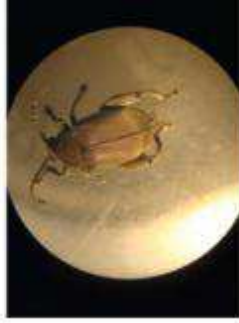


Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Integer ut turpis at augue molestie fringilla eu vel lectus. Aenean id urna est, vitae elementum libero. Nulla tristique diam ut dolor commodo cursus bibendum massa dictum. Integer a lacus eu nulla ornare blandit. Curabitur id quam velit. Sed sapien justo, posuere id ornare non, auctor eget purus. Nunc tincidunt mi est. Proin cursus quam non quam lobortis ac tristique nunc elementum. Aliquam quam neque, pellentesque id accumsan a, suscipit a eros. Mauris elementum gravida nisl et placerat. Morbi malesuada ante ut eros dapibus venenatis.

TECNOLOGIAS PARA INOVAÇÃO NAS CADEIAS EUTERPE



José Dalton Cruz Pessoa
Gustavo Henrique de Almeida Teixeira
Editores

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Instrumentação
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

TECNOLOGIAS PARA INOVAÇÃO NAS CADEIAS EUTERPE

Editores

José Dalton Cruz Pessoa

Gustavo Henrique de Almeida Teixeira

Embrapa
Brasília, DF
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Instrumentação

Rua XV de Novembro, 1452

Caixa Postal 741

CEP 13560-970 - São Carlos-SP

Fone: (16) 2107 2800

Fax: (16) 2107 2902

www.cnpdia.embrapa.br

E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Instrumentação

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *João de Mendonça Naimé*

Membros: *Débora Marcondes Bastos Pereira Mitori, Washington Luiz de Barros Melo, Sandra Protter*

Gouvea, Valéria de Fátima Cardoso.

Membro Suplente: *Paulo Sérgio de Paula Herrmann Junior*

Revisor editorial: *Valéria de Fátima Cardoso*

Normalização bibliográfica: *Valéria de Fátima Cardoso*

Tratamento de ilustrações: *Gráfica Suprema*

Capa: *José Dalton Cruz Pessoa*

Editoração eletrônica: *Gráfica Suprema*

1ª edição

1ª impressão (2012): 300 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)

Embrapa Instrumentação

T255 Tecnologias para inovação nas cadeias eutérpe / José Dalton Cruz Pessoa, Gustavo Henrique de Almeida

Teixeira editores. -- Brasília, DF : Embrapa, 2012.

343 p. ; 16 cm x 23 cm.

ISBN: 978-85-7035-089-3

1. Açaí. 2. Tecnologia de alimento. 3. Processamento. I. Pessoa, José Dalton Cruz. II. Teixeira, Gustavo Henrique de Almeida. III. Embrapa Instrumentação.

CDD 21 ED. 634.9745

664.8046

© Embrapa 2012

AUTORES

Ádina Lima de Santana

Engenharia de alimentos, graduação
Mestranda em Engenharia Química pela UFPA
adina_santana@hotmail.com

Alan Ribeiro dos Reis

Engenharia mecânica, mestrado
Docente do Centro Universitário Herminio Ometto de Araras, Araras - SP
alan_sz5@yahoo.com.br

Alessandra Ferraiolo Nogueira Domingues

Engenharia química, doutorado
Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém - PA
ferraiolo@cpatu.embrapa.br

André Colson Schwob

Engenharia mecânica, bacharelado
Sócio diretor da NUFruits do Brasil, Belém - PA
andre.schwob@gmail.com

Antônio Cordeiro de Santana

Engenharia agrônômica, doutorado
Professor Associado IV da Universidade Federal Rural da Amazônia
acsantana@superig.com.br

Carlos Triveño Rios

Engenharia metalúrgica, doutorado
Professor Adjunto da Universidade Federal do ABC, Santo André - SP
carlos.triveno@ufabc.edu.br

Cristiane Sanchez Farinas

Engenharia química, doutorado
Pesquisador da Embrapa Instrumentação, São Carlos - SP
cristiane@cnpdia.embrapa.br

3. ANATOMIA E ONTOGENIA DOS FRUTOS DO AÇAIZEIRO: ASPECTOS ESTRUTURAIS E MICROQUÍMICOS

*Gisele Vieira Ribeiro
José Dalton Cruz Pessoa
Marcos Arduin*

INTRODUÇÃO

A família *Arecaceae*, que abrange as plantas conhecidas como palmeiras, apresenta várias espécies de considerável importância econômica (SODRÉ, 2005), e caracterizou grandes áreas como centros de exploração comercial na produção de palmito comestível e frutos. Dentre as espécies mais importantes do gênero *Euterpe*, destacam-se *Euterpe edulis* (conhecida como juçara), *Euterpe precatoria* (açai solteiro) e *Euterpe oleracea* (açazeiro). A Floresta Atlântica abriga populações nativas de *E. edulis* que, devido ao interesse na obtenção do palmito, tiveram seu número de indivíduos reduzido (MARTINS et al., 2007). Essa palmeira possui um único estipe que não se perfilha, e a extração do palmito causa a morte do indivíduo (JARDIM; ANDERSON, 1987). *E. precatoria* localiza-se em áreas do alto Rio Amazonas e afluentes (FRANKE et al., 2001), fornece palmito e madeira de boa qualidade (AGUIAR; MENDONÇA, 2003), além dos frutos que constituem o suco de açai. Tal como *E. edulis*, essa palmeira possui apenas um estipe que não se perfilha (AGUIAR; MENDONÇA, 2002) e seu corte também leva à morte do indivíduo. *E. oleracea* é predominantemente encontrada no baixo Amazonas, Ilha de Marajó e proximidades (FRANKE et al., 2001). É uma palmeira que possui ramificações basais, perfilhamento, (ROGEZ, 2000) formando vários estipes. Consequentemente tem alto potencial para manejo de extração do palmito, preservando-se o indivíduo, o que não acontece com *E. edulis* e *E. precatoria*.

O açaizeiro, além do palmito, é um grande fornecedor de frutos, um alimento de alto teor energético e nutricional: fonte de proteínas e lipídios (ROGEZ, 2000) e elevado teor de anticaininas (NOGUEIRA et al., 2005), destacando-se o uso terapêutico (ROCHA et al. 2007), medicinal (CÓRDOVA-FRAGA et al., 2004), alimentar (COÏSSON et al., 2005; MENEZES et al., 2008), bioenergético (REIS et al. 2002), com elevada atividade antioxidante (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; SCHAUSS et al., 2006; BOBBIO et al., 2000). Por causa disso, o açaizeiro tem impactado significativamente o mercado comercial. Além disso, pode ser fonte de material para a fabricação de papel e celulose (MELO et al., 1974) e produção de compósitos a partir de fibras (COSTA, 2004). Também apresenta potencial ornamental (JOLY, 1998; LORENZI, 1998), em vista de seus aspectos morfológicos.

A morfologia das palmeiras não varia muito entre as espécies, por isso podem apresentar folhas pinadas ou palmadas, flores pouco vistosas, inflorescências envolvidas por brácteas, estipe único ou múltiplo e raízes fasciculadas, sendo adventícias ou aéreas quando habitam solos úmidos. (SODRE, 2005). E. oleracea possui altura de 20 a 25 m, com aglomeração de estipes de 15 a 25 cm de diâmetro, formando touceiras com um número de até 25 ramificações (LORENZI, 1998). Apresenta folhas pinadas, dispostas no mesmo plano e com aspecto pendular (SODRE, 2005).

Os frutos são globosos, pesando cerca de 2,6 a 3,0 g, o pericarpo tem aproximadamente 1 mm de espessura e internamente há um caroço duro (PAULA, 1975), que é a semente. Este caroço é envolvido por um denso sistema vascular (monostelos), formando um conjunto de fibras entrelaçadas e que permanecem aderidas após a retirada das partes externas do mesocarpo. Há pouca literatura com relação a estudos anatômicos desses frutos. Algumas descrições de seus aspectos anatômicos podem ser encontradas em Paula (1975). Este autor descreve os diferentes estádios de maturação dos frutos do açaizeiro e a localização de substâncias, como polifenóis e lipídios.

Os conhecimentos de como as partes internas do fruto de açaizeiro estão dispostas e a localização precisa das substâncias químicas que conferem valor nutricional ao suco obtido permitirá possíveis aplicações futuras no processamento industrial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os frutos foram coletados na Ilha Murutucu (Belém, PA), no período de 29 de Setembro a 02 de Novembro de 2006, e fixados em formalina neutra tamponada 4%, pH 6,8 e CRAF III modificado, com ácido propiônico substituindo o ácido acético (KRAUS; ARDUIN, 1997). Os frutos foram enviados ao Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), armazenados até o momento do seu processamento e submetidos aos processos usuais de microtomia.

O material foi desidratado em série etanólica crescente (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 96°GL), deixando-se no mínimo duas horas em cada uma das soluções (KRAUS; ARDUIN, 1997). Algumas amostras foram incluídas em resina de glicolmetaacrilato, com solução de pré-infiltração (resina básica e etanol 96°GL) por dois dias e depois em resina básica por mais dois dias, segundo as instruções do fabricante (Leica) e então incluídas na resina de inclusão. Paralelamente, outras amostras foram desidratadas na série etanólica crescente até 50°GL e deixadas por uma semana em solução amolecedora (10 mL de etilenodiamina 98% e 90 mL de etanol 60°GL). A desidratação prosseguiu até etanol 100°GL. As amostras

foram submetidas a duas trocas em butanol terciário, infiltradas por dois dias e incluídas em parafina (MONTENEGRO, 1985).

Antes do sectionamento, os blocos de parafina foram parcialmente lapidados com lâmina de barbear no local onde seriam cortados, de forma a expor parte do material incluído. Esses blocos foram mergulhados em solução amolecedora de água e glicerina 20:1 (v/v) (JEWELL, 1958) e após três dias foram sectionados. Os blocos de resina e parafina foram sectionados em microtomo rotativo com 8 µm de espessura.

Os cortes histológicos foram afixados em lâminas revestidas por adesivo de gelatina (BERLIN; MIKSCH, 1976). Para a distensão das seções, as lâminas foram colocadas em uma placa de aquecimento, desparafinadas em xileno e submetidas às colorações.

Para a coloração, foi usada a solução de tionina a 1% (m/v) e a combinação safranina e azul de Astra (KRAUS; ARDUIN, 1997). As lâminas foram montadas em balsamo-do-canadá. Alguns testes microquímicos foram feitos nas amostras incluídas em resina. Para evidenciar os lipídios, os cortes foram corados por solução saturada de Sudan B em polietileno glicol 400 e glicerina 90% (1:1, v/v) (BRUNDETTI et al., 1991). Outras lâminas foram tratadas previamente com xileno e coradas pelo mesmo processo, como uma contraprova. Outros cortes foram submetidos a tratamento com reagente Lugol (JOHANSEN, 1940), e outros corados com azul negro de anilina a 1% e posterior tratamento com ácido acético a 1% para evidenciar corpos proteicos. Todas essas lâminas foram montadas em xarope de Apáthy. Os cortes corados e os outros submetidos a tratamento microquímico foram analisados e fotografados em microscópio de luz.

RESULTADOS

E. oleracea é uma espécie monoica, possui ráquulas do tipo espiga. Numa mesma ráquula podem ser encontradas flores estaminadas (Figura 1 e 2) e carpeladas (Figura 4). Essas flores são monoclamídeas (o perianto apresenta apenas sépalas), pequenas e pouco vistosas. A flor estaminada (Figura 1) compreende três sépalas e o androceu, seis estames, que apresentam filete e antera (Figura 2), que se abre por fenda lateral (deiscência rimosa). As flores são sésseis, mas a base de inserção é ampla e envolvida por brácteas (Figura 2). Os estames inserem-se ao redor de uma pequena protuberância, que pode ser interpretada como um pistilo abortado. Internamente (Figura 3), este se apresenta parenquimatoso, assim como a base. Nos cortes das anteras podem ser visualizados os grãos de pólen (Figura 3). As brácteas também se apresentam com um parênquima predominante em seu interior. O fruto jovem (Figuras 4 e 5) é muito semelhante à flor carpelada, pois ainda apresenta os três estigmas. Também estão presentes as três sépalas e as brácteas. Internamente a parede do ovário mostra-se como uma ampla massa de parênquima, na qual algumas regiões podem ser distinguidas ainda nesta fase. Mais externamente, este parênquima apresenta-se escuro, em tons castanhos, indicando o acúmulo de substâncias fenólicas (Figura 6 e 7). Internamente a ela, observa-se um parênquima com células de cores variadas, predominantemente claras, e de paredes muito finas. Ainda mais internamente, há um parênquima formado apenas por células de conteúdo claro, homogêneo e disperso por ele, o sistema vascular, formado por monostelos em fase inicial de desenvolvimento, é facilmente reconhecido. Finalmente, na parte central, concentram-se células com protoplasto de cor castanha (Figura 6). Diferente da flor estaminada, onde predomina o parênquima, as sépalas

e brácteas da flor carpelada apresentam fibras, que constituem camada de esclerênquima (Figura 7).

Na fase seguinte de desenvolvimento do fruto (Figura 8), a epiderme unisseriada está envolvida por uma fina camada de cutícula (Figura 9). A epiderme e o parênquima logo abaixo acumulam fenóis. O parênquima de reserva mais interno é constituído por células mais alongadas no sentido periclinal e ligeiramente alinhadas. Na região parenquimática onde se desenvolvem os monostelos, as células não apresentam esta disposição. No centro do fruto, observou-se parte do endosperma ainda em fase de núcleos livres, que formarão a reserva para a nutrição do futuro embrião. Neste processo a região vai passar pelo processo de celularização. Em outro estágio mais avançado (Figura 10), o parênquima fenólico apresenta ao menos dez camadas de células (Figura 11). Abaixo dele, diferencia-se o esclerênquima, cujas células já apresentam paredes espessas e formato isodiamétrico. As zonas seguintes ainda não mostram diferenças consideráveis nesta fase em relação à anterior. Os monostelos ainda apresentam-se em processo de diferenciação.

O fruto adulto (Figura 12) possui uma superfície lisa, de cor púrpura com aspecto fosco e seu diâmetro varia entre 1 e 2 cm. As células da epiderme apresentam-se diferenciadas das células do parênquima fenólico (Figura 13). A epiderme é unisseriada, glabra e cutinizada. No parênquima fenólico observa-se a presença das antocianinas e, abaixo, células agrupadas entre dez a doze camadas constituem a camada de esclerênquima. O parênquima de reserva possui três ou quatro camadas de células mais alongadas no sentido anticlinal, com um formato prismático. A Figura 14 ilustra as camadas desenvolvidas, observadas no fruto adulto, em correspondência com a Figura 15, na qual se baseou. Na coloração com azul de Astra, observa-se que o citoplasma das células do parênquima de reserva mostra-se bem mais denso. O parênquima mais interno apresenta células mais longas horizontalmente, que se entremetam entre o sistema vascular, os monostelos. Cada monostelo é formado por um feixe colateral, com xilema e floema evidentes, e este feixe é envolvido por um pericilo fibroso, cujas fibras são vivas na maturidade. O sistema vascular é bastante denso e abundante. As células do endocarpo distribuem-se em ao menos oito camadas que envolvem a semente, constituída pelo endosperma (Figura 15). Não foi observada a presença de tegumento nesta semente. Entre as células do endosperma há camadas celulares muito semelhantes às do endocarpo, tanto na forma como na coloração (Figura 22), o que permite deduzir que seriam prolongamentos do endocarpo na forma de traços radiais que adentram o endosperma. O endosperma é duro, branco, volumoso, constituído por escleréides, que permanecem vivas, já que farão a mobilização das reservas para o embrião durante a germinação. Nota-se nelas um protoplasto corável tanto por tionina, como também por azul de Astra/safranina (Figura 23). As paredes são pouco coráveis, e com vários canais de pontoação (Figura 15).

Nos cortes histológicos não corados (Figura 16-21), nota-se que há certa resistência das antocianinas que se acumulam no vacúolo de células subepidérmicas (4 a 7 camadas). Uma cor vermelho acastanhada pode ser notada (Figura 16). As escleréides (Figura 17) mostram-se totalmente brancas e o protoplasto é pouco visível. As células do parênquima de reserva (Figura 18) apresentam pequena quantidade de fenóis, evidenciado pela cor acastanhada. Nos monostelos (Figura 19), também se nota acúmulo de fenóis no protoplasto das fibras, mas no restante não há coloração. As células do endocarpo (Figura 20) são as que mais acumulam substâncias fenólicas, evidenciada pela coloração castanha. E, finalmente, as

células do endosperma (Figura 21) nada apresentam neste sentido, embora o protoplasto possa parecer ligeiramente escuro.

O teste com Lugol indicou que nos frutos de açaí não há qualquer acúmulo de amido, nem no pericarpo, nem na semente. As colorações com Sudan B (Figura 24) e tionina (Figura 25) indicaram que no parênquima de reserva há uma maior quantidade de oleosomos. Poucos foram notados fora desta região. O teste com azul negro de anilina indicou uma coloração mais forte no parênquima de reserva (Figuras 26, 27 e 28). Nas escleréides abaixo do parênquima fenólico houve também uma ligeira coloração do protoplasto. A coloração mais intensa, contudo, foi nos protoplastos das escleréides da semente (Figura 29). A coloração com PAS não resultou em dados conclusivos. As paredes das escleréides da semente permaneceram pouco coradas em todas as colorações que foram usadas.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Há diversos modos de se classificar os frutos (FAHN, 1990). Com relação ao ovário, podem ser classificados em: frutos simples, quando se desenvolvem a partir do ovário de uma flor; frutos agregados, quando resultam da concreção de vários ovários de uma flor com gineceu apocárpico; múltiplos, quando resultam da concreção de vários ovários de flores distintas e uma mesma inflorescência. Quanto à estrutura e comportamento do fruto por ocasião do processo de amadurecimento, reconhecem-se dois grupos principais: deiscentes, que se abrem espontaneamente quando as sementes atingem a maturidade, e indeiscentes quando permanecem fechados mesmo quando as sementes já estão maduras. A liberação destas só ocorrerá quando o pericarpo for decomposto ou aberto pela ação de agentes dispersores (zooecoria).

Estruturalmente, o fruto completo é chamado pericarpo, que por sua vez é formado por três partes, derivadas dos tecidos do ovário. A parte externa é chamada epicarpo, derivada da epiderme externa e das células adjacentes do ovário. O mesocarpo constitui a maior parte intermediária entre epicarpo e endocarpo, sendo derivado do parênquima do ovário. O endocarpo é derivado da epiderme interna que reveste os lóculos do ovário e das células adjacentes a ela. Entre os frutos indeiscentes, há um subgrupo, os frutos carnosos, em que uma parte do fruto, geralmente o mesocarpo, acumula substâncias nutritivas nos tecidos parenquimáticos. Os frutos carnosos do tipo baga apresentam um endocarpo membranoso, envolvendo uma (ex: abacate) ou mais sementes (uva, tomate, etc.). Os frutos carnosos do tipo drupa apresentam um endocarpo formado por escleréides, resultando num caroço duro, que envolve geralmente uma semente. Exemplos desses frutos: pêssego, azeitona, cereja, coco da baía, manga, etc.

O fruto do tipo drupa é comum na família *Arecaceae*, como é o caso do coco da baía. No caso do açaizeiro, há uma discordância entre os autores quanto ao tipo do fruto, sendo que alguns o qualificaram como baga (PAULA, 1975) e outros como drupa (MENEZES NETO, 2004). Essa discordância se explica pelo fato de que a semente do açaizeiro é ampla, ocupando toda a parte central do fruto e apresenta o endosperma pétreo. Isso pode ter confundido alguns autores, fazendo-os acreditar que se tratasse de uma drupa, pois tal semente lembra o caroço do coco da baía. Contudo, os estudos anatómicos mostram claramente que se trata de uma baga.

As palmeiras em geral possuem inflorescências racemosas, constituídas por flores pequenas.

O eixo principal da inflorescência é a raque, formada por ráquulas que portam as flores. Estas são envolvidas por brácteas, que tem como função a proteção e podem persistir até o desenvolvimento dos frutos (SODRÉ, 2005). Estas características são visualizadas em *E. oleracea*. Rogez (2000) observou que no açaizeiro as flores nas cavidades das ráquulas, duas flores estaminadas são entremeadas por uma flor carpelada, mas não apresenta imagens. De acordo com Nogueira et al. (2005) e Rogez (2000), a floração de *E. oleracea* ocorre o ano todo. Jardim e Anderson (1987) citam os meses de fevereiro a abril, enquanto Lorenzi (1998) afirma a ocorrência da floração no período de setembro a janeiro. Após a polinização e consequente fecundação, o ovário se desenvolve através de atividades meristemáticas, passando por alterações estruturais (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006) que foram constatadas no desenvolvimento dos frutos de açaí: crescimento, alongamento, espessamento de células e concentração de substâncias até sua maturação.

Quando os frutos alcançam seu período de maturação, Rogez (2000) cita sua coloração violácea púrpura, e Paula (1975) afirma que os frutos apresentam cor violeta, quase negra. O período de frutificação pode variar em diversas regiões. Jardim e Anderson (1987) mencionam sua ocorrência entre os meses de agosto a dezembro, e Paula (1975) afirma que a colheita pode ser feita todo o ano, principalmente em maio e junho. Como o açaizeiro frutifica em períodos distintos devido às condições climáticas de cada região, podendo assim produzir frutos durante todo o ano, Rogez (2000) sugere descartar o conceito "safra". Ao longo do período de frutificação, verificou-se o gradativo aumento da concentração de antocianinas, que estão no interior dos vacúolos das células do parênquima mais externo. São substâncias do grupo dos flavonoides, cuja coloração natural é vermelho azulado. Presentes nos vegetais e responsáveis pelas colorações características (STRINGHETA; BOBBIO, 2000), as antocianinas do fruto do açaizeiro foram quantificadas e identificadas por Bobbio et al. (2000). Gallori et al. (2004) e Schauss et al. (2006) constataram a predominância de duas importantes antocianinas, a cianidina-3-glucosídeo e cianidina-3-rutinosídeo. Abaixo da camada de esclerênquima, as células do parênquima de reserva armazenam lipídios, fonte do óleo de açaí, que também reagiu positivamente para o azul negro de anilina, cuja coloração indica a presença de proteínas. Paula (1975) indicou que no pericarpo estão presentes glóbulos lipídicos, mas não citou sua localização. Bovi e Cardoso (1975a) afirmam que nos frutos de *E. edulis* está presente uma polpa oleagínosa que envolve o endocarpo e interfere negativamente na germinação das sementes. Sobre *E. oleracea* há estudos relacionados à extração de óleo do mesocarpo, citando a presença de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, qualificando-o como óleo comestível (NASCIMENTO et al., 2008). Lubrano e Robin (1997) analisaram seis espécies de palmeiras, dentre elas *E. oleracea*, constatando a presença de esteróis, sisteróis e a predominância de tocoferóis.

No parênquima interno concentram-se os monostelos formando um sistema vascular denso. Há autores que chamam esses monostelos de fibras, em referência ao sentido comercial deste termo. É o caso de Bovi e Cardoso (1975a) que citam a presença de fibras que envolvem o endocarpo de *E. edulis* e Aguiar e Mendonça (2003) que, após a remoção das partes externas do mesocarpo de *E. precatória*, verificaram um acúmulo de fibras. Martins et al. (2008) e Costa (2004) fizeram estudos para a obtenção de compósitos através da adição das fibras de *E. oleracea*. De acordo com Martins et al. (2008), as fibras contêm 33% de lignina, 37% de hemicelulose e 33% de celulose, apresentando propriedades

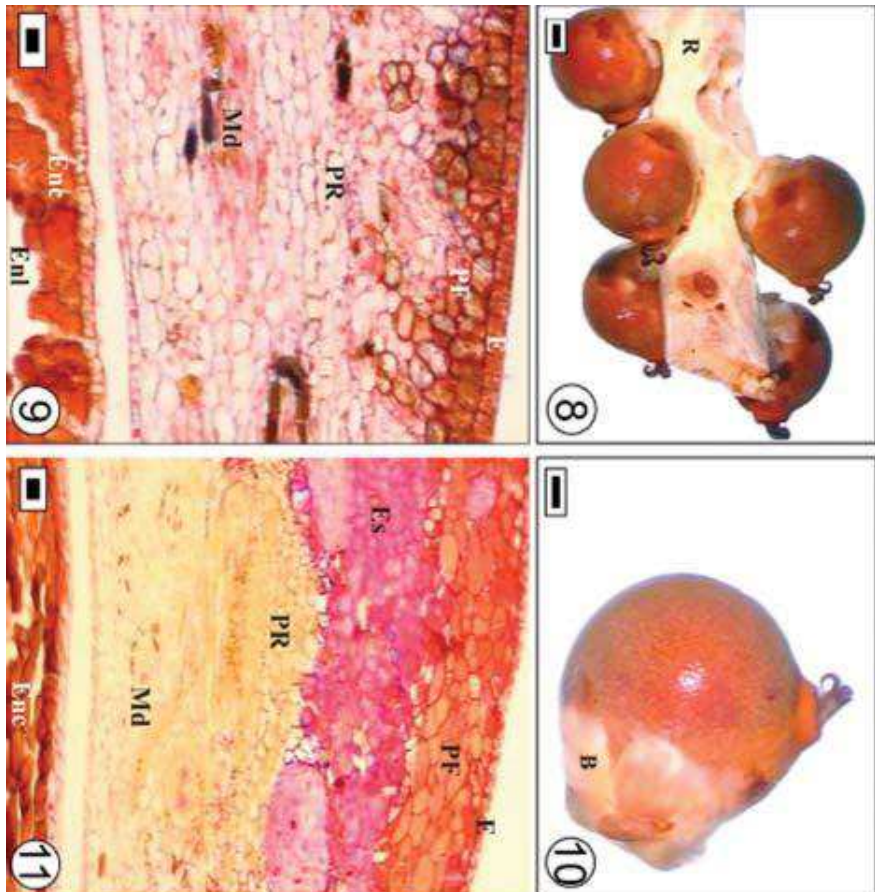
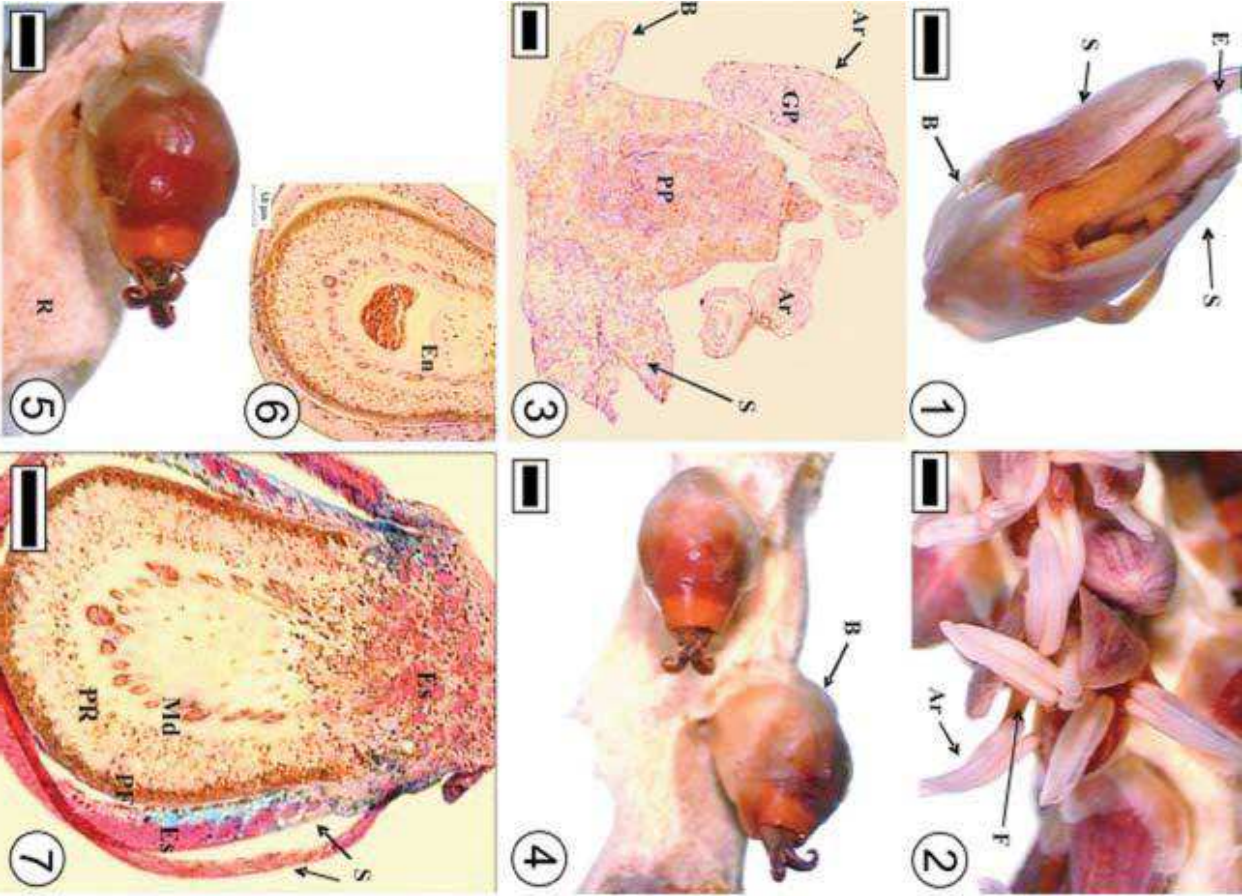
mecânicas comparáveis a outras fibras utilizadas industrialmente.

O endocarpo revestido pelas fibras envolve uma semente. Gouvêa (2007) analisou o endosperma de *E. oleracea* e afirma que seu aspecto ruminado é consequência do crescimento de dobras da testa da semente, originando as projeções que aderiram pelo endosperma e sugere que tais projeções possam armazenar tanino. Assim como Paula (1975), que afirma que tais projeções são emitidas pelo tegumento. Em *E. precatória*, Aguiar e Mendonça (2003) afirmam que o tegumento é formado por três estratos, sendo que os estratos externo e interno são constituídos por tanino, que não emite projeções no endosperma, sendo homogêneo. Panza et al. (2004) também nada citam sobre a característica de endosperma ruminado nas sementes de *E. edulis*. Nas nossas observações, entretanto, não encontramos uma distinção entre o endocarpo e tegumento.

Aguiar e Mendonça (2003) indicaram que o endosperma de *E. precatória* é volumoso, sólido, branco prateado e as células com paredes espessas possuem canais de pontuação. Panza et al. (2004) também disseram que o endosperma de *E. edulis* apresenta paredes espessas e pontuações, constituídas por células vivas. Foi constatado que tais células armazenam carboidratos, lipídios e proteínas. Para Paula (1975), o fruto adulto de *E. oleracea* possui endosperma com células de paredes espessas ricas em celulose e hemicelulose, sendo que na fase adulta as substâncias armazenadas são na maioria lipídicas e hemicelulósicas. Nos nossos testes com Sudan B, não foi observada a presença de oleossomos nas células do endosperma. Os testes com reagente de Lugol também não indicaram a presença de amido. É evidente, portanto, que essas células armazenam os carboidratos na parede celular.

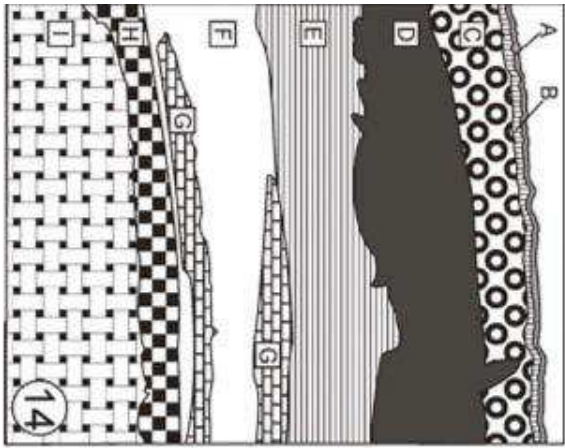
Marcos Buckridge (comunicação pessoal, 2012), sugere a presença de mananas. As paredes das células do endosperma não se coraram com os corantes ou reagentes que testamos. A elucidação da composição precisa dessas paredes depende de análises mais amplas. Buckridge et al. (2000) indicam que os polissacarídeos de reserva que se acumulam em paredes celulares seriam basicamente: celulose, calose, glucanos de cadeia mista, xiloglucano, galactomanano, glucoronarabinosídeos e ramnogalacturonano.

O endosperma está envolvido na nutrição do embrião, sendo consumido por este durante seu desenvolvimento, ou acumulando reservas e absorvendo material nutritivo de outras regiões do óvulo (APPEZZATO-DA-GLÓRIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006). Segundo Gouvêa (2007), o embrião de *E. oleracea* é pequeno, cônico, basal e axial-linear. Aguiar e Mendonça (2003) citam características semelhantes ao embrião de *E. precatória*, como pequeno, cônico e não dividido, com cerca de 2 a 4 mm. O embrião de *E. edulis* também é muito reduzido e ocupa uma pequena região de todo o conteúdo endospermático. Bovi e Cardoso (1975b) sugeriram que poderia haver uma maior superficialidade do embrião de *E. oleracea* em relação ao embrião de *E. edulis*, por apresentar uma menor taxa de germinação.

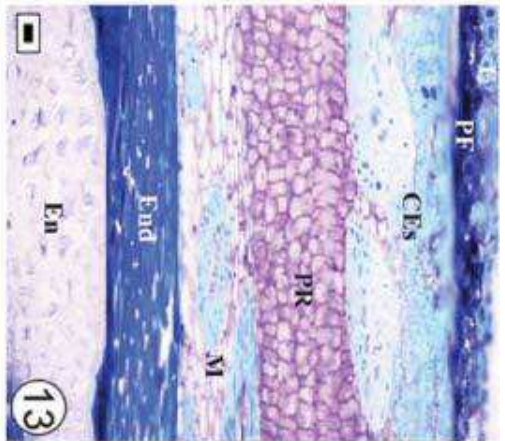




12



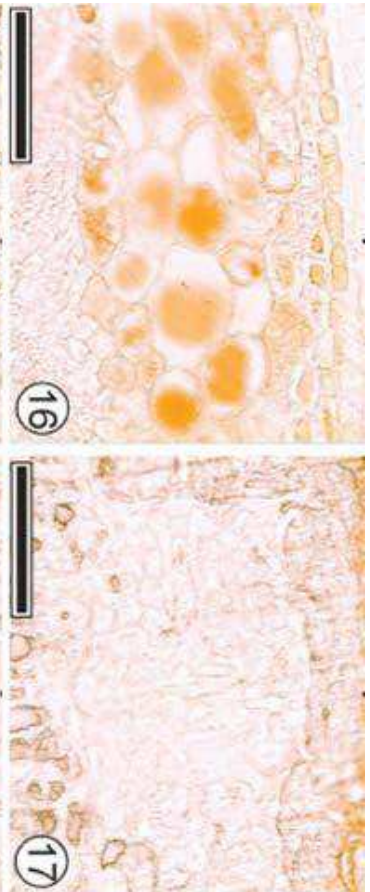
14



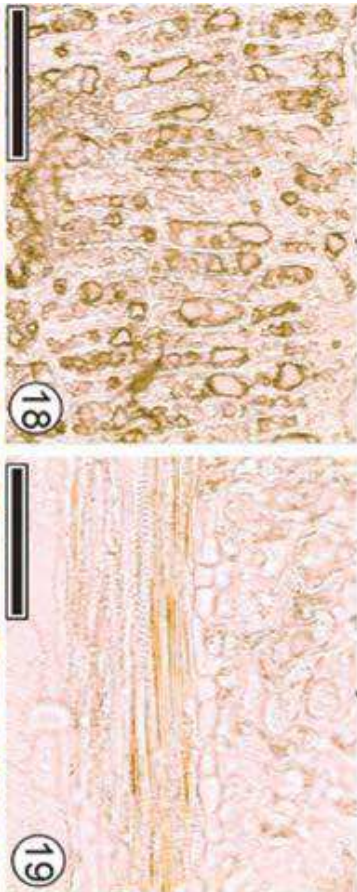
13



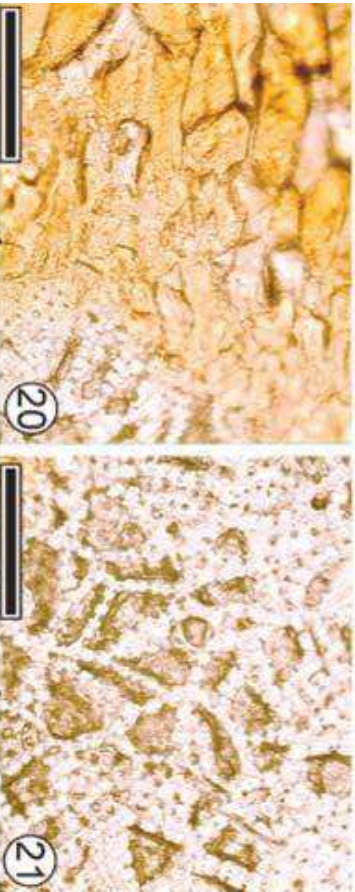
15



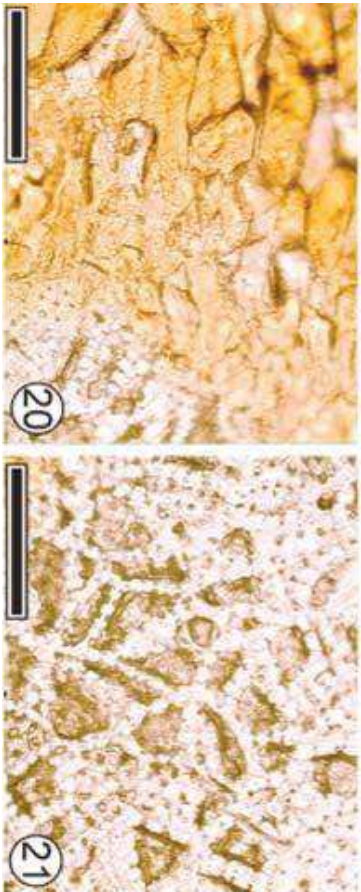
16



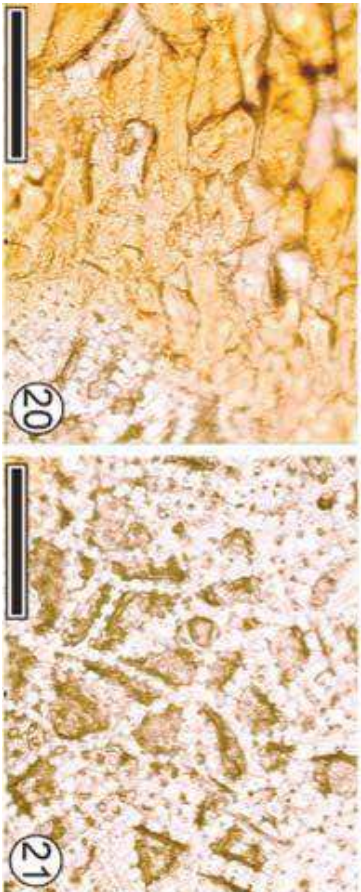
17



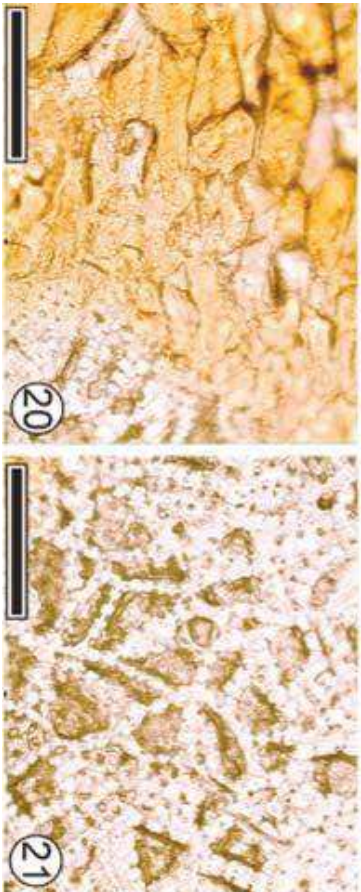
18



19

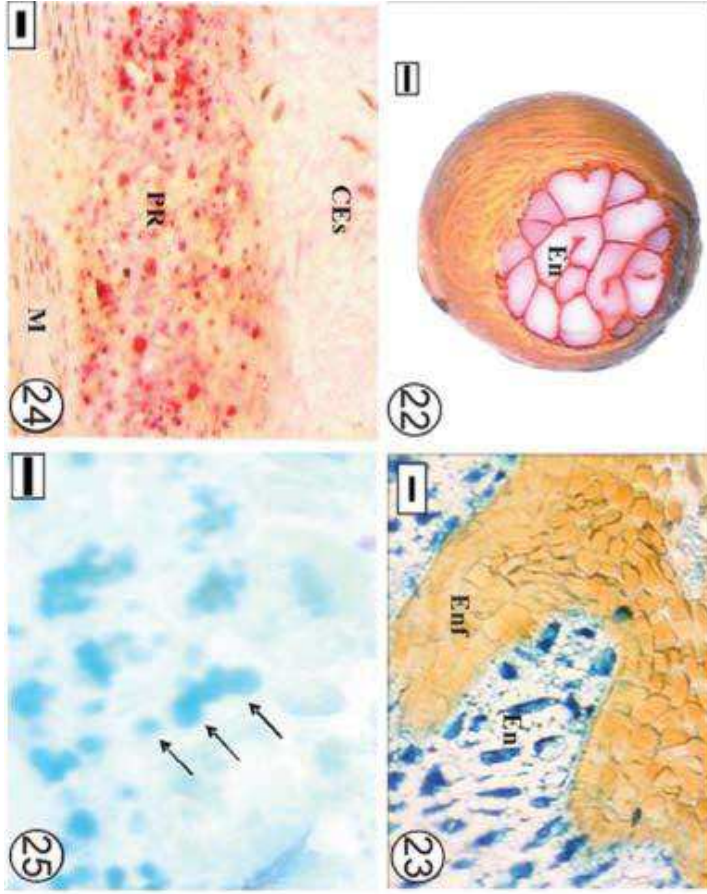


20

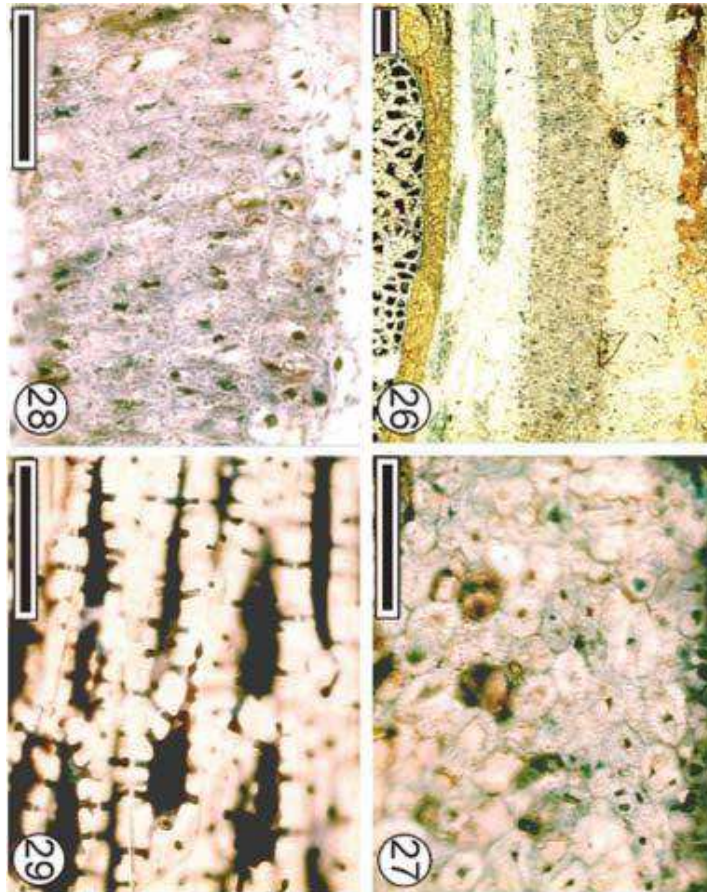


21

Fotos: Gisele Vieira Ribeiro



Fotos: Gisele Vieira Ribeiro



LEGENDAS DAS FIGURAS

Figuras 1-7. Euterpe oleracea: Flor e fruto. 1-3. Flor estaminada. Flores em processo de abertura; Sépalas (S), brácteas (B), estames (E), antera (Ar), grãos de pólen (GP), parênquima de preenchimento (PP). 4-7. Fruto em estágio inicial de desenvolvimento. 4-5. Ráquila (R). 6. Detalhe do endosperma (En). 7. parênquima fenólico (PF), parênquima de reserva (PR), região dos monostelos em desenvolvimento (Md), esclerites (Es). Barras = 1mm (1, 2, 4, 5); 50 µm (3, 6, 7).

Figuras 8-11. Euterpe oleracea: Estádios mais avançados dos frutos. 8. Ráquila (R). 9-11. Brácteas (B), epiderme (E), parênquima fenólico (PF), parênquima de reserva (PR), monostelos em diferenciação (Md), endosperma celularizado (Enc), endosperma com núcleos livres (Enl), esclerites (Es). Barras = 1 mm (8, 10); 10 µm (9, 11).

Figuras 12-15. Euterpe oleracea: Fruto adulto. 12. Ráquila (R) com dois frutos. 13. Material corado com tionina. Pode-se notar a estratificação definida dos tecidos: epiderme (E), parênquima fenólico (PF) com a presença das antocianinas, camada de esclerênquima (CEs), parênquima de reserva (PR), monostelos (M), endocarpo (End), endosperma (En). 14. Esquema da distribuição dos tecidos: A: cutícula, B: epiderme, C: parênquima fenólico, D: esclerênquima com esclerites, E: parênquima de reserva, F: parênquima vascularizado com os monostelos (G), H: endocarpo; I: endosperma da semente. 15. Corte histológico, corado com fucsina e azul de Astra, no qual foi baseado o esquema. Barras = 1mm (12); 100 µm (13 e 15).

Figuras 16-21. Cortes histológicos das regiões delimitadas no mesocarpo, endocarpo e endosperma de *E. oleracea* sem tratamentos de coloração. Figura 16, região do parênquima fenólico, onde se acumulam as antocianinas. Figura 17, região do esclerênquima. Figura 18, região do parênquima de reserva. Figura 19, monostelo. Figura 20, endocarpo. Figura 21, endosperma. Barras = 100 µm.

Figuras 22-25. Euterpe oleracea: fruto maduro e testes para lipídios e proteínas. Figura 22, fruto maduro, mostrando a região do endosperma com o aspecto ruginado e as fibras (monostelos) envolvendo o endocarpo. Figura 23, região do endosperma (En) e o endocarpo com fenóis (Enf). Figura 24, parênquima de reserva com os oleossomos corados pelo sudan B. Figura 25, parênquima de reserva, com os oleossomos corados pela tionina.

Figuras 26-29. Mesocarpo e endosperma corados pelo azul negro de anilina. Figura 26, aspecto geral do mesocarpo, endocarpo e endosperma. Figura 27, detalhe das esclerites cujo protoplasto é ligeiramente corado. Figura 28, parênquima de reserva, com corpos corados pelo azul negro de anilina. Figura 29, detalhe de células do endosperma, cujo protoplasto é fortemente corado. Barras = 100 µm.

Referências

- AGUIAR, M.; MENDONÇA, M. S. de. Aspectos morfo-anatômicos do embrião de Euterpe precatória Mart. durante o processo germinativo. **Revista Acta Botanica Brasileira**. Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 241-249, 2002.
- AGUIAR, M.; MENDONÇA, M. S. de. Morfo-anatomia da semente de Euterpe precatória Mart. (Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 37-42, 2003.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 438 p.
- BERLYN, G. P.; MIKSCHE, J. P. **Botanical microtechnique and cytochemistry**. Ames: The Iowa State University Press, 1976. 326 p.
- BOBBIO, F. O.; DRUZIAN, J. I.; ABRÃO, P. A.; BOBBIO, P. A.; FADELLI, S. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açaizeiro (Euterpe oleracea) Mart. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, p. 388-390, 2000.
- BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. Germinação de sementes de palmitero (Euterpe edulis Mart.). **Bragantia**, Campinas, v. 34, p. 29-34, 1975.
- BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. Germinação de sementes de açaizeiro. **Bragantia**. Campinas, v. 35, p. 91-96, 1975.
- BRUNDRETT, M. C.; KENDRICK, B.; PETERSON, C. A. Efficient lipid staining in plant material with Sudan Red 7B or Fluoral Yellow 088 in polyethylene glycol-glycerol. **Biotechnic & Histochemistry**, Baltimore, v. 66, p. 111-116, 1991.
- BUCKERIDGE, M. S.; TINÉ, M. A. S.; SANTOS, H. P.; LIMA, D. U. Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes: estrutura, metabolismo e aspectos ecológicos. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 12, p. 137-162, 2000.
- COÏSSON, J. D.; TRAVAGLIA, F.; PIANA, G.; CAPASSO, M.; ARLORIO, M. Euterpe oleracea juice as a functional pigment for yogurt. **Food Research International**, Barking, v. 38, p. 893-897, 2005.
- CÓRDOVA-FRAGA, T.; ARAUJO, D. B. de.; SANCHEZ, T. A.; ELIAS JUNIOR, J.; CARNEIRO, A. A. O.; BRANDT-OLIVEIRA, R.; SOSA, M.; BAFFA, O. Euterpe oleracea (Açaí) as an alternative oral contrast agent in MRI of the gastrointestinal system: preliminary results. **Magnetic Resonance Imaging**. [S. l.], v. 22, p. 389-393, 2004.
- COSTA, C. D. P. **Polímeros recicláveis para fabricação de compósitos com fibras naturais**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2004.
- DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. 1. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

- FAHN, A. **Plant Anatomy**. 4th ed. Oxford: Pergamon Press, 1990. 600 p.
- FRANKE, I. L.; BERGO, C. L.; AMARAL, E. F.; ARAÚJO, E. A. **Aptidão natural para o cultivo de açaí (Euterpe oleracea Mart. e Euterpe precatoria Mart.) no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 5 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 142).
- GALLORI, S.; BILLA, A. R.; BERGONZI, M. C.; BARBOSA, W. L. R.; VINCIGLI, E. F. Polyphenolic Constituents of fruit pulp of Euterpe oleracea Mart. (Açaí Palm). **Chromatographia**. New York, v. 59, p. 739-743, 2004.
- GOUVÊA, D. D. S. **Caracterização anatômica e ultraestrutural de sementes de Euterpe oleracea Mart.** 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Rural da Amazônia, Belém, PA, 2007.
- JARDIM, M. A. G.; ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas de açaizeiro no estuário amazônico: resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 15, p. 1-18, 1987.
- JEWELL, F. F. Softening slash pine tissues for serial sectioning. **Stain Technology**, [S. l.], v. 33, p. 191-192, 1958.
- JOHANSEN, D. A. **Plant Microtechnique**. New York: McGraw-Hill Book Co. Inc., 1940. 523 p.
- JOLY, A. B. **Introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo: Nacional, 1998.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: Ed. Universidade Rural, 1997. 200 p.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998.
- LUBRANO, C.; ROBIN, J. R. Étude des composés majeurs d'huiles de pulpe de fruits de six espèces de palmiers de Guyane. **Acta Botanica Gallica**, Chatenay, v. 144, p. 497-499, 1997.
- MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; MORI, E. S.; NAKAGAWA, J. Isoenzimas na diferenciação de sementes de três espécies do gênero Euterpe. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 51-57, 2007.
- MARTINS, M. A.; PESSOA, J. D. C.; GONÇALVES, P. S.; SOUZA, F. I.; MATTOSO, L. H. C. Thermal and mechanical properties of the açaí fiber/natural rubber composites. **Journal of Materials Science**, Norwell, v. 43, p. 6531-6538, 2008.
- MELO, C. F. M.; WISNIEWSKI, A.; ALVES, S. M. **Possibilidades papéis do açaizeiro**. Belém, PA: IPEAN, 1974. p. 1-34. (IPEAN. Boletim Técnico do IPEAN, 63).
- MENEZES, E. M. S.; TORRES, A. T.; SABAA-SRUR, A. U. Valor nutricional da polpa de açaí (Euterpe oleracea Mart.) liofilizada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008.
- MENEZES NETO, M. A. **Caracterização anatômica e degradação de reservas em sementes e plântulas de açaizeiro (Euterpe oleracea Mart.) durante a anaerobiose**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- MONTENEGRO, G. (Ed.). **Manual de técnicas de estudo estrutural y ultraestructural en vegetales**. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile, 1985. 90 p.
- NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 30, p. 498-502, 2008.
- NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. (Ed.). **Açaí**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 137 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de produção, 4).
- PANZA, V.; LAÍNEZ, V.; MALDONADO, S. Seed structure and histochemistry in the palm Euterpe edulis. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 145, p. 445-453, 2004.
- PAULA, J. E. Anatomia de Euterpe oleracea Mart. (Palmae da Amazônia). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 5, n. 3, p. 265-278, 1975.
- REIS, B. de O.; SILVA, I. T. da; SILVA, I. M. O. da; ROCHA, B. R. P. da. **Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí**. 2002. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/energia/agre2002/pdf/0080.pdf>> Acesso em: 02 fev. 2009.
- ROCHA, A. P. M.; CARVALHO, L. C. R. M.; SOUSA, M. A. V.; MADEIRA, S. V. F.; SOUSA, P. J. C.; TANO, T.; SCHINI-KERTH, V. B.; RESENDE, A. C.; SOARES de MOURA, R. Endothelium-dependent vasodilator effect of Euterpe oleracea Mart. (Açaí) extracts in mesenteric vascular bed of the rat. **Vascular Pharmacology**. New York, v. 46, p. 97-104, 2007.
- ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém: EDUFPA, 2000. 313 p.
- SCHAUSS, A. G.; WU, X.; PRIOR, R. L.; OU, B.; PATEL, D.; HUANG, D.; KABABICK, J. P. Phytochemical and nutrient composition of the freeze-dried amazonian palm berry, Euterpe oleracea Mart. (Açaí). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, p. 8598-8603, 2006.
- SODRÉ, J. B. **Morfologia das palmeiras como meio de identificação e uso paisagístico**. Lavras, MG: Programa de especialização em plantas ornamentais e paisagismo, UFPA, 2005.
- STRINGHETA, P. C.; BOBBIO, P. A. Copigmentação de antocianinas. **Biotecnologia Ciência e desenvolvimento**, Brasília, DF, v. 14, p. 34-37, 2000.