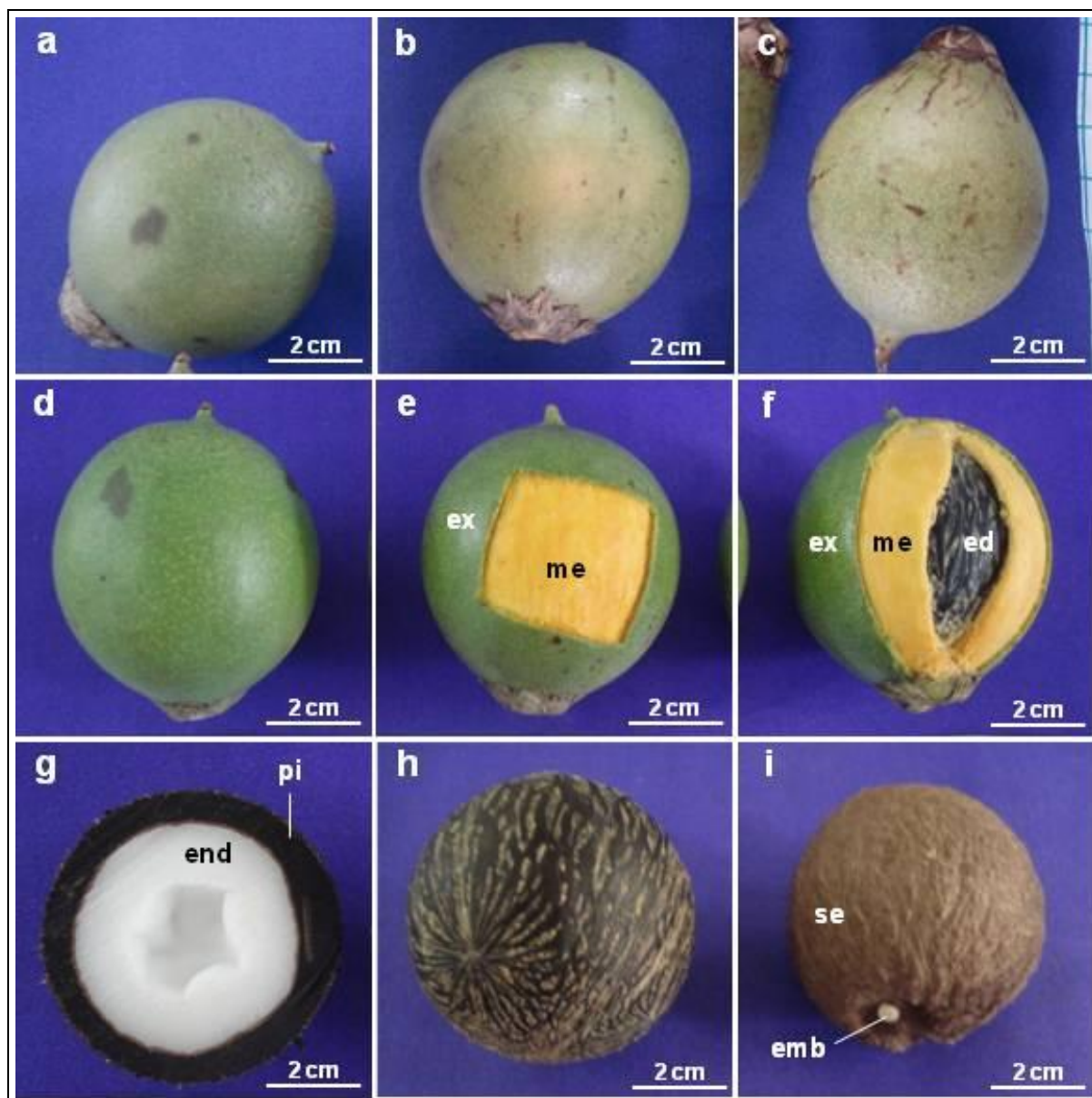


FIGURA 6. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 150 dias, após abertura da espata. a-d. Coloração do epicarpo; e-f. Aspectos estruturais do fruto e coloração do mesocarpo; g. Corte transversal do pireno evidenciando consistência do endocarpo e endosperma; h. Coloração e forma do pireno; i. Coloração e forma da semente. ed – endocarpo, emb – embrião, end – endosperma, ep – epicarpo, me – mesocarpo, pi – pireno, se – semente. Manaus, UFAM, 2011.

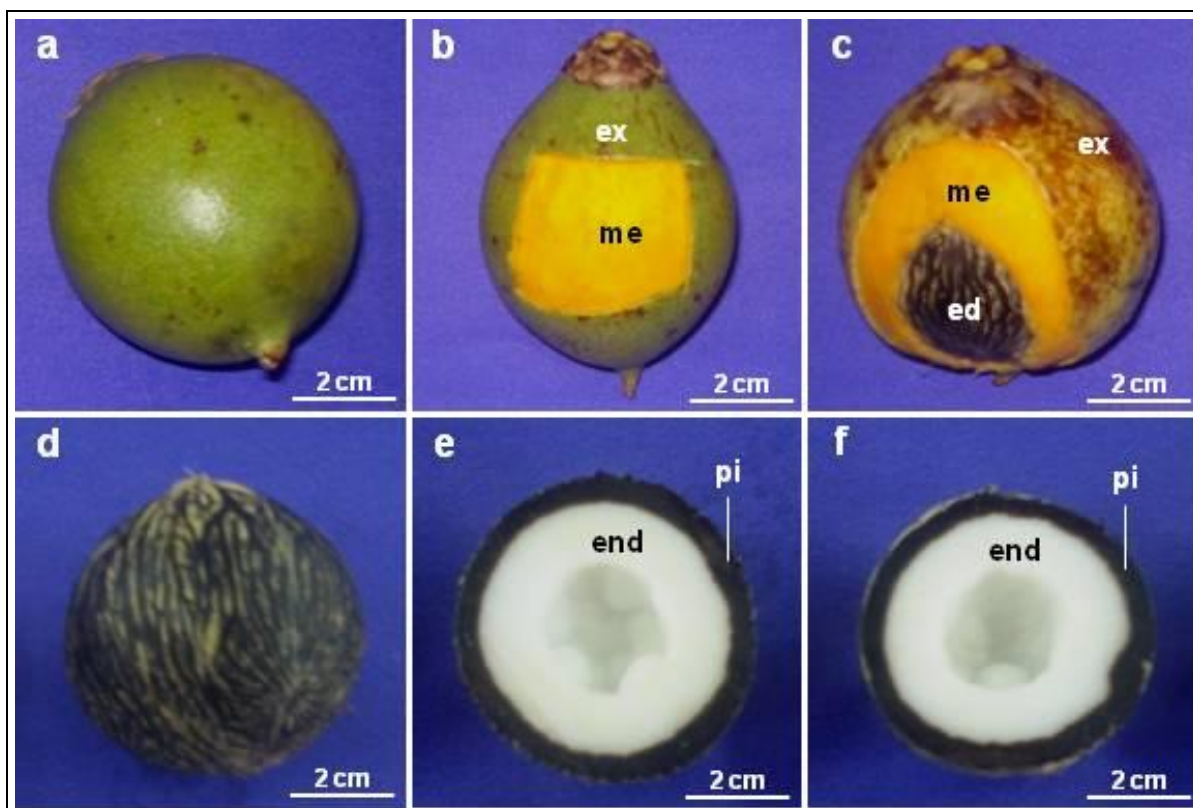


FIGURA 7. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 160 dias, após abertura da espata. a-c. Coloração do epicarpo; b-c. Aspectos estruturais do fruto e coloração do mesocarpo; d. Coloração e forma do pireno; e-f. Corte transversal evidenciando a coloração e consistência do endocarpo e pireno. ed – endocarpo, end – endosperma, ep – epicarpo, me – mesocarpo, pi – pireno. Manaus, UFAM, 2011.



FIGURA 8. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 170 dias, após abertura da espata. a. Coloração do epicarpo; b. Aspectos estruturais do fruto; c, f-h. Coloração do endocarpo e forma do pireno; d-e. Coloração e consistência do mesocarpo. ed – endocarpo, ep – epicarpo, me – mesocarpo. Manaus, UFAM, 2011.

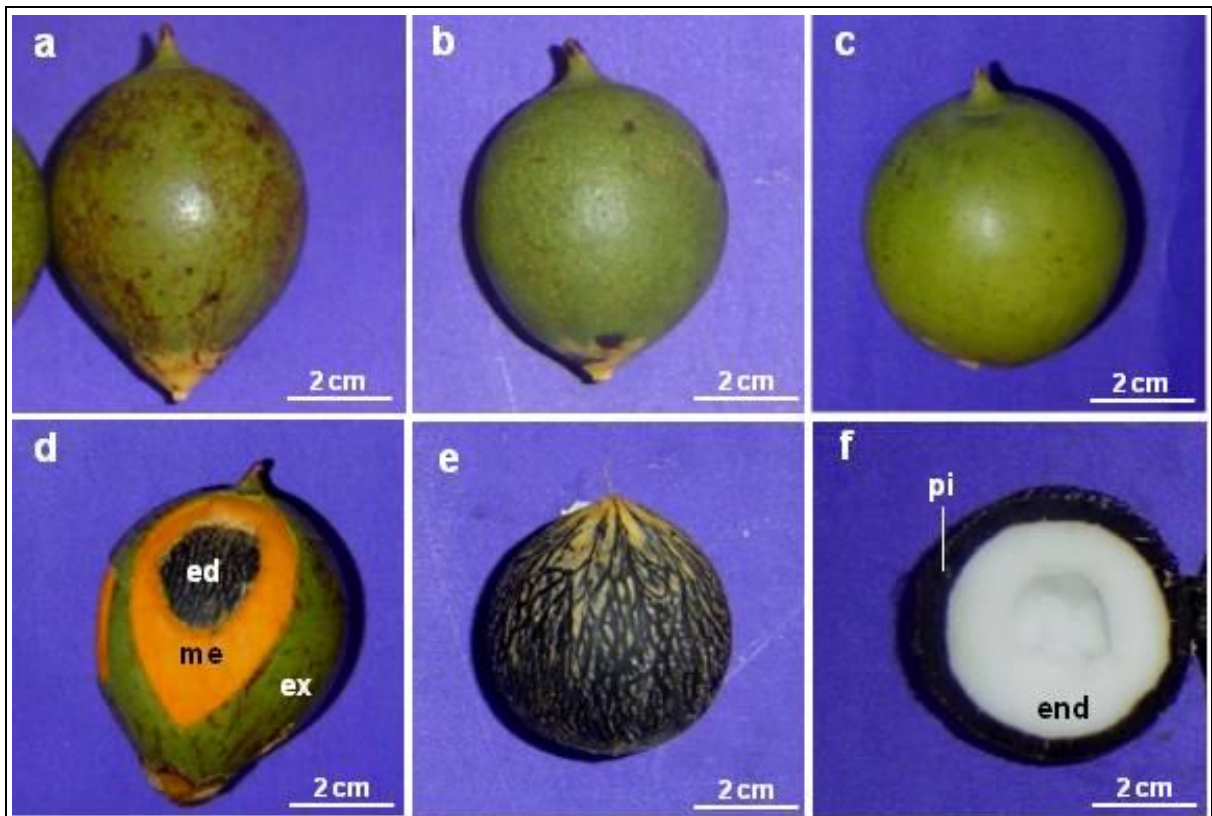


FIGURA 9. Frutos de *Astrocaryum aculeatum*, aos 180 dias, após abertura da espata. a-c. Coloração do epicarpo; d. Aspectos estruturais do fruto e coloração do mesocarpo; e. Coloração e forma do pireno; f. Corte transversal evidenciando a consistência e coloração do endocarpo e endosperma. ed – endocarpo, end – endosperma, ep – epicarpo, me – mesocarpo, pi – pireno. Manaus, UFAM, 2011.

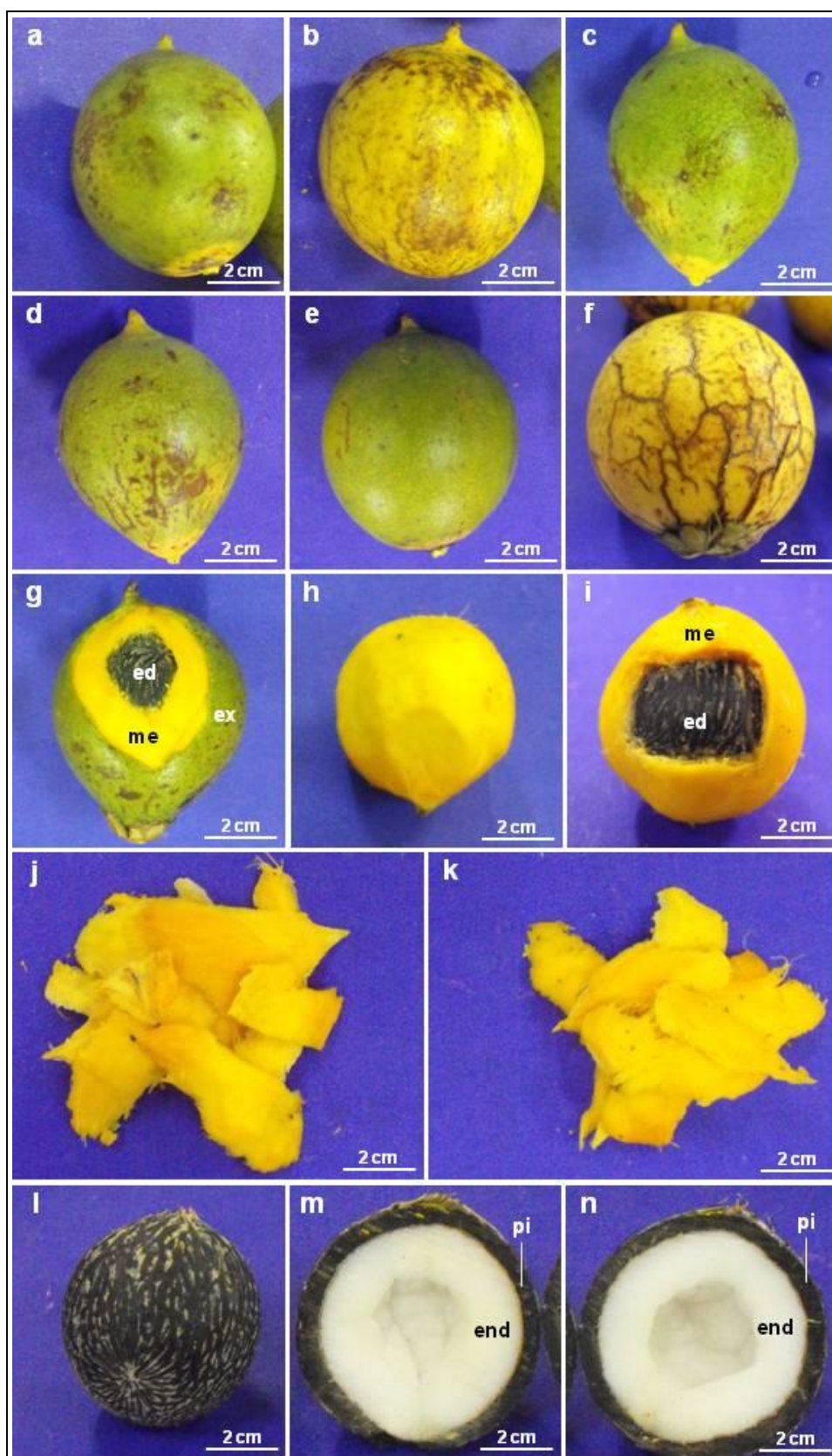


FIGURA 10. Frutos de *Astrocarum aculeatum*, aos 190 dias, após abertura da espata. a-f. cor e textura do epicarpo; g. Aspectos estruturais do fruto; h-k. cor e consistência do mesocarpo; l. cor e forma do píreno; m-n. Corte transversal evidenciando a consistência e cor do endocarpo e endosperma. ed – endocarpo, end – endosperma, ep – epicarpo, me – mesocarpo, pi – píreno. Manaus, UFAM, 2011.

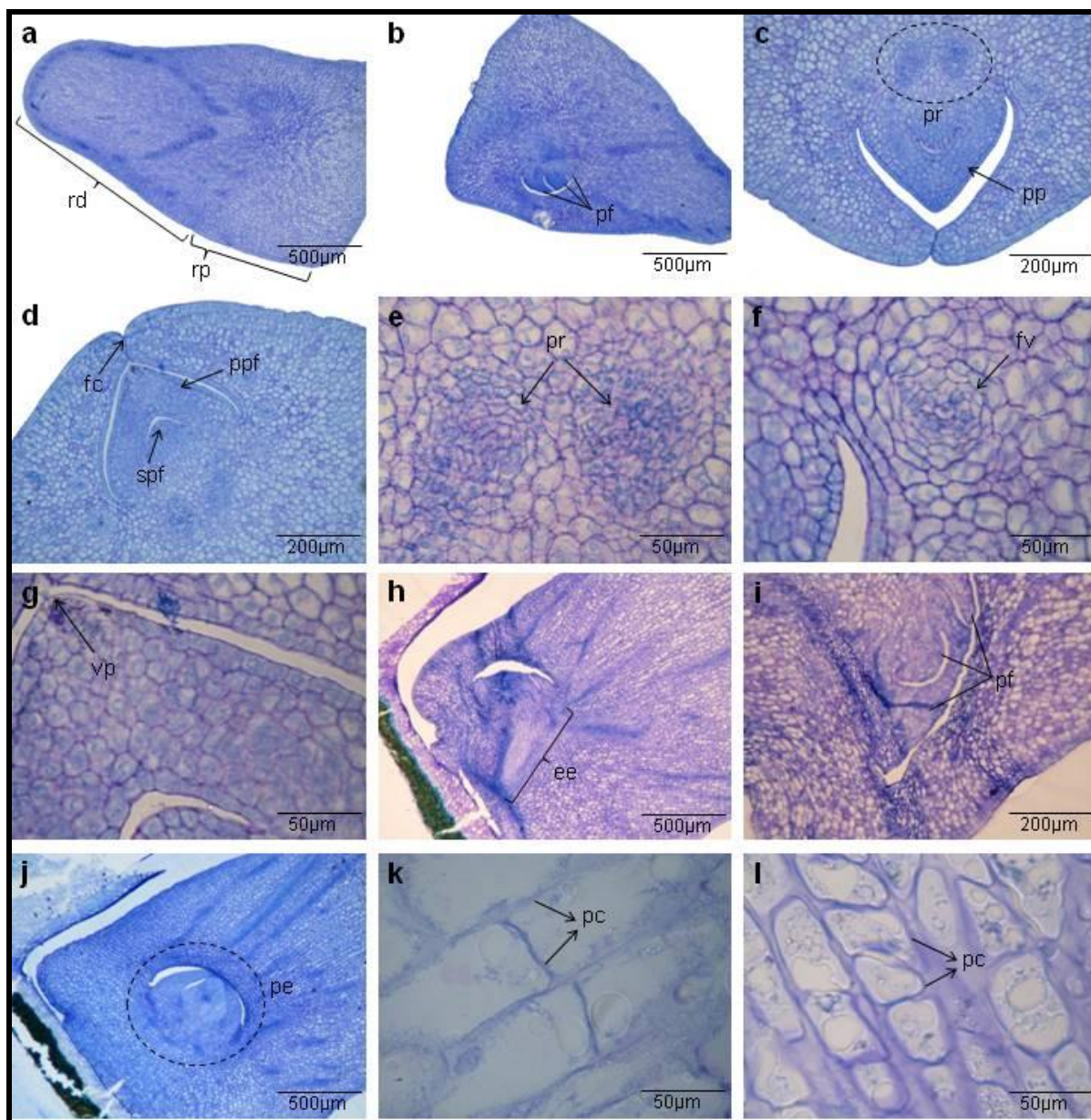


FIGURA 11. Aspectos anatômicos do embrião e endosperma da semente de *Astrocaryum aculeatum* em secção longitudinal (A, B, I, J, K, L) e transversal (C, D, E, F, G, H). a-c. Aspecto geral do embrião; b. Primórdios foliares aos 90 dias após abertura da espata; d. Detalhe da plúmula; e. Primórdios da radícula; f. Aspecto do feixe vascular; g. Vértice plumular; h. Detalhe do eixo embrionário; i. Primórdios foliares aos 135 dias após abertura da espata; j. Posição do eixo embrionário aos 180 dias; k. Detalhe da parede celular do endosperma com 80 dias; l. Detalhe da parede celular do endosperma com 135 dias, respectivamente. ee – eixo embrionário, fc – fenda cotiledonar, fv – feixe vascular, pc – parede celular, pe – posição do eixo embrionário, pf – primórdios foliares, pl – plúmula, pp – polo plumular, ppf – primeiro primórdio foliar, pr – polo radicular, rd – região distal, rp – região proximal, spf – segundo primórdio foliar, vp – vértice plumular. Manaus, UFAM, 2011.

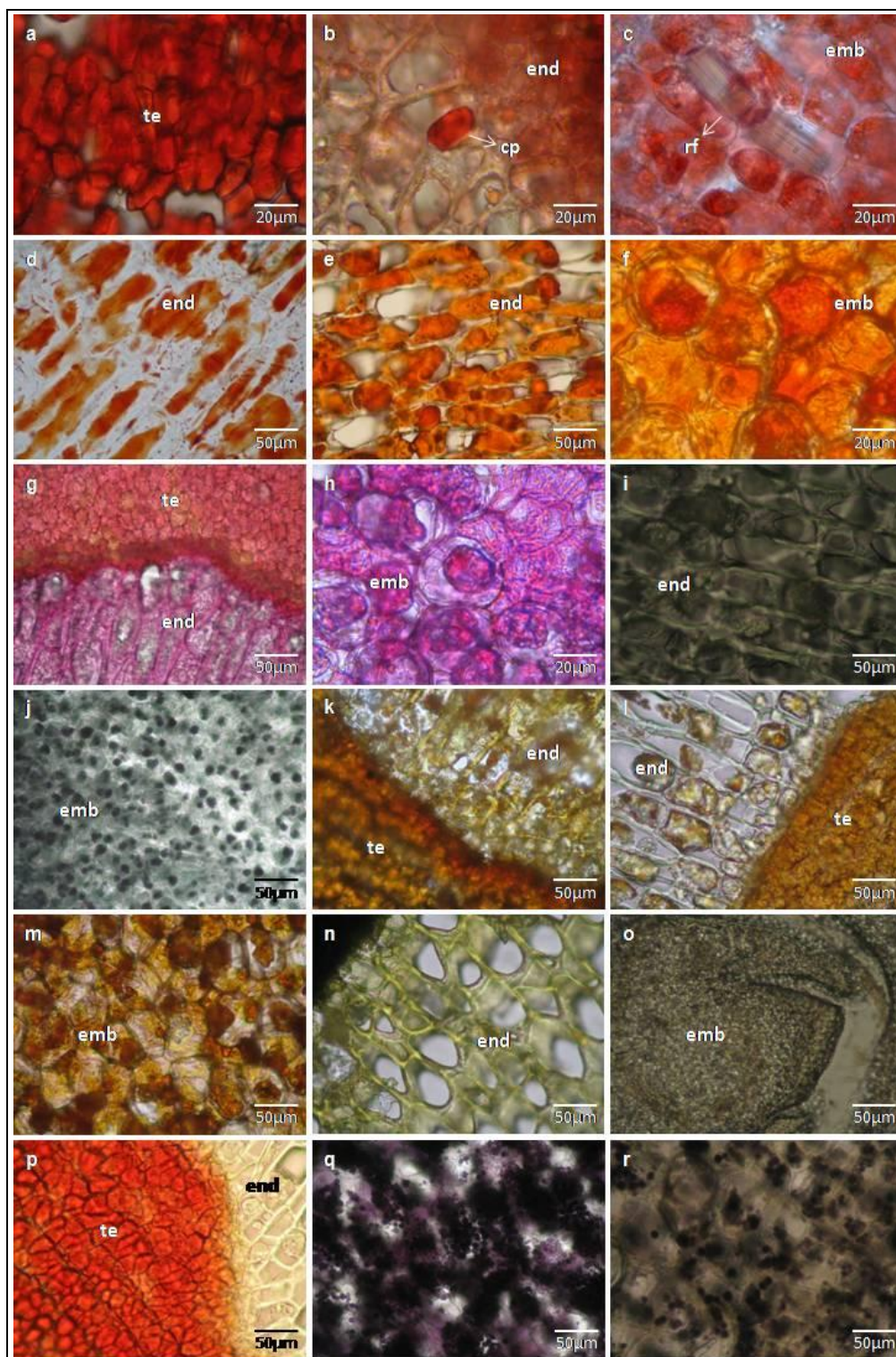


FIGURA 12. Testes histoquímicos em semente de *Astrocaryum aculeatum*. a-c. Proteína de coloração vermelha; d-e. Lipídios no endosperma com 80 e 170 dias após abertura da espata, coloração laranja escuro; f. Lipídios de coloração laranja escuro; g-h. Polissacarídeos pécicos de coloração rosa escuro; i-j. Ácidos graxos de coloração verde intenso; k-m. Alcalóide de coloração castanho claro ao castanho escuro; n-o. Fenóis de coloração verde claro a verde intenso; p. Tanino de coloração vermelha; q. Amido no haustório, coloração lilás escuro; r. Amido no tecido do primórdio da folha (estádio de lígula), coloração preto. cp – corpo protéico, emb – embrião, end – endosperma, rf – ráfide, te – tegumento. Manaus, UFAM, 2011.

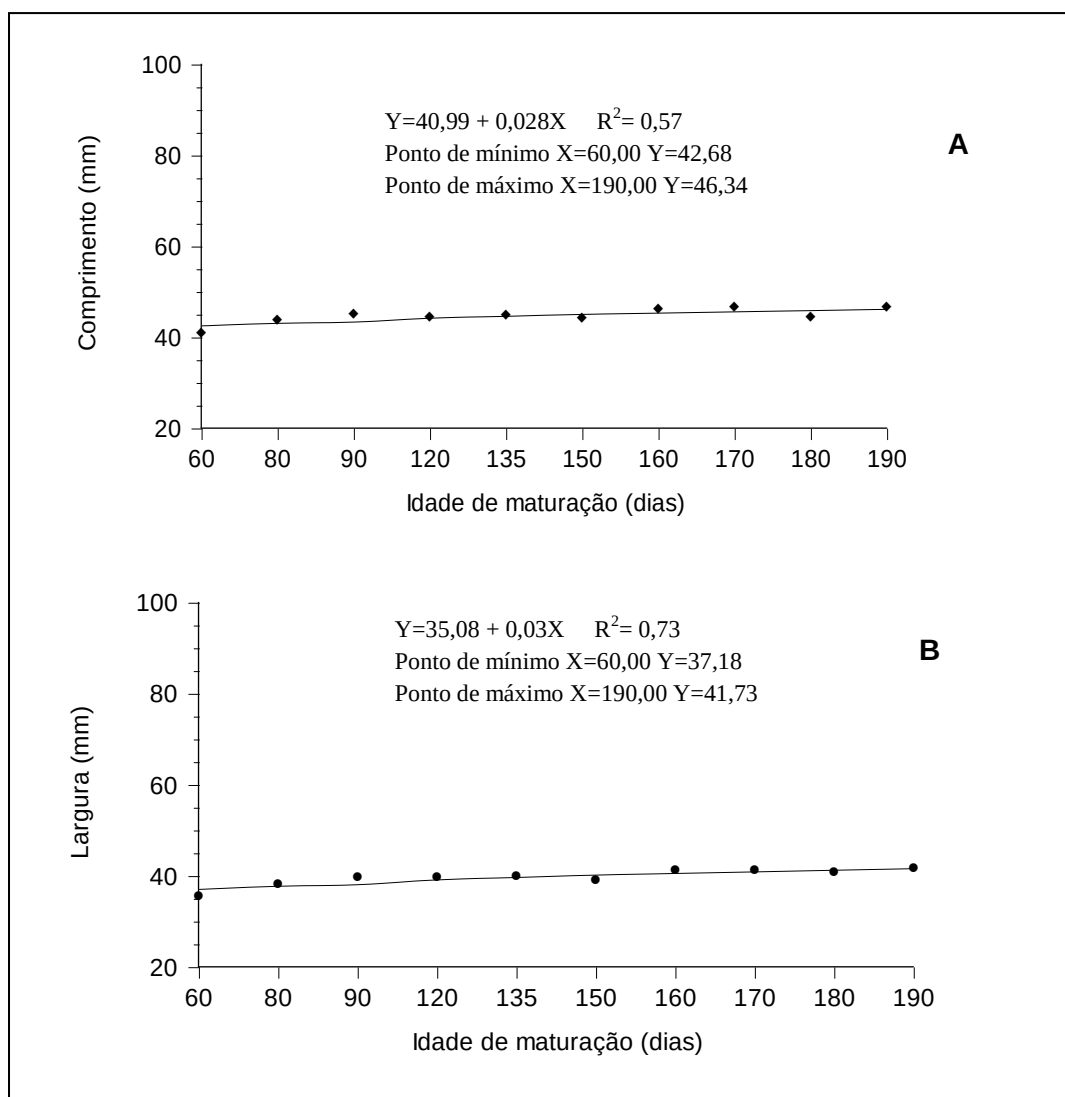


FIGURA 13. Biometria do fruto de *Astrocarium aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica (A) Comprimento, (B) Largura. Manaus, UFAM, 2011.

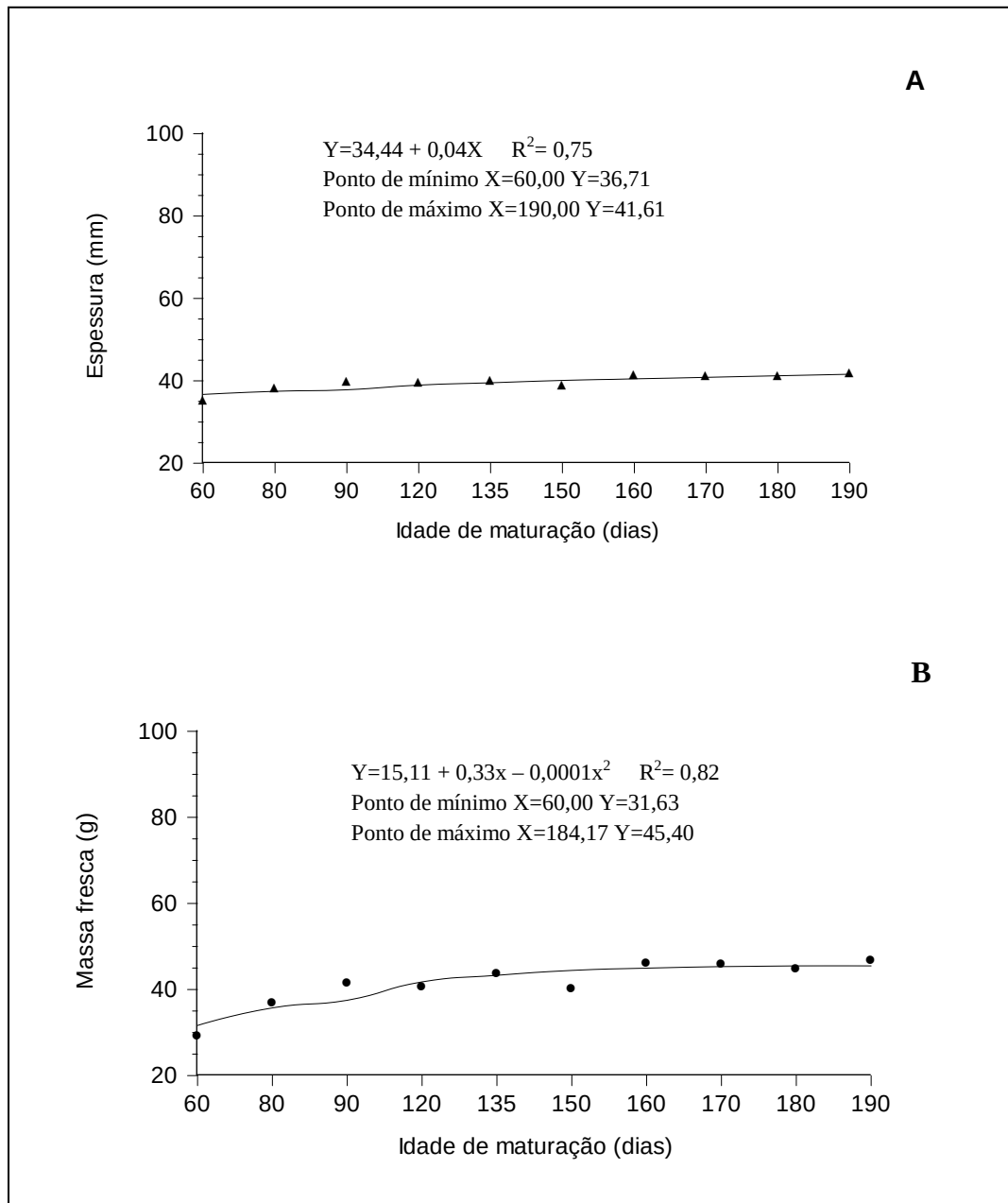


FIGURA 14. Biometria do fruto de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica (A) Espessura, (B) Massa fresca. Manaus, UFAM, 2011.

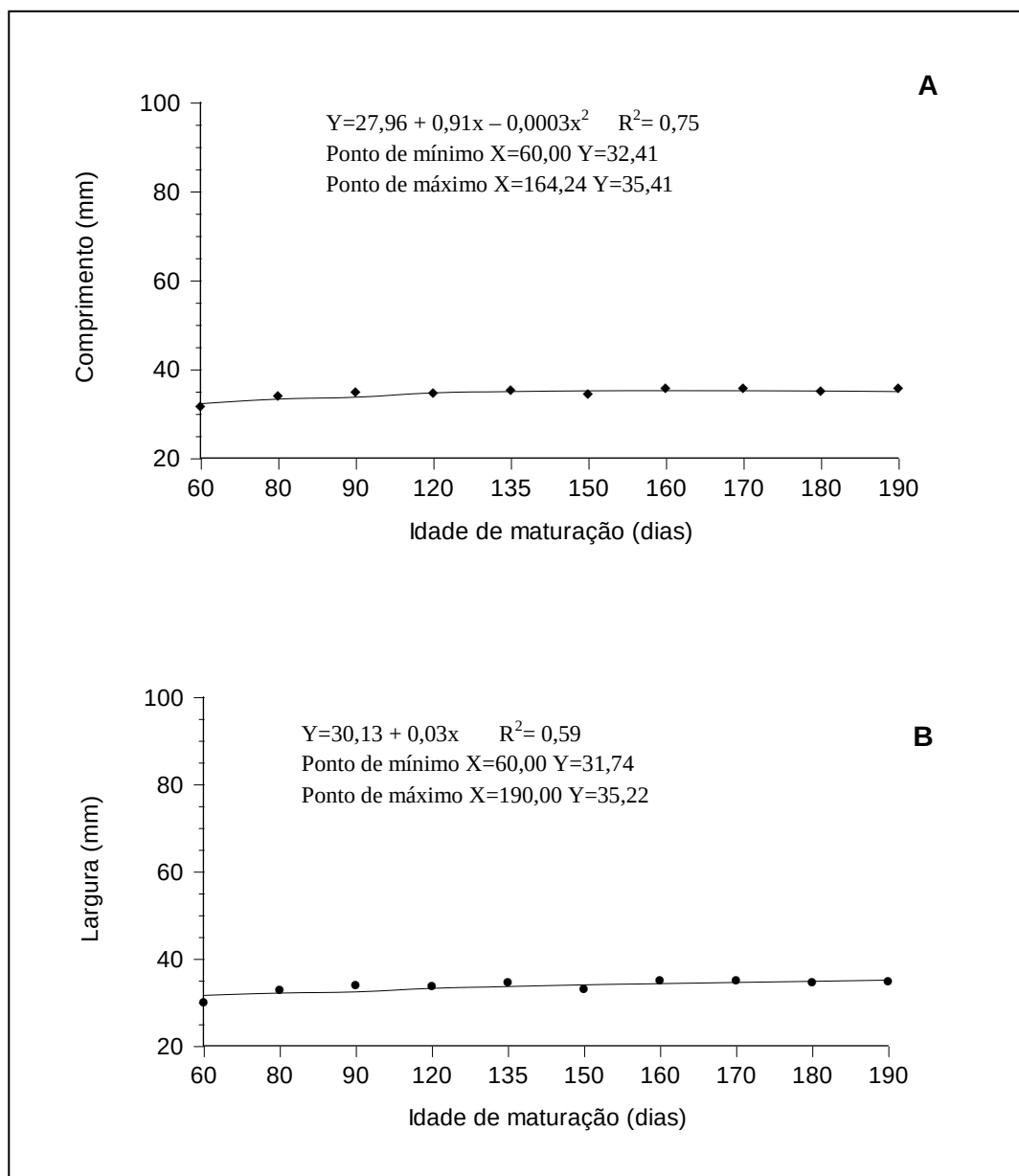


FIGURA 15. Biometria do pireno de *Astrocarylum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica (A) Comprimento, (B) Largura. Manaus, UFAM, 2011.

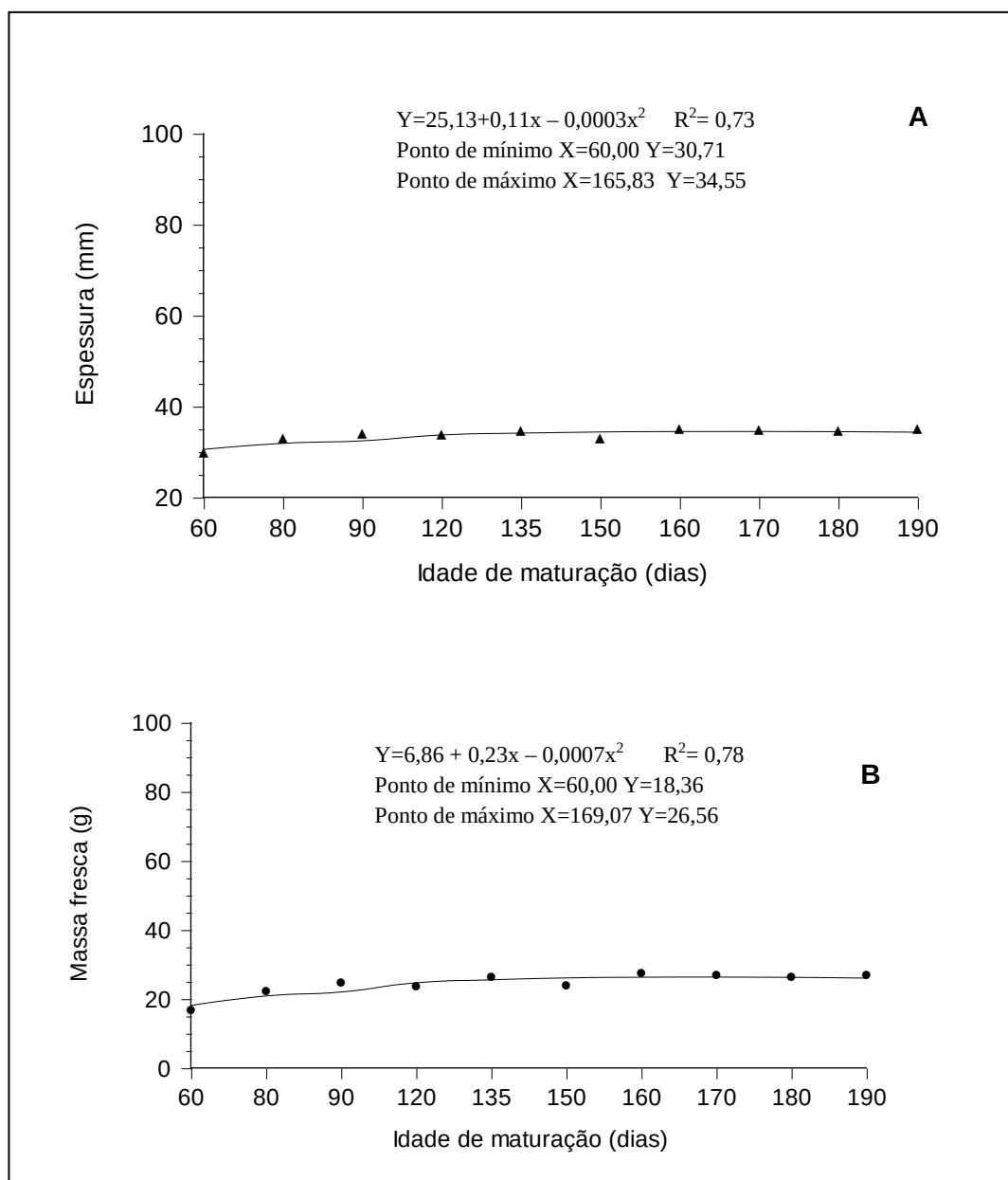


FIGURA 16. Biometria do pireno de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica (A) Espessura, (B) Massa fresca. Manaus, UFAM, 2011.

TABELA 1. Dados quantitativos da morfologia do pireno de *Astrocaryum aculeatum* em relação à condição do endocarpo (%) e presença dos poros germinativos (%) em função do período de desenvolvimento do fruto. Manaus, UFAM, 2011.

Período de desenvolvimento do fruto (dias)					
	(+) Flexível	(++) Semi-flexível	(+++) Duro	(+++++) Rígido	Com poros germinativos
60	44	40	16	0	0
80	Ponto de mínimo: 32,41 – 60 dias Ponto de máximo: 35,41 – 164 dias		90	Ponto de mínimo: 29,91 – 60 dias Ponto de máximo: 35,09 – 190 dias	
90	7	5	38	55	100
120	0	0	0	100	100
135	0	0	0	100	100
150	0	0	0	100	100
160	0	0	0	100	100
170	0	0	0	100	100
180	0	0	0	100	100
190	0	0	0	100	100

TABELA 2. Dados quantitativos da condição da semente de *Astrocaryum aculeatum* (%) em função do período de desenvolvimento. Manaus, UFAM, 2011.

Período de desenvolvimento do fruto (dias)						
	(+) Líquido	(++) Gelatinoso	(+++)	(++++)	(+++++) Rígido	Com embrião
60	100	0	0	0	0	0
80	26	34	26	14	0	44
90	12	6	34	40	8	72
120	0	4	24	20	52	96
135	0	0	0	0	100	100
150	0	0	0	0	100	100
160	0	0	0	0	100	100
170	0	0	0	0	100	100
180	0	0	0	0	100	100
190	0	0	0	0	100	100

TABELA 3. Resultados dos testes histoquímicos aplicados para detecção de substâncias ergásticas na semente de *Astrocaryum aculeatum*. A presença e a ausência do grupo metabólito é indicado respectivamente pelos sinais (+) e (-). Manaus, UFAM, 2011.

Substâncias ergásticas	Teste	REAGENTE	Estrutura Vegetal	
Proteína	Proteínas totais	Xilidine Ponceau	-tegumento	+
			-endosperma	+
			-embrião	+
Lipídios	Lipídios totais	Sudan IV	-endosperma	+
			-embrião	+
	Ácidos graxos	Acetato de cobre/ Ácido Rubeânico	-endosperma	+
Polissacarídeos	Pectina	Vermelho de Rutênio	-tegumento	+
			-endosperma	+
			-embrião	+
	Amido	Lugol	-endosperma	-
			-embrião	-
			-haustório	+
Compostos fenólicos	Fenóis totais	Cloreto de Ferro III	-plântula	+
			-endosperma	+
	Taninos	Vanilina Clorídrica	-embrião	+
Alcalóides		Reagente de Wagner Reagente de Dittmar	-tegumento	+
			-endosperma	+
			-embrião	+

TABELA 4. Teores das substâncias ergásticas em sementes de *Astrocaryum aculeatum* (%) em função do período de desenvolvimento dos frutos. Manaus, UFAM, 2011.

Idade (dias)	Teor de água	Fibras	Cinzas	Proteínas	Carboidratos	Lipídios
90	75,00	2,48	0,85	1,67	13,64	7,58
120	42,00	2,41	1,15	4,11	29,10	22,67
135	37,78	1,90	1,23	4,17	35,68	21,15
150	46,34	1,93	0,91	3,21	26,98	22,56
160	44,80	1,97	1,03	2,04	38,74	13,40
170	37,99	1,86	1,05	4,48	39,42	17,06
180	35,96	1,88	1,08	3,62	33,47	25,87
190	31,32	1,88	1,16	4,34	38,00	24,70

CAPÍTULO II

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.- ARECACEAE)

(Artigo elaborado nas normas da Revista Brasileira de Fruticultura)

MATURAÇÃO FISIOLÓGICA DE SEMENTES E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.- Arecaceae)¹

Maria Elizabeth de Assis Elias² & Maria Sílvia de Mendonça³

RESUMO - *Astrocaryum aculeatum* é uma palmeira que apresenta importância econômica pela sua diversidade de usos, principalmente no mercado de alimentos e artesanato. A propagação é por sementes, mas o tardio início da germinação tem sido relatado como entrave para o aumento das áreas cultivadas. A maturação da semente é um aspecto importante, pois um dos fatores que determinam a qualidade fisiológica das sementes é a sua colheita na época adequada. O trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos estádios de maturação fisiológica sobre a qualidade de semente de *Astrocaryum aculeatum*. As sementes foram procedentes de frutos colhidos de 30 plantas aos 60, 80, 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias após a abertura da espata para o monitoramento do teor de água e das massas fresca e seca do pireno. A avaliação das reservas foi feita, a partir de sementes coletadas aos 90 dias, até 190 dias. A viabilidade e o vigor foram avaliados, a partir de 135 dias, até 190 dias. O teste de germinação foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições de 25 sementes cada. De acordo com os resultados obtidos, a idade de maturação fisiológica teve influência na qualidade fisiológica e afetou o desempenho germinativo da semente. As sementes, com idade de 135 dias após abertura da espata, apresentaram elevada porcentagem de mortalidade, e as com idade de 153 dias, a porcentagem de germinabilidade e emergência foi maior. O ponto de maturidade fisiológica da semente ocorreu antes da dispersão dos frutos e durante a maturação fisiológica da semente a instalação de dormência primária.

Termos para indexação: palmeira, qualidade fisiológica, maturidade fisiológica.

¹Parte da tese de doutorado da primeira autora. Financiamento: FAPEAM/ UFAM

²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da UFAM (bethelias@ufam.edu.br)

³Profa. Dra. da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM (msilvia@ufam.edu.br)

**PHYSIOLOGICAL MATURATION OF SEEDS AND SEEDLING
EMERGENCE OF TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.- Arecaceae)**

ABSTRACT – *Astrocaryum aculeatum* is a palm tree of economic importance because of its diverse uses, especially in foods and handicrafts. It is propagated by seeds, but delay in germination has been reported as a barrier for the spread of cultivated areas. Seed maturation is an important aspect, since one of the factors determining the physiological quality of the seeds is harvesting at the appropriate time. This study aims to evaluate the influence of stages of physiological maturation on the seed quality of *Astrocaryum aculeatum*. Seeds were harvested from fruits of 30 plants at 60, 80, 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 and 190 days after the opening of the spathe. They were investigated in terms of the water content and the fresh and dry mass of the pyrenes. The assessment of reserves was done for seeds collected from 90 to 190 days, and the seed viability and vigor for those collected from 135 to 190 days. The germination test was carried out using completely randomized design, with six treatments and four repetitions of 25 seeds each. The results show that the length of time of physiological maturation influences the physiological quality and also affects the germination of the seeds. At 135 days after the opening of the spathe, the seeds showed a higher percentage of mortality, whereas at 153 days there was higher germinability and seedling emergence. The point of seed physiological maturity occurred before the fruit dispersion and during the physiological maturation it is placed the primary dormancy.

Index terms: palm tree, physiological quality, physiological maturity.

INTRODUÇÃO

Na diversidade de plantas frutíferas ocorrentes na Amazônia, as espécies da família Arecaceae destacam-se pela sua importância ecológica e econômica (PIVETTA et al., 2007). Dentre essas, *Astrocaryum aculeatum*, popularmente, conhecida por tucumã, tem reconhecida importância como fonte de alimento e matéria-prima no mercado de artesanato. Dessa forma, as atividades de produção do tucumã tornaram-se alternativas de geração de renda para inúmeras famílias que estão vinculadas à cadeia produtiva dessa espécie.

A. aculeatum caracteriza-se como uma palmeira monocaule, de uso diversificado pelo aproveitamento da planta e das suas distintas estruturas (folhas, estipe, mesocarpo, endocarpo e amêndoa). Entre os atributos do fruto, a polpa (mesocarpo) merece destaque pelo sabor e propriedades nutricionais, como fonte de proteínas, carboidratos, lipídios e β -caroteno (YUYAMA et al., 2008). Essas características contribuem para uma crescente demanda na comercialização da polpa e do desenvolvimento de pesquisas tecnológicas para o seu cultivo e aproveitamento na agroindústria de alimentos.

O tucumã pode ser considerado como uma espécie de alto potencial econômico, mas, embora seja, aparentemente, pouco exigente quanto à fertilidade do solo e não apresente problemas fitossanitários, o seu cultivo na Região Amazônica é inexpressivo (FERREIRA e GENTIL, 2006). A espécie é propagada por sementes e a demora na germinação tem sido relatada como entrave para o aumento das áreas cultivadas. A germinação inicia aos 180 dias e pode se estender por até 720 dias (CLEMENT et al., 1997). Com a retirada do endocarpo e embebição, conforme os procedimentos usados por Ferreira e Gentil (2006), foram alcançados 70 % de germinação, em tempo médio de 104 dias. Considerando que nesse estudo foram necessários 30 dias para ser atingido 80 % de desprendimento da semente para a extração, verifica-se que o tempo para obtenção de mudas, ainda é, relativamente, demorado.

As causas da baixa porcentagem e irregularidade na germinação de sementes de palmeiras têm sido estudadas, sendo mais, enfaticamente, a superação da dormência

tegumentar (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Entretanto, existem outros fatores que influenciam o metabolismo fisiológico da semente e o seu processo germinativo, dentre esses, o grau de maturação fisiológica da semente por ocasião da colheita (POPINIGIS, 1977).

A maturação fisiológica envolve uma sequência ordenada de eventos, compreendendo divisões celulares, diferenciação de tecidos e acúmulo de reservas (MARCOS FILHO, 2005). A relação entre maturação fisiológica e capacidade germinativa da semente tem sido relatada como aspecto importante para a determinação do ponto ideal de colheita, visando à produção de sementes de qualidade (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A semente é considerada material essencial para as espécies que se reproduzem sexualmente, sendo portanto, necessário o monitoramento de sua qualidade em todas as fases do processo de produção, tendo em vista que, o desempenho da semente no processo germinativo é resultado de transformações, desde a sua formação, até antes da semeadura.

Marcos Filho (2005) relata que no transcurso do processo da maturação ocorre um conjunto de etapas sucessivas de preparação para a germinação, como a síntese e acúmulo de reservas, posteriormente, mobilizadas durante a germinação, conduzindo à retomada do crescimento e à formação de uma plântula. De acordo com Dias (2001), a maturação da semente é um aspecto importante a ser considerado, pois entre os fatores que determinam a qualidade das sementes está a colheita na época adequada. Portanto, o conhecimento de como se processa a maturação das sementes e dos principais fatores envolvidos é relevante para a orientação e o controle da época ideal de colheita.

Conforme Popinigis (1977) é na maturidade fisiológica que ocorre a máxima germinação e vigor da semente sendo, a partir desse ponto, acelerado o processo de deterioração, cuja velocidade é influenciada pelas condições ambientais. Nesse aspecto, Carvalho e Nakagawa (2000) ressaltam que o armazenamento das sementes não começa quando são colocadas no armazém, mas desde o momento em que elas atingem a maturidade fisiológica. Assim sendo, a produção adequada de sementes, em quantidade e em qualidade, é importante para a semeadura (MOZAMBANI et al., 1993).

A determinação da época adequada de colheita, de determinada espécie, pode ser facilitada com a adoção dos índices de maturação. Estes são parâmetros práticos que permitem inferir sobre o estágio de desenvolvimento do fruto e/ou semente (PINÃ-RODRIGUES e AGUIAR, 1993).

A maturação das sementes é acompanhada por transformações no tamanho da semente, no conteúdo de massa seca, no vigor e na capacidade germinativa (BITTENCOURT et al., 1991). Na perspectiva da tecnologia de sementes, assim como, nas pesquisas sobre maturação, são consideradas como principais alterações no processo de desenvolvimento da semente: o grau de umidade, o tamanho, a massa seca, germinação e o vigor (MARCOS FILHO, 2005).

Em relação às palmeiras, a dificuldade na germinação tem sido relacionada, principalmente, ao fenômeno da dormência, cuja causa para o tucumã, tem sido atribuída, em parte, ao endocarpo. Contudo, a germinação irregular e a elevada porcentagem de sementes não germinadas, após a eliminação do endocarpo, indicam que outros fatores, também, limitam a capacidade germinativa das sementes dessa espécie (FERREIRA e GENTIL, 2006).

Ainda são incipientes, os estudos que mostram quais, e de que forma, determinados processos fisiológicos, têm a capacidade de afetar o desempenho germinativo dessas espécies, assim como, faltam estudos sobre a influência da maturação das sementes na sua qualidade fisiológica. Dessa forma, estudos de maturação fisiológica de sementes são importantes, tanto para o conhecimento de aspectos relacionados à caracterização das mudanças e eventos no decorrer do processo de maturação, quanto para melhor entendimento do efeito dessas mudanças no desempenho fisiológico das sementes na germinação. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência da idade de maturação fisiológica sobre a qualidade de sementes de *Astrocaryum aculeatum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Botânica Agroflorestral (LABAF) e no viveiro do Setor de Olericultura da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Os frutos de tucumã foram coletados, em área de terra firme, de 30 plantas, de uma população espontânea, distribuída em 125 ha; no município de Rio Preto da Eva a 88 Km de Manaus, Amazonas, Brasil, sob as coordenadas S 02°38' e W 59°44'. Conforme a classificação de Köppen, o clima é do tipo Ami, quente úmido, tropical chuvoso, com variação anual de temperatura inferior a 5°C e sem definição de estações verão e inverno (GUILLAUMET et al., 2003).

As matrizes foram selecionadas, considerando, dentre os pré-requisitos, as que apresentavam um histórico de, no mínimo, dois anos de produção. Desse modo, o monitoramento dos indivíduos selecionados foi viabilizado em um total de dez coletas, sendo aos 60, 80, 90, 120, 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias, após a abertura da espata, para o teor de água e das massas fresca e seca do pireno. A avaliação das reservas foi feita com material de oito coletas, a partir da idade de 90 dias, até 190 dias. A viabilidade e o vigor das sementes foram avaliadas em sementes com endosperma rígido, obtidas em seis coletas, aos 135, 150, 160, 170, 180 e 190 dias, após a abertura das espatas. As amostras foram submetidas às seguintes avaliações:

a) Teor de água e massas fresca e seca do pireno - O monitoramento do teor de água foi sobre uma amostra composta retirada das 30 plantas a cada coleta. A amostragem foi constituída por 50 pirenos, distribuídos em cinco repetições de 10 indivíduos cada. O teor de água foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}/24$ horas (BRASIL, 2009), após o beneficiamento dos pirenos. O processo de beneficiamento consistiu de limpeza, na qual foram retirados o exocarpo e o mesocarpo, manualmente, com auxílio de uma faca. Nas mesmas amostras utilizadas para a determinação do teor de água foram obtidas as massas fresca e seca do pireno.

b) Acúmulo de reservas da semente - A quantificação das reservas na semente foi avaliada pela composição centesimal em amostragem de 30 sementes frescas, extraídas, manualmente, dos pirenos, com auxílio de morsa e arco de serra. As análises foram feitas sobre sementes, previamente fragmentadas, posteriormente,

acondicionadas em frascos plásticos, tipo pet de 350 ml e mantidas congeladas em *freezer* por, no mínimo, 8 horas a 0°C. Após esses procedimentos, foi retirada uma subamostra (3g) dos diferentes tratamentos para determinação da umidade. A desidratação das amostras foi feita por 30 horas em liofilizador, modelo Torrone LS 3000. Em seguida, as amostras foram moídas e homogeneizadas para serem determinados os teores de proteína, lipídios, cinzas e carboidratos. Nas determinações foram seguidos os procedimentos recomendados pelo AOAC (1984) e os valores representam a média de triplicatas das amostras.

c) Qualidade fisiológica da semente – o processo de beneficiamento dos pirenos foi realizado com prévia retirada do exocarpo e do mesocarpo, conforme procedimentos descritos por (FERREIRA e GENTIL, 2006). Depois do beneficiamento, 150 pirenos foram acondicionados sobre peneiras, com tela de alumínio, e colocados para secagem em estufa a 30°C, por seis dias. Ao atingir o mínimo de 50 % de descolamento das sementes da superfície interna do endocarpo, as sementes foram extraídas e colocadas para embebição, por nove dias, em água trocada, diariamente (FERREIRA e GENTIL, 2006). Em seguida, foi feita triagem, com a finalidade de separar 100 sementes, sem nenhum dano aparente, as quais foram destinadas ao teste de germinação.

O teste foi instalado em viveiro coberto por agrofílm de 150 micra de espessura, com temperatura média mínima de 26°C e máxima de 34°C. As sementes foram semeadas em caixas plásticas (53 cm X 34 cm X 9 cm), contendo o substrato areia lavada + serragem de madeira (relação volumétrica 1:2). Na semeadura, as sementes foram posicionadas com o poro germinativo voltado para o lado (Elias et al., 2006), abaixo de camada de 1 cm do substrato, utilizando quatro repetições de 25 sementes.

A emergência foi avaliada, a cada dez dias, até a estabilização do processo, aos 230 dias, tendo como critério a visualização da plântula na superfície do substrato, através da emissão da primeira e/ou segunda bainha. A partir dos dados obtidos, foram calculados a porcentagem, o índice de velocidade, Maguire (1962) e o tempo médio de emergência (EDWARDS, 1934).

As sementes que não formaram plântulas, avaliadas na emergência, foram separadas em sementes em início de germinação e em sementes não germinadas. O somatório do número de plântulas emersas e com o de sementes, em início de germinação, resultou no total de sementes germinadas, que expressou a germinabilidade, conforme (SANTANA e RANAL, 2004). As sementes não germinadas foram avaliadas pelo teste de corte, seguindo os procedimentos recomendados por (BRASIL, 2009).

d) Procedimento estatístico - O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de regressão com ajustes de curvas em função da idade de maturação, a fim de verificar o comportamento das variáveis, em função da idade de maturação fisiológica da semente. Nas análises estatísticas foi utilizado o programa estatístico *software* Assistat 7.6 beta. Apenas para as variáveis, teor de água, massas fresca e seca, além da emergência de plântulas, germinabilidade e índice de velocidade de emergência foi calculado os pontos de máxima e mínima com auxílio do *software* Table curve (JANDEL, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na maturação do tucumã, os pirenos apresentaram alto teor de água na fase inicial, que decresceu, gradativamente, durante a maturação, enquanto, de forma inversa, o acúmulo das massas fresca e seca aumentou (Figura 1). Os pirenos apresentaram, aos 60 dias após a abertura da espata, o maior teor de água 62,64 %, decrescendo, gradualmente para 32,91 %, aos 185,96 dias, na fase da dispersão dos frutos, representando 52,54 % no decréscimo do teor de água durante a maturação da semente.

Na espécie *A. aculeatum*, foi verificado que o endosperma, aos 60 dias, ainda era líquido; desse modo, o monitoramento do teor de água foi feito sobre os pirenos. Essa condição permitiu o monitoramento do teor de água durante a maturação da semente, desde os 60 dias, até aos 190 dias após a abertura da espata. O decréscimo do teor de água, no decorrer da maturação foi observado, também, em espécie da família Arecaceae, na maturação fisiológica das sementes de *Phoenix roebelenii* O'Brien, Iossi et al. (2007) verificaram que no início da formação da semente o teor de água foi de 53,5 % decrescendo para 35,5 % no final da maturação.

Embora o teor de água das sementes de *A. aculeatum* tenha decrescido com o aumento da idade de maturação fisiológica, foi verificado que no final do período de maturação, aos 185,96 dias, o teor de água ainda foi elevado. Alguns estudos mostraram que há palmeiras que apresentam altos teores de água na maturação e no momento de dispersão. Nascimento et al. (2007) observaram que frutos maduros de *Euterpe oleracea*, logo após a colheita, apresentaram sementes com teor de água de 43,4 %.

As variações nos teores de água dos pirenos do tucumã estão de acordo com as considerações de Carvalho e Nakagawa (2000), quando afirmam que a semente, logo após ter sido formada tem, normalmente, alto teor de água. Poucos dias depois, observa-se pequena elevação para, em seguida, começar lento decréscimo, o qual tem duração variável de acordo com a espécie, condições climáticas e o estágio de desenvolvimento da planta, sendo então, seguida de uma fase de rápida desidratação, também muito influenciada pelas condições climáticas. O teor de água, então, decresce

até certo ponto, começando, em seguida, a oscilar com os valores da umidade relativa do ar, demonstrando que, a partir daquele ponto, a planta-mãe não exerce mais controle sobre o teor de água da semente.

Marcos Filho (2005), faz referência ao elevado teor de água, nos estádios iniciais de formação da semente, tanto para as monocotiledôneas, quanto para as dicotiledôneas que, de acordo com esse autor, apresenta teor de água do óvulo, recém-fecundado de no mínimo 80 %, permanecendo elevado durante todo o período de transferência dos assimilados da planta-mãe para as sementes, e sendo a ocorrência desse processo, em meio líquido. O autor enfatiza que a fase inicial de desidratação é lenta, enquanto as sementes acumulam reservas, mas a desidratação é acelerada a partir do estágio em que as sementes atingem a máxima massa seca, ou seja, quando apresentam teor de água de 35 % a 55 %, respectivamente, para monocotiledôneas e dicotiledôneas. Esse decréscimo do grau de umidade prossegue, até que as sementes atinjam o ponto de equilíbrio, com a umidade relativa do ar.

A curva representativa do acúmulo da massa fresca e seca, por pireno; mostrou crescimento gradual no decorrer do tempo de maturação e alto coeficiente de determinação dessas variáveis com a idade de maturação (Figura 1). O acúmulo de massa fresca apresentou valor mínimo de 19,59 g, aos 60 dias após a abertura da espata, alcançando o valor máximo 27,51 g aos 167,31 dias. O comportamento da massa seca foi similar, apresentando crescimento gradual, a partir do valor mínimo de 8,02 g, aos 60 dias após abertura da espata, aumentando, para 18,71 g, aos 190 dias, quando atingiu o valor máximo. Entretanto, foi verificado que a partir de 150 dias o incremento no acúmulo das massas fresca e seca foi mínimo, o que sugere uma tendência à estabilidade a partir dessa idade.

Esse desempenho é descrito para o processo de maturação, onde o acúmulo de massa seca aumenta, ao longo do período de maturação fisiológica. Entretanto, no caso do tucumã, os resultados mostram que a massa fresca apresentou maior evidência do ponto de maturidade, considerando que o maior acúmulo de massa fresca ocorreu aos 167,31 dias e, posteriormente, além do declínio, ocorreu o início da dispersão aos 170 dias após abertura da espata. Marcos Filho (2005) informa que após o ponto de

maturidade fisiológica, a semente é desligada fisiologicamente da planta-mãe, cessando o transporte de fotoassimilados para a semente.

Analisando o comportamento do teor de água e do acúmulo de massa fresca e seca, nos dados estimados, os resultados indicaram que à medida que aumentou o acúmulo de massa, diminuiu os teores de água. Dessa forma, o padrão de acúmulo de massa fresca e seca, para essa espécie, ocorreu conforme descrito por Carvalho e Nakagawa (2000), ou seja, durante a maturação da semente o teor de água declinou à medida que foi ocorrendo maior acúmulo de massa fresca e seca.

Em consonância com as variações no teor de água e no acúmulo de massa seca, foram verificadas mudanças na consistência do endosperma. Inicialmente, este apresentou consistência líquida, aos 60 dias, quando os teores de água foram mais elevados; posteriormente, tornou-se gelatinosa a semi-sólida, até os 120 dias; e rígida, aos 135 dias. O declínio nos teores de água ocorreu de forma inversa ao enrijecimento do endosperma, ou seja, à medida que aumentou o acúmulo de massa seca, o endosperma foi se tornando sólido e os teores de água foram decrescendo.

As reservas apresentaram distinto padrão de deposição (Figura 2). As fibras apresentaram teores mais elevados aos 90 dias, quando alcançou o valor máximo de 2,53 %, declinando até aos 190 dias após a abertura da espata, atingindo o valor mínimo de 1,87 %. De forma inversa, os teores de carboidratos apresentaram valor mínimo de 13,80 %, aos 90 dias e, máximo, de 37,94 %, aos 190 dias após abertura da espata. O teor de proteínas aumentou, acentuadamente, a partir de um valor mínimo de 1,71 %, aos 90 dias, para um valor máximo de 4,57 %, aos 190 dias. De forma similar à proteína e aos carboidratos, os lipídios aumentaram, gradualmente, a partir de um teor mínimo de 7,62 %, aos 90 dias, para um valor máximo de 26,73 %, aos 190 dias, após abertura da espata.

A deposição das reservas apresentou crescimento com o aumento da idade de maturação. Esse comportamento mostrou relação com o acúmulo de massa seca, tendo em vista que esta, também, teve aumento com a idade de maturação. De maneira geral, os teores de reserva apresentaram maiores incrementos entre as idades, nos estádios iniciais, de forma mais evidente entre 90 dias e 120 dias. Esse desempenho pode ser atribuído ao metabolismo mais intenso de síntese, em função de formação de

substâncias e de estruturas na semente (MARCOS FILHO, 2005). As variações dos teores de proteína e dos lipídios, durante a maturação, podem ser atribuídas, em parte, à síntese e a degradação de compostos, tanto para armazenamento, quanto para o metabolismo da semente, nos quais essas substâncias são precursoras (BUCKERIDGE et al., 2004). Marcos Filho (2005) relata que as sementes maduras contêm quantidades significativas, de pelo menos, duas a três substâncias de reservas armazenadas, geralmente, sintetizadas, paralelamente, durante o desenvolvimento. No caso da semente de tucumã, foi constatado que os lipídios e os carboidratos estão na semente em maior proporção.

Na curva representativa da emergência de plântulas, os dados indicam que as sementes apresentaram o ponto de mínima emergência 42,21 %, aos 186 dias, e o de máxima emergência 70,86 %, aos 153 dias após abertura da espata (Figura 3). Dessa forma, foi verificado que as sementes com a idade de 153 dias apresentaram melhor desempenho. Após o ponto de máxima emergência, foi verificado declínio gradativo, na porcentagem de emergência, até aos 190 dias após a abertura da espata.

O comportamento da emergência de plântulas mostrou o efeito da maturação das sementes, tendo em vista que o desempenho das sementes, com idade de 135 dias, foi inferior ao das sementes com maior idade de maturação. No entanto, as sementes com maior tempo de maturação apresentaram um estágio onde ocorreu máxima emergência e, posteriormente, outro declínio, o que torna evidente que a semente de tucumã apresenta um determinado estágio com melhor capacidade de emergência, mas, após esse estágio, ocorre a diminuição nessa capacidade.

A germinabilidade apresentou comportamento similar ao da emergência (Figura 4). O ponto de mínima germinabilidade apresentou o valor de 44,33 % e foi obtido das sementes com idade de 185 dias, após abertura da espata. O de máxima germinabilidade, o valor foi de 71,74 % e foi obtido das sementes com idade de 153 dias. As sementes apresentaram pontos coincidentes no desempenho de máxima germinabilidade e emergência aos 153 dias. Carvalho e Nakagawa (2000) informam que no ponto de máxima qualidade fisiológica, a semente apresenta o máximo de germinação e vigor, sendo esse ponto chamado de ponto de maturidade fisiológica. Nessa condição, o ponto de maturidade fisiológica da semente de tucumã ocorreu aos

153 dias, após a abertura da espata, tendo em vista que as sementes com essa idade apresentaram à máxima germinabilidade e emergência de plântulas. Nesse aspecto, é importante considerar que, tanto a emergência, quanto a germinabilidade indicaram um ponto de máxima capacidade fisiológica da semente. Entretanto, após esse estágio, ocorreu declínio na qualidade fisiológica da semente. Dessa forma, o decréscimo nos valores de germinabilidade e de emergência, logo após o ponto de maturidade fisiológica, podem ser atribuídos, em parte, à diminuição da qualidade fisiológica da semente, tendo em vista que, a partir desse ponto, o processo de deterioração compromete a qualidade da semente (MARCOS FILHO, 2005).

Considerando que a qualidade fisiológica da semente é fundamental para a obtenção de sementes, com boa condição de viabilidade e vigor, essa idade de maturação da semente é aconselhável para a coleta dos frutos. Vale salientar que, no Amazonas, os coletores de frutos de tucumã consideram o ponto de maturação comercial o início da dispersão, quando parte dos frutos, em toda extensão do cacho, apresenta desprendimento natural e mesocarpo com coloração amarelo escuro a alaranjado. Entretanto, foi verificado que os frutos iniciaram a dispersão entre 170 a 180 dias, após a abertura da espata; dessa forma, a maturidade fisiológica das sementes de tucumã ocorreu antes da dispersão dos frutos.

Na curva representativa de sementes dormentes, pode ser verificado que a dormência foi evidente, a partir das sementes com idade de 170 dias, que apresentaram um percentual de 3,27 % (Figura 4). As sementes com idade de 180 dias após abertura da espata, apresentaram o valor máximo de sementes dormentes (5,38 %). Nesse desempenho, foi verificado que, logo após o ponto de maturidade fisiológica, um tipo de dormência primária se instalou na semente de *A. aculeatum*. Outro aspecto relevante foi o aumento da dormência apresentando ponto coincidente com o declínio acentuado da emergência e da germinabilidade.

A relação entre germinação e dormência ocorre durante o desenvolvimento da semente. Cardoso (2004) informa que a capacidade germinativa é adquirida logo no início da maturação e a dormência pode se manifestar no início ou no final desse processo. Na grande maioria dos casos, existem fatores que controlam o desenvolvimento do embrião impedindo que ocorra a germinação na planta-mãe. O

autor informa que, durante a fase de desenvolvimento e/ou maturação, instala-se a dormência primária, sendo a semente, nessa condição, dispersa da planta-mãe, já em estado dormente, exigindo, portanto, tratamentos ou condições específicas para se tornar quiescente. Outros autores consideram que a imposição da dormência, durante a maturação, é um mecanismo que impede que a semente germine em condições desfavoráveis durante a dispersão (BRYANT, 1989; PINÃ-RODRIGUES e AGUIAR, 1993; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000; DIAS, 2005).

De forma inversa ao comportamento da germinabilidade, a mortalidade das sementes decresceu com o aumento da idade de maturação (Figura 4). As sementes, com idade de 135 dias, apresentaram o máximo valor de mortalidade (66,46 %). Os menores valores de mortalidade foram obtidos das sementes com idade de 150 dias, que apresentou valor mínimo, na porcentagem de mortalidade 30,81 %.

Em sementes de tucumã, a alta taxa de mortalidade que ocorreu nas sementes, com idade de 135 dias, pode ser atribuída à imaturidade das sementes, tendo em vista que, a porcentagem de mortalidade diminuiu à medida que aumentou a idade de maturação, atingindo menor valor aos 150 dias. Nesse aspecto, Carvalho e Nakagawa (2000) ressaltam que sementes imaturas podem germinar; no entanto, as plantas mais vigorosas são obtidas de sementes colhidas no ponto de maturidade fisiológica. Esse desempenho indica que, tanto as sementes colhidas no estágio que antecede o ponto de maturidade fisiológica, quanto às colhidas, após esse estágio de maturação, podem apresentar elevada taxa de mortalidade. Na primeira condição, em função da imaturidade e, na segunda, possivelmente, do processo de deterioração da semente. Assim sendo, a melhor condição para a colheita das sementes de tucumã foi aos 153 dias após a abertura da espata.

O índice de velocidade de emergência apresentou crescimento gradual com o aumento da idade de maturação. Entretanto, as sementes com idade de 181 dias apresentaram emergência mais lenta, atingindo um índice com o valor mínimo de 0,356. As sementes com idade de 152 dias apresentaram maior velocidade de emergência, alcançando o valor máximo com o índice de 0,603 (Figura 5). O índice de velocidade de emergência está relacionado ao vigor da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Esse resultado, portanto, indica que, aos 135 dias, as sementes

apresentaram capacidade germinativa, mas tinham baixo vigor e aos 152 dias, as sementes apresentaram melhor condição de vigor, e aos 181 dias, verificou-se a ocorrência da dormência, por tanto o baixo índice de velocidade de emergência pode ser atribuído a esse fato.

O tempo de emergência de plântulas ocorreu entre 114 dias e 141 dias. Entretanto, os resultados não mostraram diferenças significativas entre as idades de maturação avaliadas, indicando que a emergência foi concentrada em torno do tempo médio de 132 dias e que essa variável não foi um bom indicador da maturidade fisiológica da semente (Figura 6).

CONCLUSÃO

A idade de maturação fisiológica teve influência na qualidade fisiológica e afetou o desempenho germinativo da semente. Aos 135 dias, após abertura da espata, as sementes apresentam elevada mortalidade de sementes.

Aos 153 dias após abertura da espata, as sementes de *A. aculeatum* apresentaram maior porcentagem de germinabilidade e emergência.

As sementes de *A. aculeatum* apresentam ponto de maturidade fisiológica antes da dispersão dos frutos. A partir desse estágio ocorreu redução na porcentagem de germinabilidade, emergência e no índice de velocidade de emergência das plântulas.

O tucumã apresentou instalação de dormência primária durante o processo de maturação fisiológica da semente.

REFERÊNCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**. 14.th.ed. Washington: AOAC, 1984.1141p.
- BITTENCOURT, J.F.N.; SADER, R.; UNGARO, M.R.G.; TOLEDO, N.M.P. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. contisol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.81-85, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília. MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BRYANT, J.A. **Fisiologia da Semente**. São Paulo: EPU, 1989. 86p.
- BUCKERIDGE, M.S.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S.; AIDAR, M.P.M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A.G; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.163-185.
- CARDOSO, V.J.M. Dormência: estabelecimento do processo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.95-108.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CLEMENT, C.R.; ALFAIA, S.S.; IRIARTE-MARTEL, J.H.; YUYAMA, K.; MOREIRA GOMES, J.B.; VAN LEEUWEN, J.; SOUZA, L.A.G.; CHÁVEZ FLORES, W.B. Fruteiras nativas e exóticas. In: NODA, H.; SOUZA, L.A.G.; FONSECA, O.J.M. (Eds.). **Dois décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido**. Manaus: INPA, 1997. p.111-129.
- DIAS, D.C.F.S. Maturação de sementes. **Seed News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.
- DIAS, D.C.F.S. Dormência em sementes: mecanismos de sobrevivência das espécies. **Seed News**, v.9, n.4, p.24-28, 2005.
- EDWARDS, T.I. Relations of germinating soy beans to temperature and length of incubation time. **Plant Physiology**, v.9, n.1, p.1-30,1934.
- ELIAS, M.E.A.; FERREIRA, S.A.N.; GENTIL, D.F.O. Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função da posição de semeadura. **Acta Amazonica**, v.36,n.3, p.385-388, 2006.
- FERREIRA, S.A.N.; GENTIL, D.F.O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, v.36, n.2, p.141-146, 2006.

GUILLAUMET, J.L.; RODRIGUES, M.R.L.; MIRANDA, I.P.A. A Estação experimental do Rio Urubu – Embrapa Amazônia Ocidental. In: MIRANDA, I.P.A. et al. (Eds.). **Ecossistemas florestais em áreas manejadas na Amazônia**. Manaus, AM: Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2003. p.30-64.

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

JANDEL SCIENTIFIC. **Table curve**: Curve fitting software. Corte Madera, 280p. 1991.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MOZAMBANI, A.E.; SADER, R.; PINTO, L.R. Maturação fisiológica e retardamento de colheita de sementes de crotalária (*Crotalaria juncea* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, n.1, p.55-62, 1993.

NASCIMENTO, W.M.O.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CICERO, S.M. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**. v.29, n.2, p.38-43, 2007.

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

PIVETTA, K.F.L.; BARBOSA, J.G.; ARAÚJO, E.F.; DEMATTÊ, M.E.P. Propagação de palmeiras e estrelitzias. In: BARBOSA, J.G.; LOPES, L.C. **Propagação de Plantas Ornamentais**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 183p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Brasília: Editora UnB, 2004. 248p.

YUYAMA, L.K.O.; MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J.P.L.; MARINHO, H.A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.408-412, 2008.

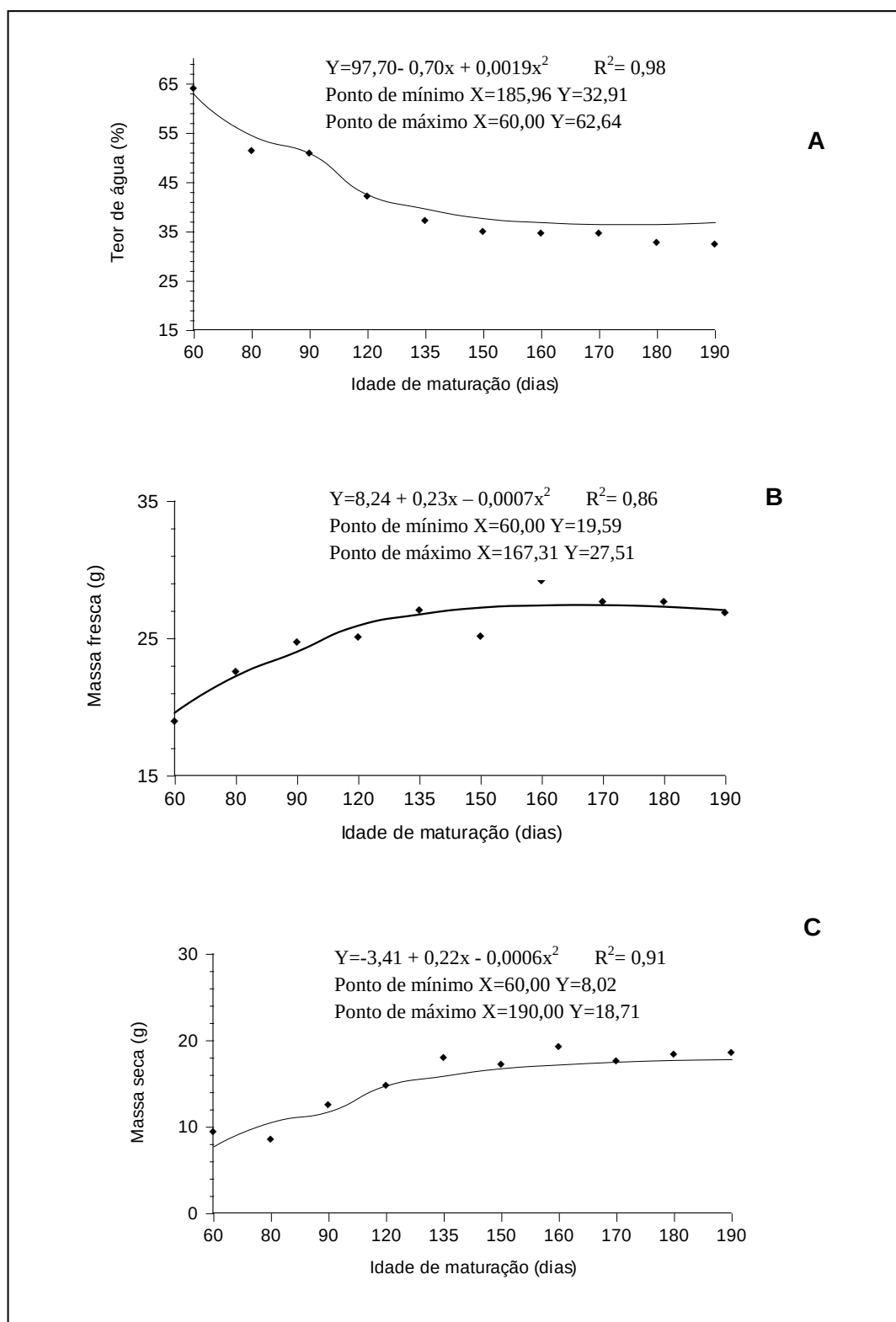


FIGURA 1 - Comportamento do teor de água (A), da massa fresca (B) e seca (C) do pireno de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.

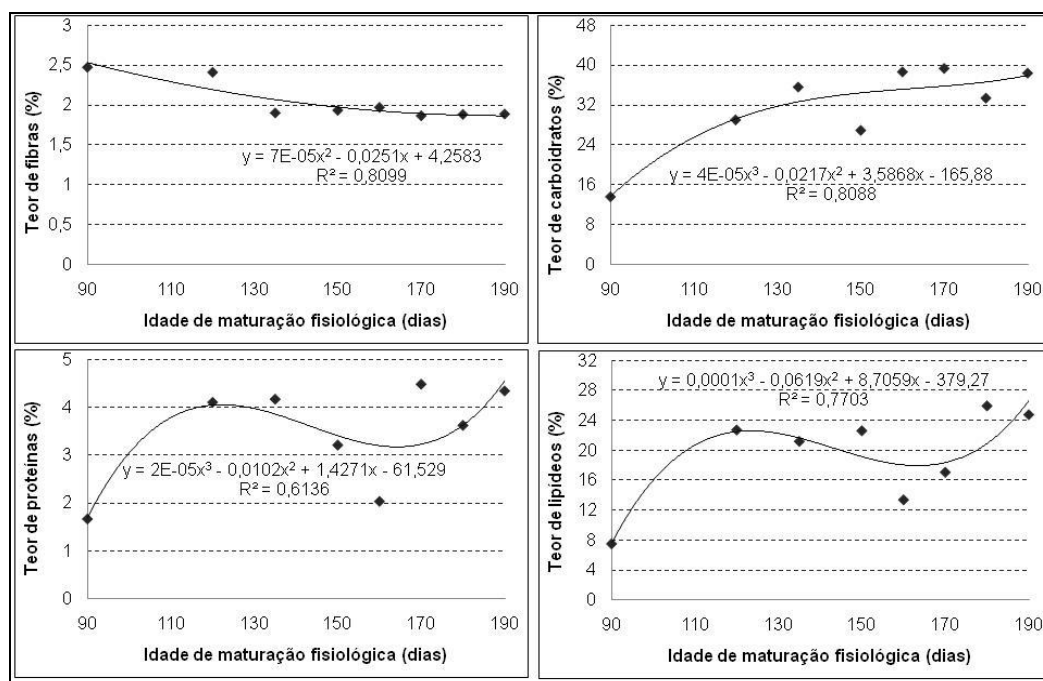


FIGURA 2 - Acúmulo de reservas em sementes de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.

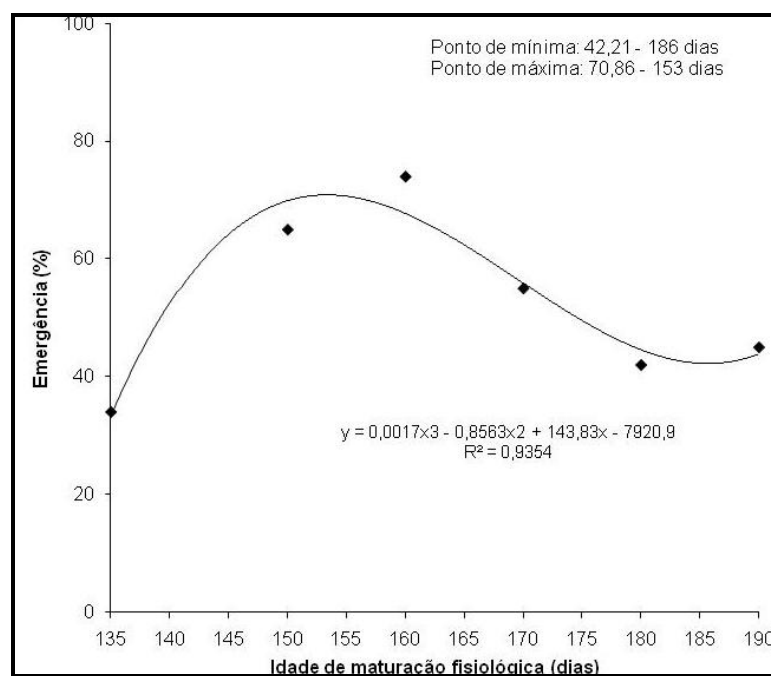


FIGURA 3 - Emergência de plântulas de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.

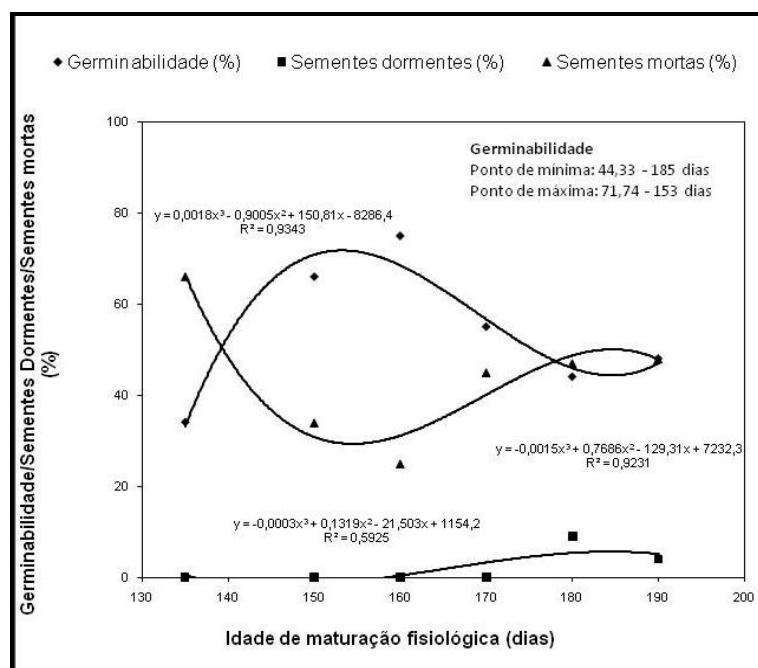


FIGURA 4 - Germinabilidade, dormência e mortalidade em sementes de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.

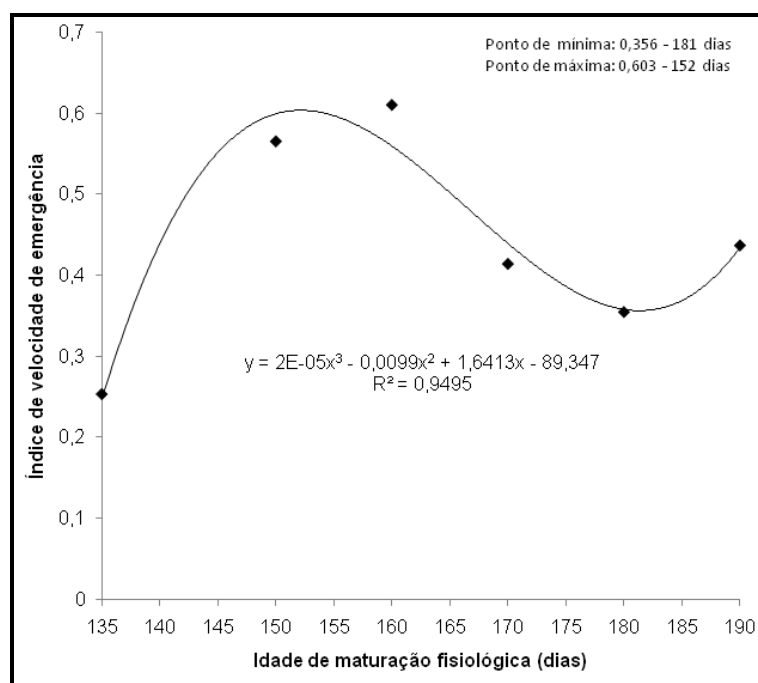


FIGURA 5 - Índice de velocidade de emergência de plântulas de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.

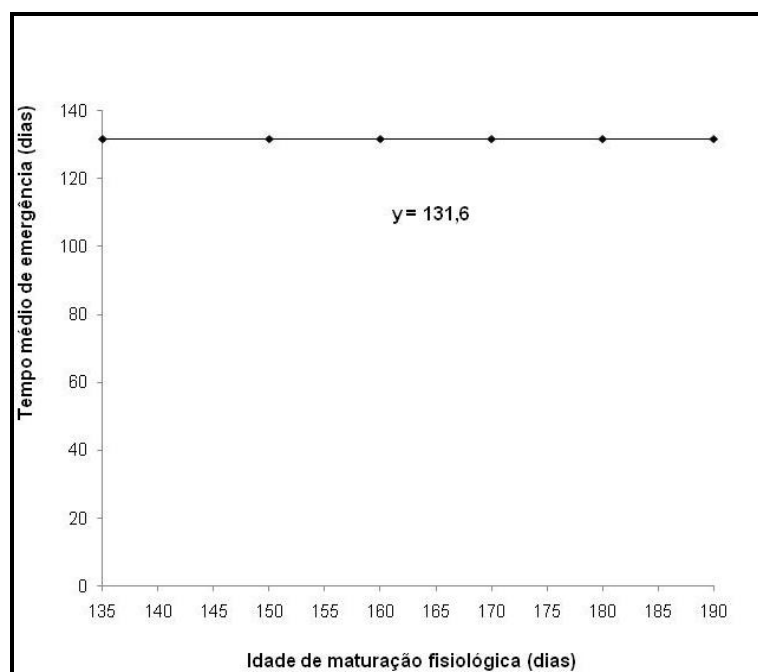


FIGURA 6 - Tempo médio de emergência de plântulas de *Astrocaryum aculeatum*, em função da idade de maturação fisiológica. Manaus, UFAM, 2011.

CAPÍTULO III

REPOUSO PÓS-COLHEITA E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae)

(Artigo elaborado nas normas da Revista Brasileira de Fruticultura)

REPOUSO PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae)¹

Maria Elizabeth de Assis Elias², Maria Sílvia de Mendonça³, Daniel Felipe de Oliveira Gentil⁴

RESUMO - O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de tucumã em diferentes períodos de repouso pós-colheita. As sementes oriundas dos frutos de 10 plantas foram acondicionadas em sacos de rafia, onde permaneceram sob temperatura média mínima de 28°C e máxima de 29°C, por 0, 5, 10, 15 e 20 dias. O teste de germinação foi implantado, em viveiro, com delineamento, inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições de 25 sementes cada. A massa fresca dos frutos nos tratamentos dia zero e 20 dias de repouso pós-colheita, diminuiu de 62 g para 40 g e, nos pirenos, de 35 g para 31 g. O teor de água das sementes decresceu de 42 % no dia zero para 36 % aos 20 dias de maturação pós-colheita. A emergência de plântulas de 42 % diminuiu para 19 %, a germinabilidade de 46 % declinou para 19 %, o índice de velocidade de emergência de 0,099 diminuiu para 0,045 e o teor de proteínas das sementes de 4,26 % reduziu para 2,29 %. A menor porcentagem de mortalidade ocorreu nas sementes do tratamento dia zero (43 %) e a maior (78 %) nas do tratamento 20 dias de repouso pós-colheita. Os períodos de repouso pós-colheita não influenciaram o tempo médio, inicial e final de emergência. De acordo com os resultados, as sementes de tucumã, extraídas de frutos colhidos no início do seu desprendimento natural do cacho, apresentaram desempenho fisiológico superior às submetidas a períodos de maturação pós-colheita.

Termos para indexação: germinação, palmeira, frutífera amazônica.

¹Parte da tese de doutorado da primeira autora. Financiamento: FAPEAM/ UFAM

²Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da UFAM (bethelias@ufam.edu.br)

³Profa. Dra. da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM (msilvia@ufam.edu.br)

⁴Prof. Dr. da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM (dfgentil@ufam.edu.br)

POST-HARVEST MATURITY AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEED OF TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey. - Arecaceae)

ABSTRACT - This study aimed to evaluate the physiological quality of seeds of tucumã in different periods of post-harvest ripening. The seeds originated from fruits of 10 plants were packed in raffia bags, in which they remained under the average minimum temperature of 28°C and maximum of 29°C during 0, 5, 10, 15 and 20 days. The germination test was implemented in the nursery, with completely randomized design with five treatments and four replicates of 25 seeds each. The fresh weight of fruit on day zero and treatment 20 days post-harvest ripening ranged from 62g to 40g and 35 g to 31 g in the pyrenes. The water content of seeds decreased from 42.0 % at day zero to 36.0 % at 20 days post-harvest ripening. The emergence of seedlings decreased from 42 % to 19 %. The rate of germinability declined from 46 % to 19 %, the rate of emergence decreased from 0.099 to 0.045 and the protein content of seeds decreased from 4.26 % to 2.29 %. The lowest percentage of mortality occurred in the seed treatment day zero (43 %) and highest (78 %) in the treatment 20 days post-harvest ripening. Periods of post-harvest ripening did not influence the mean time, the initial, and the final time of emergence. According to the results it can be concluded that seeds extracted from fruits harvested at the beginning of spontaneous detachment of the bunch, showed higher physiological performance than those subject to periods of post-harvest ripening.

Index terms: germination, palm, Amazon fruit.

INTRODUÇÃO

As palmeiras apresentam alto potencial econômico, sendo que muitas já são exploradas comercialmente na produção de amido, palmito, óleos, ceras e fibras, enquanto outras, ainda são utilizadas artesanalmente, como fonte de alimentos, bebidas e matérias-primas na construção de barcos, pontes e casas (SANTELLI et al., 2009). Dentre as palmeiras frutíferas que ocorrem na Amazônia, *Astrocaryum aculeatum*, popularmente conhecida como tucumã, destaca-se pela sua versatilidade de usos. A espécie é monocaule, de até 25 m de altura, com estipe de 25 cm de diâmetro e espinhos nos entrenós. A propagação é feita por sementes, que comumente apresentam germinação demorada e desuniforme (MIRANDA e RABELO, 2008).

A propagação por sementes é uma forma prática e econômica de multiplicação das plantas, constituindo-se em insumo primordial para a maioria dos cultivos comerciais. Nas plantas cultivadas, a semente representa a garantia de sobrevivência e perpetuação da espécie, além de contribuir para o estabelecimento de características que poderão ser bem sucedidas em determinado ambiente e disponibilizadas ao setor produtivo. Dessa forma, o desenvolvimento de procedimentos eficientes para a produção de sementes pode ser concretizado se estiver apoiado em conhecimentos sobre os processos vitais da semente, os fatores que os afetam e suas relações com o desempenho durante o armazenamento e após a semeadura.

A variação na germinação pode apresentar relação direta com a condição de dormência da semente e a sua qualidade fisiológica, que por sua vez, é fortemente influenciada pelo grau de maturação (NEVES et al., 2010; NAKADA et al., 2011; FIOR et al., 2011). De maneira geral, para fins de preservação da qualidade da semente é recomendada à colheita dos frutos, quando estas atingem a maturidade fisiológica. Após esse estágio, a permanência destas no campo, resulta na sua deterioração progressiva (MEDEIROS et al., 2010; LAZAROTTO et al., 2011).

O momento da ocorrência do estágio de maturidade fisiológica das sementes varia conforme a espécie e as condições ambientais predominantes. Em muitas espécies, as sementes atingem a maturidade fisiológica antes do amadurecimento do fruto. Em outras, as sementes requerem, após a colheita dos frutos, um período de

repouso em local fresco e ventilado, que varia de 7 a 10 dias, para as sementes imaturas completarem o seu desenvolvimento (DIAS, 2001). No caso de maturação pós-colheita, o desenvolvimento do eixo embrionário e a formação de reservas não se completaram durante a maturação da semente, quando ainda ligada fisiologicamente à planta-mãe; com isso, uma parte do processo é transferida para o período que se chama germinação (BUCKERIDGE et al., 2004). Segundo esses autores, as espécies que exibem esse comportamento são classificadas como imaturo-eutróficas.

O ponto de colheita comercial ou de consumo, nem sempre corresponde ao ponto de máxima qualidade fisiológica das sementes. Embora, em geral, seja recomendado colher as sementes de palmeiras quando os frutos estiverem maduros (mudança de coloração e/ou desprendimento do cacho), nem sempre esse indicativo corresponde ao ponto de maturidade fisiológica da semente; mas, nesse ponto, ou próximo dele, as sementes apresentam o máximo conteúdo de massa seca, germinação e vigor (PIVETTA et al., 2007).

O ponto para colheita comercial dos frutos de tucumã é quando inicia o desprendimento natural dos frutos do cacho e a mudança da coloração do mesocarpo para amarela ou laranja escura. Porém, não é conhecido, se nesse ponto as sementes já atingiram a maturidade fisiológica. Ferreira e Gentil (2006) reconheceram que em tucumã, além do impedimento à germinação imposto pelo endocarpo, pode haver outros fatores que limitam a capacidade germinativa dessas sementes, tendo em vista que, após a retirada do endocarpo, apresentaram baixa porcentagem e irregularidade na germinação. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de tucumã, em diferentes períodos de repouso do fruto pós-colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Setor de Olericultura da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Os frutos foram obtidos de 10 plantas, numa população de ocorrência espontânea localizada no município de Rio Preto da Eva, Amazonas. A colheita foi realizada no início do desprendimento natural, quando parte dos frutos, em toda a extensão do cacho, apresentava mesocarpo com coloração amarelo escura a alaranjada.

Após a homogeneização, os frutos foram distribuídos aleatoriamente em cinco sacos de ráfia, onde permaneceram em condições de ambiente natural, com temperatura média mínima de 28°C e máxima de 29°C, por 0, 5, 10, 15 e 20 dias de repouso pós-colheita. Os frutos, contidos em cada saco, corresponderam a um período de repouso pós-colheita. Em cada período, foram retiradas amostras que foram submetidas às seguintes análises:

a) Massa fresca dos frutos e dos pirenos: realizada em balança com precisão de duas casas decimais, utilizando 100 unidades que foram pesadas isoladamente. Os pirenos foram extraídos, manualmente, sendo retirados o exocarpo e o mesocarpo, com auxílio de faca.

b) Teor de água das sementes: foi realizado em cinco repetições de quatro sementes, seccionadas no sentido longitudinal e transversal, ficando fracionadas em quatro partes. O teor de água foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}/24$ horas (BRASIL, 2009). As sementes foram extraídas dos pirenos, através da retirada do endocarpo, com auxílio de morsa e arco de serra.

c) Germinação de sementes: na extração das sementes foram seguidos os procedimentos recomendados por Ferreira e Gentil (2006). Entretanto, a secagem dos pirenos foi feita, artificialmente em estufa, com circulação forçada de ar e temperatura controlada de $30 \pm 3^\circ\text{C}$, até a obtenção de 90% de sementes desprendidas; na secagem, os pirenos foram colocados, sobre peneira, em camada única. Após a secagem, foi realizada outra determinação do teor de água, em cinco repetições de quatro unidades fracionadas, conforme descrito anteriormente.

O teste foi instalado em viveiro coberto por agrofílm de 150 micra de espessura, com temperatura média mínima de 26°C e máxima de 34°C. As sementes foram semeadas em caixas plásticas (53 cm x 34 cm x 9 cm), contendo o substrato areia lavada + serragem de madeira (relação volumétrica 1:2). Na semeadura, as sementes foram posicionadas com o poro germinativo voltado para o lado, abaixo de camada 1 cm do substrato, utilizando quatro repetições de 25 sementes.

A emergência foi avaliada a cada 10 dias até a estabilização do processo aos 230 dias, tendo como critério a visualização da plântula, na superfície do substrato, por meio da emissão da primeira e/ou segunda bainha. A partir dos dados obtidos, foram calculados a porcentagem, o índice de velocidade, Maguire (1962), o tempo inicial, o médio e o final de emergência (EDWARDS, 1934).

As sementes que não formaram plântulas, avaliadas na emergência, foram separadas em sementes em início de germinação e em sementes não germinadas. O somatório do número de plântulas emersas com o de sementes, em início de germinação, resultou no total de sementes germinadas, que expressou a germinabilidade (BORGHETTI e FERREIRA, 2004). As sementes não germinadas foram avaliadas pelo teste de corte, seguindo os procedimentos recomendados por (BRASIL, 2009).

d) Teor de proteína: foi determinado em amostra de 10 sementes que foram, previamente, fragmentadas, congeladas por oito horas e liofilizadas por 30 horas. As determinações do teor de nitrogênio foram feitas, em triplicatas, de acordo com as normas analíticas da AOAC (1984) para os procedimentos do método de digestão Kjeldahl, sendo os dados expressos em porcentagem.

O delineamento experimental adotado foi o, inteiramente, casualizado, com cinco tratamentos (períodos de repouso pós-colheita). Os dados da massa fresca dos frutos e dos pirenos foram analisados através da estatística descritiva. Para as outras variáveis, após a aplicação dos testes de normalidade e homogeneidade, foi feita a análise de variância. Os dados expressos em porcentagem foram transformados em arco-seno $\sqrt{(x/100)}$. Os dados foram submetidos à análise de regressão, a fim de verificar o comportamento das variáveis em função do período de repouso pós-colheita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa fresca dos frutos de tucumã, logo após a colheita (dia zero), foi de 62 g (Figura 1). Com o prolongamento do tempo foi verificado decréscimo gradativo da massa fresca dos frutos, atingindo 40 g, aos 20 dias de repouso pós-colheita. Comportamento similar foi apresentado pelos pirenos que, embora em menor proporção, apresentaram redução de 35 g (dia zero) para 31 g (aos 20 dias). Isso pode ser devido à barreira estrutural formada pelo epicarpo e mesocarpo que, impedindo a exposição direta dos pirenos às condições ambientais, influenciou na velocidade da perda de água.

As sementes apresentaram variação no teor de água nos diferentes períodos de repouso pós-colheita (Figura 2). O teor inicial de água, no dia zero, foi de 42,0 %. A partir desse período, foi verificado nos dados estimados, declínio no teor de água, atingindo 36,0 %, aos 20 dias de repouso pós-colheita. Esse comportamento evidencia que, apesar da permanência do pericarpo, as sementes perderam água, gradativamente no decorrer do período de repouso pós-colheita.

No caso do tucumã, foi verificado que quando os frutos iniciaram a dispersão, o teor de água das sementes foi 42 %. O elevado teor de água na semente, em frutos maduros, foi constatado em outras espécies da família Arecaceae. Nascimento et al. (2010) observaram que, no estágio de maturidade dos frutos de *Euterpe oleracea*, o teor de água das sementes foi de 43,4 %. Ferreira (2005) relatou, em *Bactris gasipaes*, teor de umidade na ordem de 45 % para sementes extraídas de frutos maduros e recém-colhidas. Esses dados mostram que as sementes de tucumã apresentam um comportamento similar ao de outras espécies da mesma família.

A emergência das plântulas (Figura 3A) mostrou tendência linear decrescente com o aumento do período de repouso pós-colheita. O tratamento dia zero apresentou valor superior (42 %) aos demais tratamentos. Nos tratamentos 15 dias e 20 dias de repouso pós-colheita, as porcentagens de emergência foram 24,5 % e 19 %, respectivamente, sendo este desempenho inferior quando comparado aos demais tratamentos. Assim, foi verificado que houve declínio da capacidade germinativa no decorrer do período de repouso dos frutos pós-colheita.

Em relação ao padrão de maturação (Carvalho e Nakagawa, 2000; Dias, 2001; Borghetti, 2004) informam que existem espécies que atingem a maturidade fisiológica na planta-mãe e outras que necessitam de um período de maturação pós-colheita para a completa maturação da semente. De maneira geral, as sementes imaturas colocadas para germinar, logo após a colheita, mostram menor porcentagem de germinação quando comparadas aquelas após alguns dias de armazenamento. As sementes com embriões imaturos não germinam logo após a dispersão, sendo necessário para essas sementes, um período adicional para o completo desenvolvimento do embrião. Desse modo, ficou evidente que as sementes de tucumã apresentaram um comportamento inverso, tendo em vista que o valor da emergência foi maior nos tratamentos, dia zero e cinco dias, do que nos períodos de maior tempo de repouso (15 dias e 20 dias de repouso pós-colheita).

O desempenho na germinabilidade e na emergência das sementes, mostrou declínio com o aumento do período de repouso (Figura 3B). No tratamento dia zero, ocorreu o valor máximo de germinabilidade (46 %). O aumento do período de repouso pós-colheita foi seguido do declínio na germinabilidade, atingindo nos períodos de 15 e 20 dias de repouso pós-colheita, 26 % e 19 %, respectivamente. Assim sendo, torna-se evidente que o aumento do período de repouso pós-colheita afetou negativamente a viabilidade das sementes, na condição em que foi realizado esse estudo.

Em algumas espécies a alta porcentagem de germinação está condicionada a obtenção de sementes no estágio da maturidade fisiológica e a sua semeadura, na condição de recém-colhida, tendo em vista, que a capacidade germinativa é afetada pela deterioração da semente (MARTINS et al., 2011). Estudos com outras espécies da família Arecaceae, mostraram que sementes oriundas de frutos maduros, quando associadas aos fatores temperatura e substrato, aumentaram o desempenho germinativo (PIVETTA et al., 2008; QUEIROZ e BIANCO, 2009; FERREIRA et al., 2010). Esse resultado torna evidente a ocorrência de espécies nessa família, cujas sementes, não requerem tempo de repouso pós-colheita para expressarem o seu potencial germinativo.

O progresso da deterioração das sementes ocorreu de forma inversa da germinabilidade, tendo em vista que o aumento foi gradativo (Figura 3B), à medida

que aumentou o período de repouso pós-colheita. As sementes do tratamento dia zero atingiram o valor mínimo de mortalidade de 43 %. As dos tratamentos cinco dias e 10 dias apresentaram valores de 52 % e 61 %, respectivamente. Os maiores valores estimados de mortalidade (70 % e 78 %) ocorreram, respectivamente, nas sementes dos tratamentos 15 dias e 20 dias de repouso pós-colheita.

Em outros estudos com sementes de tucumã, os autores também observaram valores elevados de mortalidade. No estudo da extração, embebição e germinação da semente de tucumã, Ferreira e Gentil (2006) informaram a ocorrência de 26 % de mortalidade das sementes, sendo apontada como uma das causas os danos decorrentes do método da extração da semente. Nazário e Ferreira (2010), estudando a emergência em função da temperatura e da embebição, verificaram elevada mortalidade, variando de 35 % a 48 % entre os tratamentos. Conforme esses autores, o prolongado tempo de avaliação no viveiro contribuiu para que fungos e insetos causassem problemas fitossanitários às sementes.

Em uma análise conjunta da germinabilidade e da mortalidade, foi verificado que, a partir do dia zero, aumentou a mortalidade e, a partir de cinco dias, declinou a germinação. Desse modo, ficou evidente que o processo de deterioração teve influência na qualidade fisiológica da semente. Em muitas espécies, que são dispersas após as semente atingirem o ponto de maturidade fisiológica, a qualidade da semente pode permanecer ou decrescer, a partir da maturidade fisiológica, sendo as adversidades, às quais a semente é submetida, os fatores que podem em maior ou menor grau contribuir para aumentar a velocidade de deterioração. A deterioração inclui transformações degenerativas, sendo apontada como uma das causas da perda de vigor, apresentando reflexos, na redução da velocidade de germinação e perda da capacidade germinativa (CORTE et al., 2010; OLIVEIRA e GOMES-FILHO, 2010).

O teor de proteínas, no tratamento dia zero, foi de 4,26 %. Posteriormente, os valores mostraram declínio no decorrer do período de repouso pós-colheita, alcançando os teores de 2,58 % e 2,29 % nas sementes dos tratamentos 15 dias e 20 dias, respectivamente. O decréscimo no teor de proteínas das sementes, até o tratamento 20 dias, representou uma diferença de 46 %, sendo elevado, considerando

que as sementes desse tratamento permaneceram apenas por um período de 20 dias em repouso, após a colheita dos frutos (Figura 4).

Nesse aspecto, Delouche (2002) informou que, no processo de deterioração, os mecanismos energéticos e de síntese são afetados, diminuindo a taxa respiratória e a atividade de muitas enzimas. A redução na produção de energia e de biossíntese apresenta efeito pronunciado, diminuindo a velocidade de germinação. Conforme Marcos Filho (2005), no processo de deterioração das sementes, ocorre reações metabólicas que formam substâncias tóxicas, sendo considerada dentre outras, a peroxidação dos lipídios e a formação de compostos fenólicos. O autor considera os compostos tóxicos, a partir dos lipídios, como a principal causa da deterioração. O tucumã é uma espécie oleaginosa que, segundo Barbosa et al. (2009), apresenta amêndoa com rendimento médio de óleo de 20%, quando obtido por prensagem mecânica e, 40% no Soxhlet. O autor informa que a semente possui altas taxas de ácidos graxos que, preponderantemente, são cadeias hidrocarbônicas saturadas e curtas. Assim, substâncias tóxicas, a partir dos lipídios presentes na semente, podem contribuir para a deterioração das mesmas.

O índice de velocidade de emergência mostrou comportamento similar ao da emergência. O maior valor no índice de velocidade de emergência (0,099) foi obtido nas sementes com menor tempo de repouso pós-colheita (dia zero); posteriormente, a velocidade de emergência foi diminuindo, gradativamente, com o aumento do período de repouso, alcançando os índices de 0,058 e 0,045, respectivamente, nos tratamentos 15 dias e 20 dias (Figura 5A). Assim, os dados indicaram que o aumento do tempo de repouso pós-colheita resultou na redução da velocidade de emergência.

O tempo médio de emergência das plântulas variou entre 105 dias e 118 dias, não mostrando diferenças significativas entre as médias dos tratamentos de repouso pós-colheita (Figura 5B). As sementes não tiveram melhor desempenho quando o período de repouso pós-colheita foi aumentado. Dessa forma, o período de repouso pós-colheita não mostrou influência na precocidade da emergência das plântulas.

O comportamento do tempo inicial de emergência (Figura 6A) foi similar ao da variável-resposta, tempo médio de emergência, ou seja, sem efeito do tempo de repouso pós-colheita e ocorreu, em média, aos 77 dias, após a semeadura. Assim

sendo, o prolongamento do tempo de repouso pós-colheita, não diferenciou nenhum tratamento pela celeridade na iniciação da emergência. Conforme Ferreira et al. (2010), algumas palmeiras apresentam germinação demorada, desuniforme e com baixa porcentagem, portanto, necessitando de tratamentos pré-germinativos para acelerar a germinação. Nesse aspecto, Nazário e Ferreira (2010) observaram que tratamentos pré-germinativos em tucumã podem antecipar o tempo inicial de emergência de plântulas. Os autores relataram que sementes embebidas e submetidas à temperatura de 35°C apresentaram tempo inicial de emergência de 80 dias, enquanto que, em sementes embebidas e submetidas à temperatura de 25°C, o tempo inicial para emergência das plântulas foi de 115 dias.

O tempo final de emergência (Figura 6B) e a estabilização da emergência em todos os tratamentos variaram, em média, de 136 dias a 188 dias. Os dados evidenciaram que, no tratamento dia zero, a estabilização ocorreu aos 174 dias e no tratamento 20 dias, que foi o maior tempo de repouso, 172 dias. No tratamento 15 dias, apesar do valor ter sido menor, para o encerramento da emergência, 136 dias, foi observado, que nesse tratamento, o valor da emergência foi mais baixo e o de mortalidade mais elevado do que no tratamento dia zero, sendo, portanto, um indicativo desfavorável para o prolongamento do tempo de repouso pós-colheita.

Em uma análise conjunta, os resultados da germinação, emergência e velocidade de emergência, indicaram que ocorreu perda da qualidade fisiológica da semente quando o tempo de repouso pós-colheita foi prolongado. Na família Arecaceae ocorrem espécies que condicionam a obtenção de maior porcentagem de germinação em sementes recém-colhidas. Em estudo com *Elaeis guineensis*, Martine et al. (2009), observaram que sementes frescas apresentaram maior porcentagem de germinação 55,39 % em comparação as que permaneceram armazenadas por um período de seis meses, cujo desempenho foi inferior com 38,68 %. Esse comportamento foi constatado, para sementes de tucumã, tendo em vista, que as sementes recém-colhidas apresentaram desempenho superior e que o aumento do período de repouso pós-colheita foi prejudicial à qualidade das sementes da espécie.

CONCLUSÃO

As sementes de tucumã, extraídas de frutos colhidos no início do seu desprendimento natural do cacho, apresentaram desempenho fisiológico superior às submetidas a períodos de repouso pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**. 14.th.ed. Washington: AOAC, 1984. 1141p.
- BARBOSA, B.S.; KOOLEN, H.H.F.; BARRETO, A.C.; SILVA, J.D.; FIGLIUOLO, R.; NUNOMURA, S.M. Aproveitamento do óleo das amêndoas de tucumã do Amazonas na produção de biodiesel. **Acta Amazonica**, Manaus, v.39, n.2, p.371-376, 2009.
- BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A.G; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.109-123.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A.G; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.109-123.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BUCKERIDGE, M.S.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S.; AIDAR, M.P.M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A.G; BORGHETTI, F. (orgs.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.163-185.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.
- CORTE, V.B.; LIMA, BORGES, E.E.L.; LEITE, H.G.; LEITE, I.T.A. Qualidade fisiológica de sementes de *Melanoxylon brauna* envelhecidas natural e artificialmente. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.38, n.86, p.181-189, 2010.
- DELOUCHE, C. Germinação, deterioração e vigor de semente. **Seed News**, Pelotas, v.6, n.6, p.1-8, 2002.
- DIAS, D.C.F. Maturação de sementes. **Seed News**, Pelotas, v.5, n.6, p.22-24, 2001.
- EDWARDS, T.I. Relations of germinating soy beans to temperature and length of incubation time. **Plant Physiology**, California, v.9, n.1, p.1-30, 1934.
- FERREIRA, S.A.N. Pupunha, *Bactris gasipaes* Kunth. **Manual de Sementes da Amazônia**, n.5, 2005. Manaus: INPA. 12p.
- FERREIRA, S.A.N.; GENTIL, D.F.O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, Manaus, v.36, n.2, p.141-146, 2006.

FERREIRA, S.A.N.; CASTRO, A.F.; GENTIL, D.F.O. Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função do pré-tratamento das sementes e da condição de semeadura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1189-1195, 2010.

FIOR, C.S.; RODRIGUES, L.R.; LEONHARDT, C.; SCHWARZ, S.F. Superação de dormência em sementes de *Butia capitata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.7, p.1150-1153, 2011.

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

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MARTINE, B.M.; LAURENT, K.K.; PIERRE, B.J.; EUGÉNE, K.K.; HILAIRE, K.T.; JUSTIN, K.Y. Effect of storage and heat treatments on the germination of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seed. **African Journal of Agricultural Research**, v.4, n.10, p. 931-937, 2009.

MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, R.R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirosantensis* Fernandes. *Revista Árvore*, Viçosa, v.35, n.1, p.85-90, 2011.

MEDEIROS, M.A.; GRANGEIRO, L.C.; TORRES, S.B.; FREITAS, A.V.L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.32, n.3, p. 017-024, 2010.

MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A. **Guia de Identificação das Palmeiras de Porto Trombetas- PA**. Manaus: INPA, 2008. 365p.

NASCIMENTO, W.M.O.; CICERO, S.M.; NOVENBRE, A.D.L.C. Conservação de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.32, n.1, p.24-33, 2010.

NAKADA, P.G.; OLIVEIRA, J.A.; MELO, L.C.; GOMES, L.A.A.; PINHO, E.V.R.V. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.33, n.1, p. 113-122, 2011.

NAZÁRIO, P; FERREIRA, S.A.N. Emergência de plântulas de *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. em função da temperatura e do período de embebição das sementes. **Acta Amazonica**, Manaus, v.40, n.1, p.165-170, 2010.

NEVES. S.C.; RIBEIRO, L.M.; SILVA, P.O.; ANDRADE, I.G. Germinação *in vitro* de embriões de coquinho-azedo [*Butia capitata* (Mart. Becc. (Arecaceae))] obtidos com diferentes graus de maturação. **Revista de Biologia Neotropical**, Montes claro, v.7, n.1, p.47-54, 2010.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.32, n.3, p.025-034, 2010.

PIVETTA, K.F.L.; BARBOSA, J.G.; ARAÚJO, E.F.; DEMATTÊ, M.E.P. Propagação de palmeiras e estrelíztias. In: BARBOSA, J.G.; LOPES, L.C. **Propagação de Plantas Ornamentais**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 183p.

PIVETTA, K.F.L.; SARZI, I.; ESTELLITA, M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. Tamanho do diásporo, substrato e temperatura na germinação de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* (Arecaceae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.8, n.1, p.126-134, 2008.

QUEIROZ, M.S.M.; BIANCO, R. Morfologia e desenvolvimento germinativo de *Oenocarpus bacaba* Mart. (Arecaceae) da Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.6, p.1037-1042, 2009.

SANTELLI, P.; CALBO, M.E.R.; CALBO, A.G. Fisiologia pós-colheita de frutos da palmeira *Mauritia vinifera* Mart. (Arecaceae). **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.23, n.3, p.697-702. 2009.

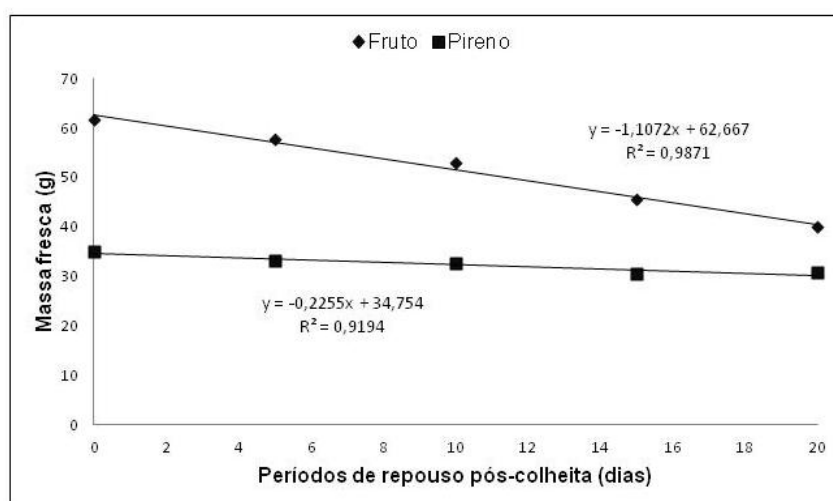


FIGURA 1 - Valor médio e desvio padrão da massa fresca dos frutos e pirenos de *Astrocaryum aculeatum*, em diferentes períodos de repouso pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.

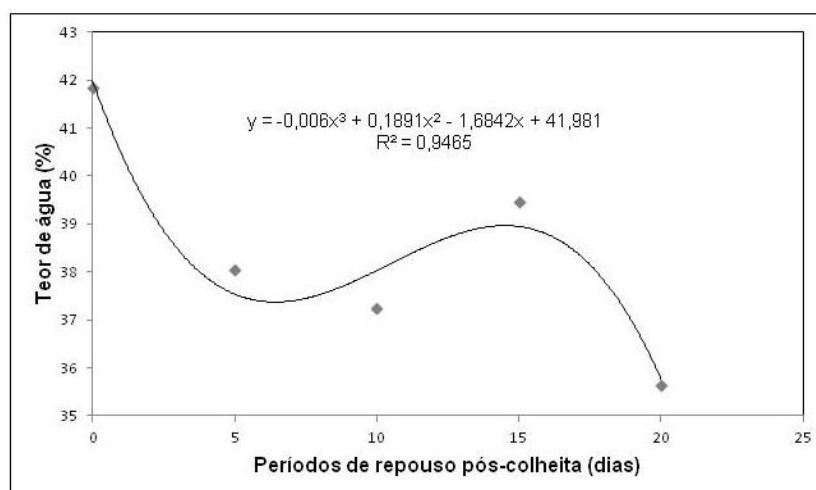


FIGURA 2 - Teor de água inicial estimado das sementes de *Astrocaryum aculeatum*, em diferentes períodos de repouso pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.

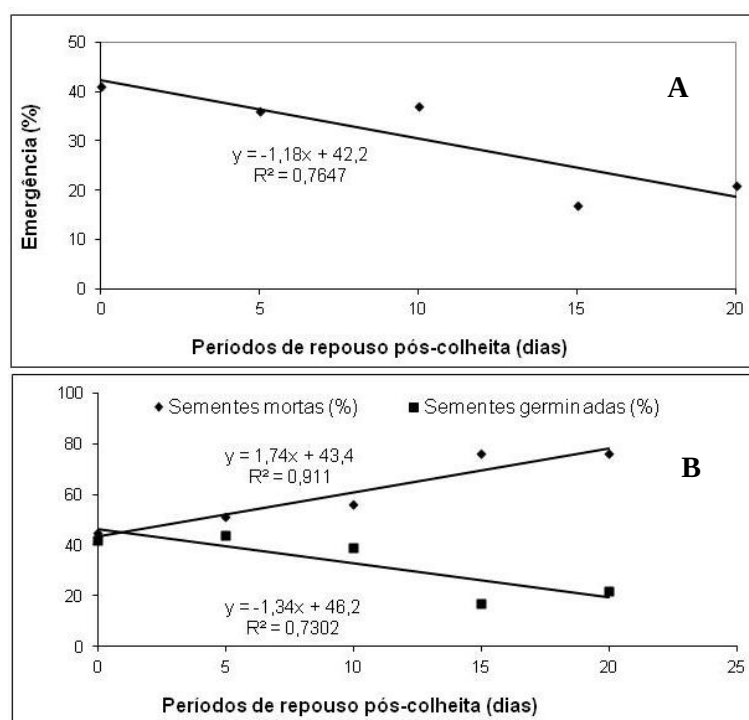


FIGURA 3 - Valores médios de emergência de plântulas (A) e mortalidade e germinabilidade de sementes (B) de *Astrocaryum aculeatum*, em função de diferentes períodos de repouso pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.

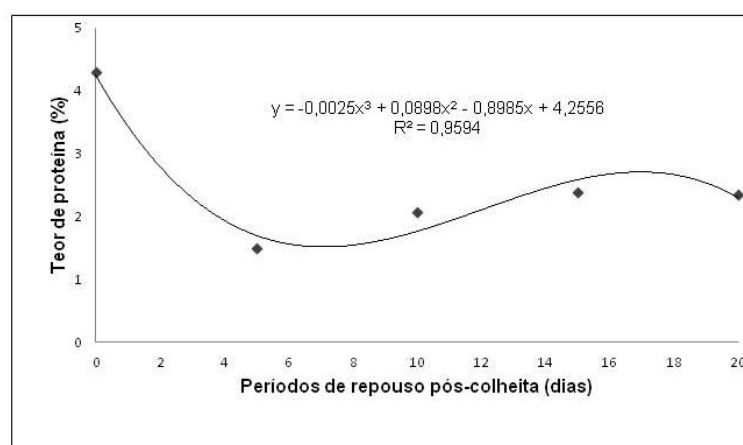


FIGURA 4 - Teores de proteínas de sementes de *Astrocaryum aculeatum*, em função de diferentes períodos de repouso pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.

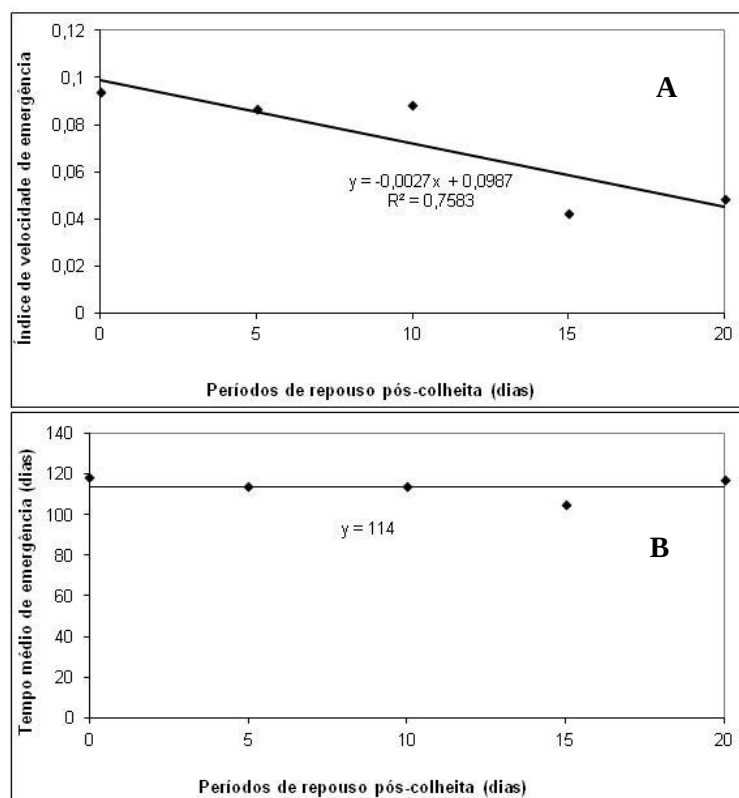


FIGURA 5 - Valores médios do índice de velocidade de emergência (A) e do tempo médio de emergência (B) de plântulas de *Astrocarium aculeatum*, em função de diferentes períodos de repouso pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.

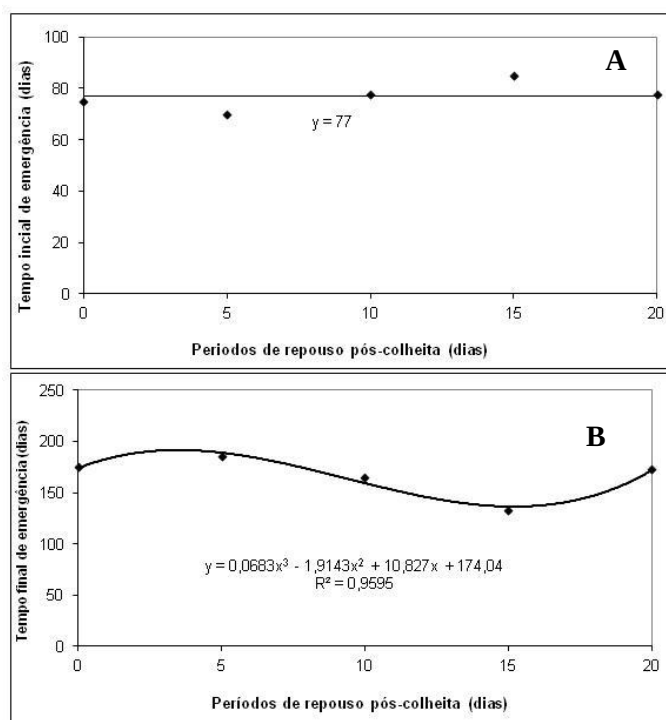


FIGURA 6 - Valores médios do tempo inicial (A) e final de emergência (B) de plântulas de *Astrocarium aculeatum*, em função de diferentes períodos de repouso pós-colheita. Manaus, UFAM, 2011.

CONCLUSÃO GERAL

De acordo com os resultados de massa fresca do pireno, porcentagem de germinabilidade e emergência de plântulas, o ponto de maturidade fisiológica da semente de tucumã ocorreu entre 153 a 169, 07 dias, após abertura da espata.

A cor do exocarpo não foi um bom indicador da maturação fisiológica da semente, sendo considerados, como melhores indicadores morfológicos: a cor do mesocarpo amarela ou laranja escuro, a cor do endocarpo preto brilhante, a cor do tegumento marrom-claro ou escuro ferrugíneo, a consistência pétrea do endocarpo e rígida do endosperma, além do ponto de máximo comprimento, espessura e massa fresca do pireno.

A semente de tucumã apresentou como substâncias de reservas proteínas, lipídios e carboidratos, na forma de polissacarídeos pécticos. A partir de 90 dias, após a abertura da espata, o embrião apresentou diferenciação nos primórdios foliares.

A idade de maturação fisiológica tem influência na qualidade fisiológica e afeta o desempenho germinativo da semente de *A. aculeatum*. Aos 135 dias, após abertura da espata, as sementes apresentaram elevada mortalidade de sementes e, aos 153 dias, maior porcentagem de germinabilidade e emergência de plântulas.

A semente de tucumã atingiu o ponto de maturidade, antes da dispersão dos frutos, e apresentou instalação da dormência primária durante o processo de maturação fisiológica.

As sementes de tucumã, extraídas de frutos colhidos no início do seu desprendimento natural do cacho, apresentaram desempenho fisiológico superior às submetidas a períodos de repouso pós-colheita.