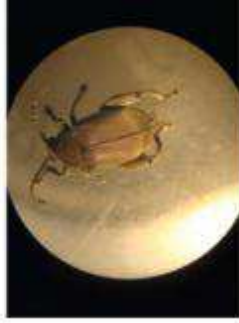


Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Integer ut turpis at augue molestie fringilla eu vel lectus. Aenean id urna est, vitae elementum libero. Nulla tristique diam ut dolor commodo cursus bibendum massa dictum. Integer a lacus eu nulla ornare blandit. Curabitur id quam velit. Sed sapien 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

10. APLICAÇÕES DA FIBRA DO AÇAÍ EM MATERIAIS COMPOSITOS

Maria Alice Martins

José Manoel Marconcini

Edson Noriyuki Ito

Carlos Triveño Rios

Elias Hage Junior

Paulo de Souza Gonçalves

Luiz Henrique Capparelli Mattoso

José Dalton Cruz Pessoa

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a importância das fibras naturais como aditivos ou reforços para produtos poliméricos vem aumentando significativamente devido a fatores como o alto preço das fibras sintéticas e à busca crescente por materiais que sejam provenientes de fontes renováveis (MEDEIROS, 2002). Dentro desta nova tendência mundial, muitos estudos têm sido realizados para a utilização destas fibras em indústrias como a da construção civil, automobilística e aeronáutica. O uso de fibras naturais tem como principais vantagens: o baixo custo; baixa abrasividade; atoxicidade, baixa densidade; baixo consumo de energia; altas propriedades mecânicas e termoacústicas. As vantagens destas fibras sobre as sintéticas incluem também aspectos ecológicos e sociais, em razão da melhor reciclabilidade e biodegradabilidade e a melhoria socioeconômica das regiões onde é realizado o cultivo (MARTINS; JOEKES, 2003; BLEDEZKI; GASSAN, 1999).

Dentre as áreas de interesse para aplicação de fibras naturais, a que vem sendo investigada por vários grupos de pesquisa é a de materiais compósitos e nanocompósitos poliméricos (KHALIL et al., 2012; JOSEPH et al., 1993; JOSEPH et al., 1996; NAIR; DUFRESNE, 2003; ANGELLIER et al., 2005) e a área de compósitos com polímeros biodegradáveis (ROUILLY et al., 2004; CARVALHO et al., 2003). Compósitos são materiais formados por dois ou mais constituintes quimicamente distintos em escala microscópica e separados por uma interface. O componente contínuo é denominado de matriz, enquanto que os demais, descontínuos, são denominados de reforço. Deste modo, ambos, reforço e matriz, retem suas identidades físicas e químicas e ainda formam uma combinação de propriedades que não podem ser atingidas pelos constituintes individualmente (CALLISTER JR, 1996). Diversos estudos têm demonstrado que fibras, como a de sisal, podem ser utilizadas na produção de compósitos com borrachas e polímeros (MWAIKAMBO; ANSELL, 1999; LI et al., 2000; MARTINS; JOEKES, 2003), o que já está começando a ser explorado em escala industrial no Brasil (SALAZAR et al., 2011). Estudos, incluindo compósitos e blendas de borracha natural, polímeros reciclados e biopolímeros têm demonstrado grande viabilidade para o desenvolvimento de novos materiais com melhores propriedades do que seus constituintes puros sem investimentos em rotas de síntese. Dentro desta área, o maior interesse atual é na utilização de fibras naturais provenientes de resíduos agropecuários ou de processamento industrial.

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida como açaizeiro, pode ser considerada como a palmeira de maior importância econômica, social e cultural da região Norte do Brasil (QUEIROZ; MELEM JR, 2001), onde o Estado do Pará se destaca como maior produtor e consumidor (COSTA et al., 2001). Seu grande potencial sócio-econômico é baseado na exploração do fruto, que vem sendo feita desde a época pré-colombiana, e do palmito, consumido a partir da década de 60, como substituto do palmito (NOGUEIRA; CONCEIÇÃO, 2000; CALBO; MORAES, 2000), entretanto o desenvolvimento desta agroindústria tem gerado grande volume de resíduos. Recentemente, a bebida de açai tem conquistado mercado em outras regiões do país e no exterior devido a suas propriedades antioxidante, aos micro-nutrientes presentes e a suas propriedades energéticas (LUBRANO; ROBIN, 1997; YUYAMA et al., 2002).

O açaizeiro é uma palmeira tropical nativa da Amazônia Oriental que pode atingir até 25m de altura, possui caule com diâmetro de 15 a 25cm e ocorre geralmente formando touceiras com vários estipes (OLIVEIRA et al., 2000). Frutifica a partir do terceiro ano e a produção máxima de frutos ocorre entre o quinto e sexto ano de idade. A partir do terceiro ano, nascem de 3 a 8 inflorescências por ano, cada uma delas dará um cacho contendo algumas centenas de frutos. A espécie *Euterpe oleracea* Mart. é constituída botanicamente, segundo Costa et al. (2001), de duas variedades, distintas entre si pela coloração dos frutos quando maduro: a violácea e a branca. Os frutos da variedade violácea são ricos em antocianina e possuem maior valor comercial.

O interesse na exploração da palmeira da variedade violácea vem aumentando de maneira considerável devido ao aumento do consumo do fruto, o açai, que pode ser encontrado principalmente sob a forma de polpa em diversos estados brasileiros. Entretanto, a utilização da palmeira do açai é integral, além da exploração do palmito, a raiz é utilizada como vermífugo, no tratamento da malária e contra infecções hepáticas; o caule é usado na construção casas e cercas; as folhas são usadas como cobertura para as casas, ração animal e na produção de artesanato, e os cachos secos, após a extração dos frutos, são aproveitados

como vassouras (SILVA; ALMEIDA, 2004; GALLOTA; BOAVENTURA, 2005). Além destes usos, atualmente, estão sendo realizados estudos para aumentar e melhorar a utilização do açai, tais como a avaliação microbiológica e tratamento térmico para o aumento do tempo de prateleira do suco (SOUZA et al., 2006), estudo para a conservação e caracterização reológica da polpa (CARNEIRO, 2000; ALEXANDRE et al., 2004), para a determinação da composição, estabilidade e aplicações das antocianinas presentes no açai (HASSIMOTO et al., 2005; GALLORI et al., 2004; POZO-INSFRAN et al., 2004; BOBBIO, et al., 2000; PACHECO-PALENÇIA et al., 2007), para o seu uso como pigmento para indústria alimentícia (CÔISSON et al., 2005), para utilização na área médica (CÓRDOVA-FRAGA et al., 2004).

Segundo o IBGE (PRODUÇÃO..., 2010), o Brasil produziu 124.421 toneladas de frutos de açai em 2010, sendo que cerca de 90% deste volume corresponde aos resíduos gerados após o processamento agroindustrial do fruto. Estes resíduos são constituídos basicamente do caroço e de fibras. Entretanto, apesar de ser uma fonte de material lignocelulósico renovável, este resíduo representa, atualmente, um grave problema ambiental (ROGEZ, 2000; RODRIGUES et al., 2006). Diferentes métodos têm sido investigados para a utilização do resíduo da agroindústria do açai, como a sua utilização para geração de energia, para produção de adubo (TEIXEIRA et al., 2004), para extração de antioxidante (PACHECO-PALENÇIA et al., 2007) e na área de novos materiais (MARTINS et al., 2008a; MARTINS et al., 2009; PESSOA et al., 2010).

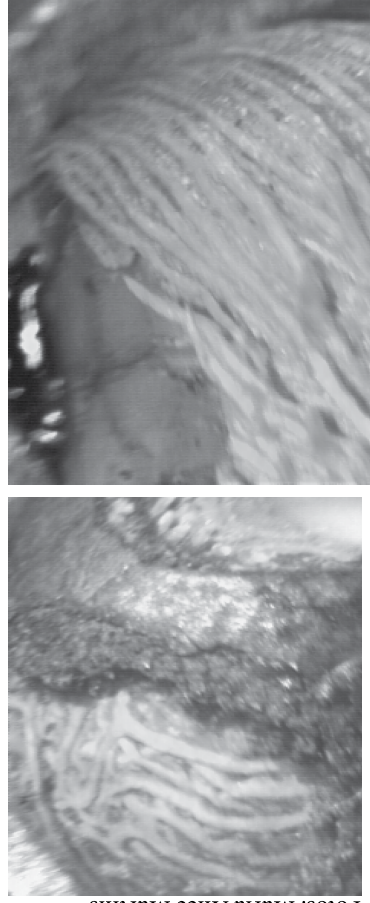
Para ampliar e otimizar a utilização industrial do fruto e do resíduo gerado no seu processamento, a caracterização físico-química e a forma para a reutilização deste material devem ser estudadas. O estudo térmico das fibras que recobrem o caroço, por exemplo, é um parâmetro muito importante a ser investigado, pois parte destas fibras está presente no processamento do suco e também no resíduo gerado pela agroindústria do açai. E também porque para a utilização destas fibras em materiais compósitos poliméricos, que envolvem em geral, processos de moldagem a temperaturas acima de 150 °C é necessário uma avaliação estabilidade térmica das fibras. Neste capítulo relataremos os estudos realizados para a caracterização da fibra, que é parte do resíduo do açai, e a sua aplicação em compósitos com borracha natural e com poliolefinas (polipropileno e polietileno) recicladas.

CARACTERIZAÇÃO DA FIBRA DO AÇAÍ

Os frutos para o estudo foram fornecidos pela Amazonfruit – Frutas da Amazônia Ltda. Para realização dos ensaios, os frutos foram lavados, e o pericarpo, a polpa e as fibras removidos manualmente. A caracterização morfológica das fibras do mesocarpo foi feita através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia ótica (MO). Para a caracterização por MEV, amostras das fibras foram imersas em uma solução de NaOH 1M a temperatura ambiente por 12 horas para limpeza da superfície. Após a preparação das amostras foi feita a deposição de ouro e o estudo foi realizado utilizando-se um microscópio de varredura da marca Zeiss modelo DSM 960, operando a 20 kV na modalidade SEI (elétrons secundários). A análise por microscopia óptica foi realizada usando um estereoscópio marca lambda, modelo LET 3.

Imagens representativas do fruto do açai são apresentadas nas Figuras 1 e 2, onde podemos ver as fibras do mesocarpo localizadas entre a polpa e o caroço. Os frutos têm forma arredondada, com um diâmetro de 1 a 2cm e massa de 0,8 a 2,3g, o epicarpo (casca) é fino,

e o mesocarpo tem uma espessura de 1 a 2mm, a polpa representa de 5 a 15% do volume do fruto dependendo da variedade e da maturidade do fruto, e o caroço é envolto por um feixe de fibra (ROGEZ, 2000). Nas fotomicrografias do fruto obtidas por microscopia ótica, mostradas na Figura 1, observa-se em detalhe a forma compacta e coesa que as fibras recobrem o caroço. Observa-se também que em algumas regiões elas estão alinhadas de forma regular e em outras este alinhamento não é homogêneo. A partir das micrografias obtidas por MEV, Figura 2, pode-se observar que o epicarpo é delgado em relação à polpa e que as fibras recobrem o caroço de forma compacta e em algumas regiões alinhadas, sendo que o maior volume dos frutos é constituído pelo caroço.



Fotos: Maria Alice Martins

Figura 1. Fotomicrografias obtidas por microscopia ótica do fruto do açaí. Magnitude 4x.

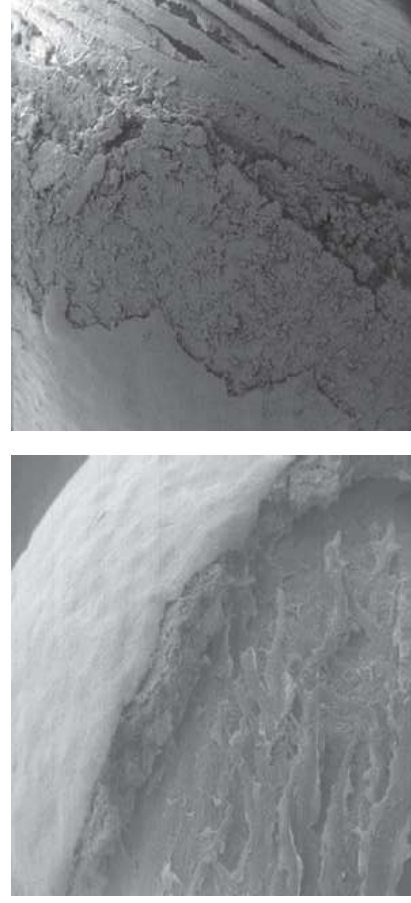


Figura 2. Micrografias obtidas por MEV do fruto do açaí.

As Figuras 3 e 4 apresentam imagens representativas das fibras que recobrem o caroço do açaí. Após serem removidas as fibras do açaí se apresentam na forma de penachos como mostrado na Figura 3. A micrografia obtida por MEV, Figura 4-A, mostra uma parte do feixe destas fibras após o tratamento com NaOH, observa-se que as fibras não possuem superfície homogênea ou lisa e são recoberta com células do parênquima, observa-se também que possuem forma irregular, não podendo ser classificadas como esféricas ou elípticas. Na Figura 4-B, que é uma ampliação de parte da fibra, vê-se em detalhe os orifícios denominados canais de pontuação presentes em toda extensão das fibras e as células do parênquima que recobrem a superfície.



Figura 3. Imagem do feixe de fibras do açaí.

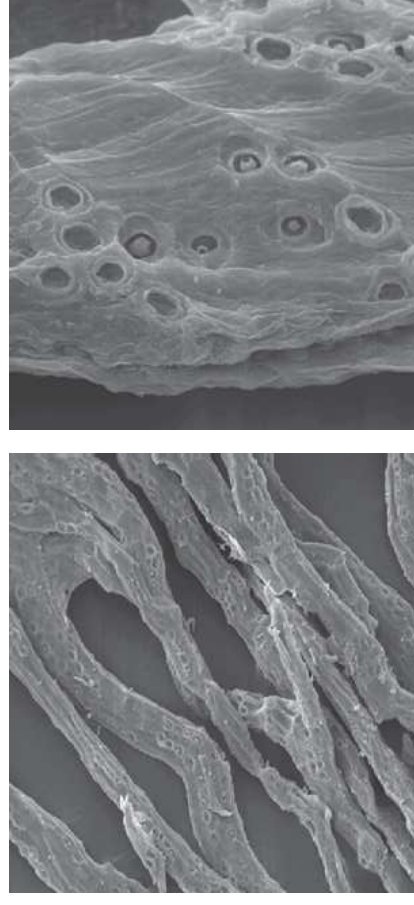


Figura 4. Micrografias obtidas por MEV da fibra do mesocarpo do açaí. Magnitude de 200x (A), 1000x (B).

Com objetivo de avaliar a estabilidade térmica das fibras foram realizados ensaios termogravimétricos (TG/DTG) usando o equipamento Q500 da TA Instruments. As condições dos ensaios foram: razão de aquecimento de 10 °C/min, faixa de temperatura entre ambiente até 800 °C, atmosfera inerte com nitrogênio e atmosfera oxidativa usando ar sintético, e fluxo de 30 mL/min. A Figura 5 mostra os resultados do estudo por termogravimetria das fibras do açaí nas duas atmosferas. Em atmosfera de nitrogênio, observa-se que as fibras apresentaram três processos de perda de massa, primeiro uma pequena variação de massa de cerca de 5% até 100 °C devido à perda de umidade, em seguida ocorreu uma variação acentuada a partir de cerca de 230 °C, onde ocorre uma perda de massa de aproximadamente 65%, atribuída à decomposição da hemicelulose, e quebra de ligações da celulose, Figura 5-A. A temperatura na qual 50% de decomposição da massa ocorreu foi em cerca de 350 °C. A terceira variação de massa ocorreu a partir de aproximadamente 370 °C devido à decomposição final da celulose e da lignina, sendo o teor final de resíduos das fibras de cerca de 18%. A curva de DTG, Figura 5-B, mostrou um pico inicial em 50 °C correspondente à eliminação de água e que após este pico, observa-se que as fibras apresentaram uma degradação em três etapas: um primeiro pico em cerca de 280 °C relacionado à depolimerização da hemicelulose, um segundo pico em cerca de 610 °C atribuído à degradação de resíduos. Em atmosfera termoxidativa com ar sintético, vê-se que ocorreu uma mudança no processo de degradação das fibras. Após a perda de massa inicial devido à perda de umidade, ocorreram quatro etapas na degradação, dois picos em cerca de 280 °C e 320 °C atribuídos à decomposição da hemicelulose, celulose e lignina. Um terceiro em aproximadamente 460 °C atribuído à degradação final do material, e um pequeno em cerca de 590 °C devido à degradação dos resíduos finais. Observa-se também que, como esperado, em atmosfera de ar, a estabilidade térmica das fibras e o teor de resíduos, cerca de 3%, são menores que em atmosfera inerte.

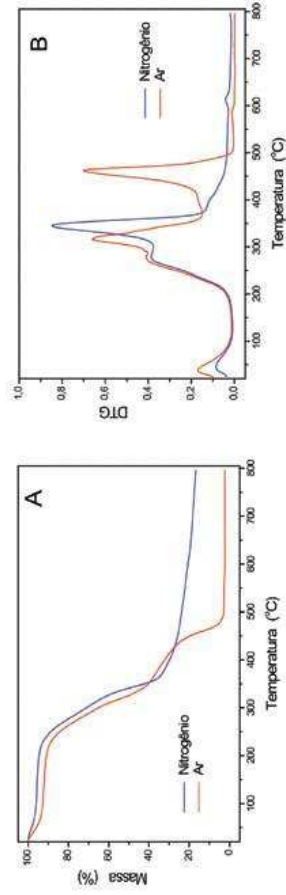


Figura 5. Curvas de TG/DTG das fibras do mesocarpo do açaí. Atmosfera de nitrogênio e ar sintético, taxa de aquecimento de 10 °C/min.

Os resultados de análise térmica mostraram que as fibras do açaí apresentam boa estabilidade térmica até cerca de 230 °C, com processo de degradação em três etapas, um comportamento semelhante ao das principais fibras naturais já utilizadas industrialmente como o sisal (CHAND et al., 1987), e o coco (VARMA et al., 1986), o que abre novas e promissoras perspectivas para sua utilização. Estes resultados sugerem que as fibras não só poderiam ser utilizadas industrialmente em áreas como a da indústria automobilística, e de materiais como estão sendo usadas as fibras de sisal e coco, mas também poderia ser utilizado todo o resíduo gerado pela agroindústria do açaí, fibra e caroço, para a produção de energia.

APLICAÇÕES EM MATERIAIS COMPOSTOS

COMPOSTOS DE BORRACHA NATURAL COM FIBRAS DE AÇAÍ

A borracha da *Hevea brasiliensis* é um polímero de alta massa molar, essencialmente composta de poli (cis-1,4-isopreno), na qual as unidades repetitivas da molécula são arranjadas na configuração cabeça-cauda (SANTOS, 1999). A seringueira (*Hevea brasiliensis*), Figura 6-A, é uma árvore originária da região amazônica do Brasil, sendo a borracha natural o produto primário da coagulação do látex desta árvore. A heveicultura (cultura da seringueira) é uma atividade de grande importância socioeconômica e ambiental, pois a borracha proveniente do látex da seringueira é uma matéria-prima agrícola utilizada para a manufatura de uma grande quantidade de produtos e considerada estratégica ao lado de produtos como aço e petróleo (MORTON, 1981).

Características como elasticidade, impermeabilidade, resistência à abrasão e à corrosão e fácil adesão a tecidos e ao aço tornam a borracha natural uma excelente matéria-prima para diversos setores da agroindústria: hospitalar/farmacêutico, brinquedos, vestuário, construção civil, maquinário agrícola e industrial e autopeças. Além disso, a forte demanda mundial relacionada com o atual nível de produção desta commodity garante a manutenção da valorização do preço da borracha natural nas diversas Bolsas de Mercadorias. Atualmente, Tailândia e Indonésia são os maiores produtores de borracha natural do mundo, respondendo por 27% e 29% da produção total mundial, respectivamente. O Brasil, que no início do século XX detinha o monopólio da produção mundial de borracha natural, hoje responde por apenas 1%, não conseguindo suprir as necessidades da indústria consumidora instalada no país (MARTINS et al., 2008b).

O látex de *Hevea* e a borracha natural são produtos distintos. O látex é um sistema polidisperso, no qual partículas de borracha estão suspensas em um meio aquoso (soro), enquanto que a borracha natural é um produto sólido, obtida após a coagulação do látex e secagem do coágulo, Figuras 6-B. Algumas horas depois de ser coletado, o látex sofre o processo chamado de coagulação natural ou espontânea. Durante a coagulação natural o pH é reduzido de 6 para 5. Este processo bioquímico, que ocorre rapidamente, envolve reações entre cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) e proteínas, além da ação de enzimas e de micro-organismos que reagem com compostos "não-borracha", diminuindo o seu poder

de estabilização. Para transformar o látex e a borracha em matéria-prima de aplicação industrial é necessário seu beneficiamento. Modernamente, a borracha é consumida de duas formas: como borracha laminada (seca) e como borracha na forma coloidal em concentração elevada. Embora a maior aplicação da borracha seja na forma laminada, o látex concentrado é um material insubstituível, sendo utilizado em linhas de fabricação específicas como, por exemplo, na área médica em tubos, luvas e preservativos (ENG; TANAKA, 1993; FRANTA, 1989; WISNIEWSKI, 1983).

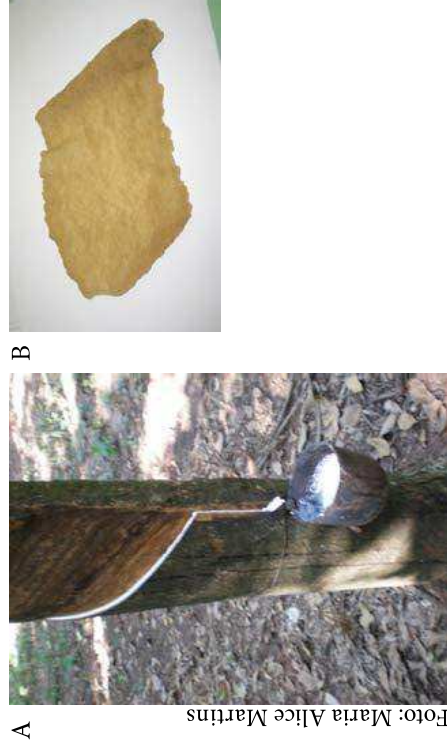


Figura 6. Seringueira (A), borracha natural laminada (B).

Um clone de seringueira é formado por um grupo de plantas obtidas através da propagação vegetativa de uma planta matriz, e todas as árvores de um clone possuem a mesma constituição genética, responsável por sua uniformidade (AROE et al., 1983). O termo clone é empregado porque as variedades selecionadas são propagadas por enxertia, que é um dos métodos de clonagem de plantas, possibilitando a formação de plantações uniformes, com bom desenvolvimento, alta produtividade e outras características de interesse. Em geral, os clones recebem o nome da instituição de origem, sob forma de sigla, seguido após um espaço, de um número de série designado pelo melhorista responsável (BENESI, 1999). Para confecção dos compostos com as fibras de açaí foram utilizadas borrachas de 4 diferentes clones, GT 1; PB 235; IAN 873; e RRIM 600 (controle).

Inicialmente foi realizada a avaliação da qualidade da borracha crua dos quatro clones, da mistura destes e de uma borracha comercial do tipo GEB-1 (borracha obtida a partir de coágulos diversos, Granulado-Escuro-Brasileiro) através dos ensaios padrões de acordo com a norma NBR 11597/1996 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os resultados são apresentados na Tabela 1. Segundo a norma ABNT, 1996 o limite máximo

de extrato acetônico para uma borracha natural padronizada deve ser de 3,5%, observamos que com exceção do clone PB 235, todas as outras amostras apresentaram resultados abaixo do valor máximo estabelecido, sendo a borracha comercial a que apresentou menor valor. O teor de cinzas ficou abaixo do máximo estabelecido pela norma (0,6%) em todas as amostras, e a borracha comercial apresentou resultado maior que as outras amostras, provavelmente devido à diferença no processamento realizado pela indústria para obtenção desta borracha em relação ao realizado no laboratório nas amostras de borracha dos quatros clones.

Tabela 1. Resultados dos ensaios padrões para a caracterização da borracha natural.

Amostra de borracha	PRI (%)	Extrato acetônico (%)	Teor de Cinzas (%)	Viscosidade Mooney	Nitrogênio (%)
Clone GT 1	61	2,44	0,134	82	0,44
Clone PB 235	70	4,04	0,158	86	0,42
Clone IAN 873	64	2,34	0,107	91	0,49
Clone RRIM 600	72	2,53	0,157	77	0,53
Mistura / 4 clones	52	2,86	0,133	83	0,46
Borracha comercial	58	1,94	0,383	96	0,23

PRI= Índice de retenção plástica

A processabilidade da borracha está relacionada com a medida de viscosidade Mooney, valores muito altos desta medida indicam aumento de etapas no processamento. Os resultados mostraram que o limite inferior e o superior de viscosidade foram obtidos pelo clone RRIM 600 e para a borracha comercial, respectivamente. Para a medida da porcentagem de nitrogênio, que é uma estimativa do teor de proteínas presentes na borracha, os valores obtidos ficaram dentro dos limites de qualidade estabelecidos pela norma (ABNT, 1996), entre 0,2 e 0,6% para todas as amostras, sendo que a amostra que apresentou menor valor foi a de borracha comercial. O clone GT 1 e a mistura/4 clones apresentaram resultados semelhantes tanto para a medida de viscosidade Mooney quanto para a porcentagem de nitrogênio e teor de cinzas. A medida do índice de retenção de plasticidade (PRI) avalia a estabilidade da borracha natural, sob condições controladas, sob a ação do calor e/ou oxidação. Valores elevados de PRI indicam boas propriedades quanto ao envelhecimento. Os resultados mostraram que a amostra que apresentou o PRI mais elevado foi a do clone RRIM 600, seguido pelo clone PB 235. O valor mínimo estabelecido pela norma Brasileira (ABNT, 1996) para o PRI é de 60 para a borracha obtida a partir de látex e de 50 para borracha do tipo GEB-1. Os resultados

mostraram que os clones apresentaram valores superiores ao estabelecido pela norma, com exceção da mistura/4clones, indicando que o processamento realizado influenciou nas propriedades da mistura. A borracha comercial apresentou PRI acima do estipulado pela norma.

A etapa seguinte à caracterização da borracha crua foi a sua formulação e vulcanização para a confecção dos compostos com as fibras do açaí. A formulação e a vulcanização com outros constituintes ou aditivos da borracha natural crua é que a torna aplicável para a maioria dos processos industriais, e ao resultado desta mistura é dado o nome de composto de borracha. Através da vulcanização consegue-se transformar as propriedades plásticas da borracha, eliminar sua sensibilidade ao calor e obter um corpo elástico capaz de retomar suas dimensões primitivas depois de uma deformação, mesmo em condições extremas de temperatura (COSTA et al., 2003; VISCONTE et al., 2001). A formulação da borracha foi feita de acordo com as composições mostradas na Tabela 2.

Tabela 2. Composição básica para formulação da borracha natural:

Componentes	Quantidade (phr)
Borracha natural	100
Ácido esteárico	3
Óxido de zinco	5
Óleo de processamento	5
Negro de fumo	10
Acelerador (M.B.T.S.*, T.M.T.D.**)	2
Antioxidante (Banox)	1
Enxofre	2,5

*Disulfeto de Mercaptobenzotiazol, ** Dissulfeto de tetra metil tiuram

O resultado da avaliação da estabilidade térmica da borracha formulada é apresentado através das curvas de TG na Figura 7. Observa-se que, em todos os casos, o processo de decomposição da borracha ocorreu em uma única etapa e que não existe diferença significativa entre as amostras, indicando que há uniformidade térmica entre os clones. Observa-se ainda que a temperatura inicial de decomposição é próxima a 300 °C, sendo que até esta temperatura ocorreu uma perda de massa de cerca de 7% em relação à massa inicial. A decomposição da massa de 50% da massa inicial das amostras ocorreu em cerca 390 °C, e a 500 °C o resíduo é de aproximadamente 25 %.

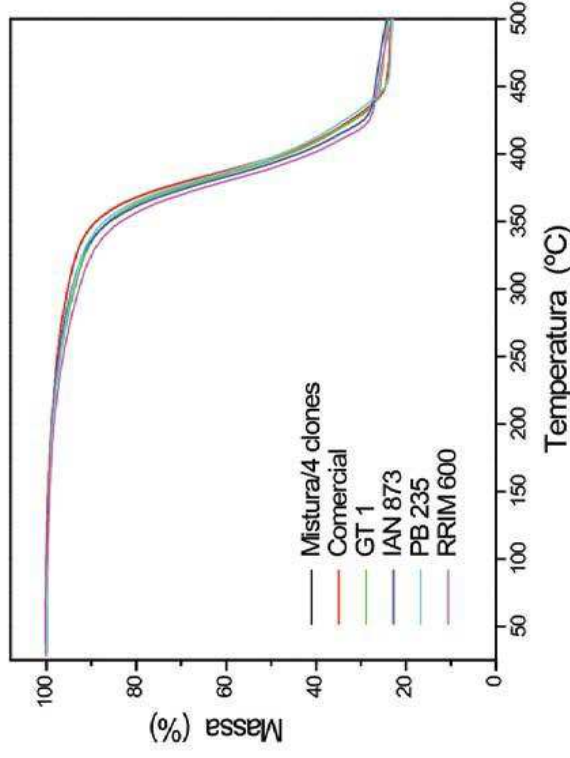


Figura 7. Curvas de TG para a borracha natural formulada (atmosfera de nitrogênio, taxa de aquecimento de 10 °C/min).

A Tabela 3 mostra os resultados mecânicos de resistência à tração para o composto de borracha formulada usando distanciamento entre as garras de $L_0 = 25$ mm. Estes ensaios foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio Instron – modelo 5569, segundo a norma D 412-1992 da American Society for Testing and Materials (ASTM). Vemos que a borracha formulada que apresentou o melhor desempenho em relação à resistência à tensão e à elongação foi a obtida a partir do clone RRIM 600 e da borracha comercial. Com relação ao módulo, as variações observadas ficaram dentro do erro experimental. Os ensaios de sorção de água por imersão, a temperatura ambiente, da borracha formulada foram realizados de acordo com a norma D 570-1995 da American Society for Testing and Materials (ASTM), o teor de líquido sorvido foi determinado pesando-se os corpos de prova antes e depois de imersos. Os resultados (Figura 8) mostraram que todas as amostras apresentaram o mesmo perfil para a curva de sorção de água e que não há diferenças significativas no teor de água sorvida entre a borracha comercial e as obtidas dos diferentes clones após a formulação, todas sorveram cerca de 1,5 % da sua massa inicial em 30 dias.

Tabela 3. Propriedades mecânicas para a borracha natural formulada (Lo = 25 mm).

Borracha Natural	Módulo (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Deformação (%)
RRIM 600	2,6 ± 0,4	22 ± 2	1223 ± 132
IAN 873	2,4 ± 0,1	16 ± 2	995 ± 77
GT 1	2,2 ± 0,4	14 ± 6	863 ± 252
PB 235	2,3 ± 0,1	17 ± 2	1095 ± 82
MISTURA	2,4 ± 0,1	18 ± 2	1067 ± 91
COMERCIAL	2,6 ± 0,1	20 ± 2	1147 ± 58

O processamento dos compostos foi realizado em um moinho de dois rolos, da marca Parabor modelo EQ-ML, à temperatura de 70 °C, velocidade de rotação de 80 rpm e tempo de mistura de 15 minutos. Após 24 horas os corpos de prova foram moldados à temperatura de cerca de 145 °C, pressão de 4 MPa durante 5 minutos. Foram processados compostos com 5 e 10% (phr) de teor de fibra de comprimento igual a 10 mm.

A Figura 9 mostra as curvas TG e DTG dos compostos da borracha formulada e dos compostos com fibra de aço em atmosfera inerte. As curvas de TG e DTG apresentaram comportamentos similares, sugerindo que o mecanismo de decomposição é o mesmo independente da presença das fibras. As curvas de DTG apresentam um único pico mostrando que a degradação ocorreu em um estágio entre aproximadamente 300 °C e 450 °C. As amostras apresentaram uma perda de massa de 85% devido a termo decomposição da borracha natural e das fibras de aço. A temperatura onde ocorreu a taxa máxima de perda de massa, que corresponde ao pico da curva de DTG é em aproximadamente 375 °C para o composto e os compostos com a borracha do clone GT 1 e em cerca de 385 °C para as demais amostras. Não foi observada nenhuma diferença significativa entre as amostras até a temperatura de 300 °C. Observa-se também que a etapa da degradação ocorre em velocidade semelhante para todas as amostras uma vez que a largura do pico é similar em todos os casos.

O índice de termo estabilidade mostrou que em 375 °C, cerca de 50% da massa inicial do composto e dos compostos com a borracha do clone GT 1 já se degradou e isto ocorreu em cerca de 390 °C para as demais amostras, indicando que somente a borracha natural do clone IAN 873 apresentou termo estabilidade comparável a do clone RRIM 600. O teor de resíduos é de cerca de 15% para todas as amostras estudadas.

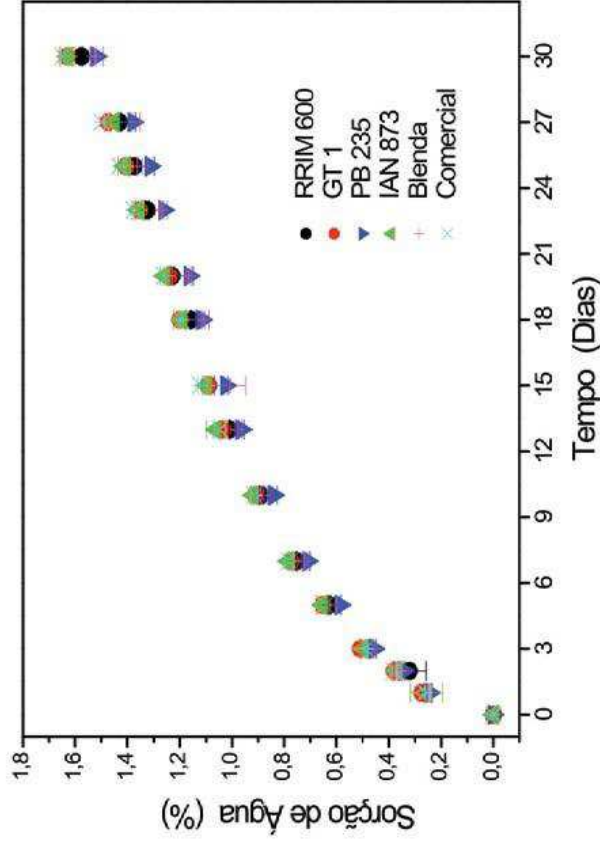


Figura 8. Sorção de água para os compostos dos clones de borracha natural, da mistura e da borracha comercial.

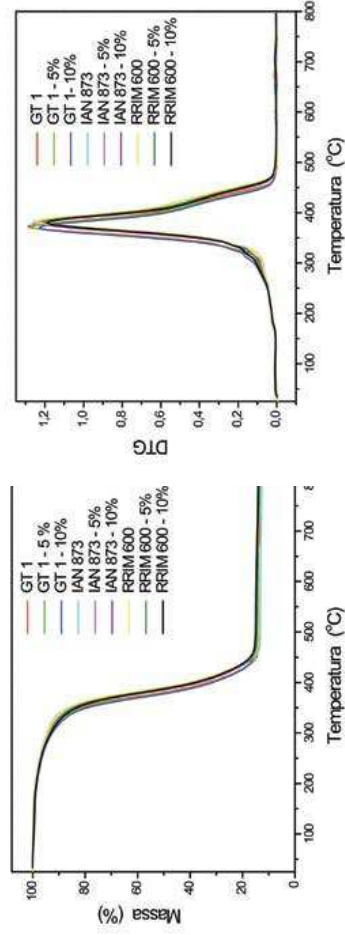


Figura 9. Curvas de TG/DTG para a borracha natural formulada e para os compostos de borracha natural / fibras de aço. Atmosfera inerte de nitrogênio.

Na Figura 10 são apresentadas curvas de TG/DTG, em atmosfera inerte, da fibra de açaí, do composto de borracha e dos compósitos com a borracha do clone GT 1. A fibra apresentou boa termo estabilidade até cerca de 230 °C e um processo de termo degradação em três estágios enquanto que composto e os compósitos se degradam em apenas um estágio. Embora o processo de termo degradação das fibras seja diferente do composto de borracha natural (borracha vulcanizada), a adição das fibras para a confecção dos compósitos não levou a decréscimo da termo-estabilidade do material compósito obtido, indicando a viabilidade de sua utilização. Devido ao desempenho das fibras naturais, diversos estudos estão sendo realizados para otimizar sua utilização em indústrias como a de materiais compósitos (MARTINS; MATTOSO, 2004; MISHRA et al., 2004) e nanocompósitos (BHATNAGAR; SAIN, 2005), automobilística (SALAZAR et al., 2011) e civil (RAMAKRISHNA; SUNDARARAJAN, 2005). Ma et al. (2005) estudaram a influência da adição de fibras naturais em materiais biodegradáveis à base de amido para aplicação na área de embalagens e observaram que a adição das fibras aumentou a estabilidade térmica, a resistência mecânica e reduziu a absorção de umidade dos materiais obtidos.

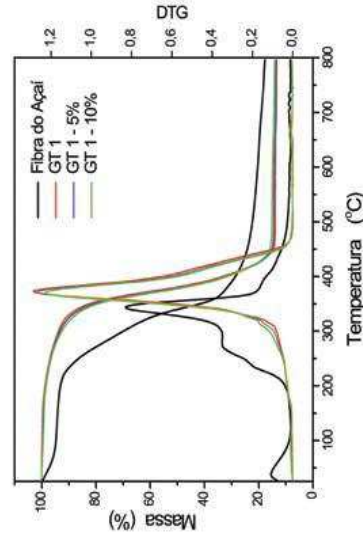


Figura 10. Curvas de TG/DTG da fibra de açaí, borracha natural formulada e para os compósitos de borracha natural do clone GT 1 / fibras de açaí. Atmosfera inerte de nitrogênio.

Para a atmosfera oxidativa, as curvas TG e DTG dos compostos e dos compósitos são mostradas na Figura 11. Os resultados mostraram que a termodegradação em atmosfera de ar sintético ocorre em três passos consecutivos. A primeira etapa começa em cerca de 300 °C e está concluída em cerca de 400 °C, com uma perda de massa de aproximadamente 73% que pode ser atribuída a termodegradação tanto da borracha natural quanto da fibra de açaí, sendo esta a principal etapa da degradação. Observou-se também que a principal etapa da degradação ocorre em velocidade semelhante para todas as amostras uma vez que a largura dos picos é similar em todos os casos. A segunda etapa começa em cerca de 400 °C até 535 °C, com uma perda de massa de cerca de 12%. Na terceira etapa a perda de massa é de cerca de 8%, sendo que ela começa em 535 °C até 635 °C. O teor de resíduo é de cerca de 4%, inferior ao observada

em atmosfera inerte. Os resultados mostraram também que a temperatura na qual 50% da decomposição ocorre é em cerca de 380 °C para as amostras do clone GT 1 e para as demais amostras, indicando que em atmosfera oxidativa a estabilidade deste clone é comparável a do controle, o clone RRMIM 600. A atmosfera usada influenciou no processo de termo degradação das amostras que mudou de um para três estágios.

Para os ensaios de calorimetria exploratória diferencial (DSC) foi utilizado um instrumento marca TA modelo Q100. A razão de aquecimento utilizada foi de 10 °C/min e o intervalo de temperatura de -90 °C a 100 °C. A Figura 12 apresenta as curvas de DSC, observou-se que não correu variação na temperatura de transição vítrea com a adição das fibras, pois os compósitos apresentam temperaturas similares à dos compostos e nem devido à variação do clone. As amostras mostraram variação na linha base em cerca de -59 °C para todas as amostras que é atribuída à temperatura de transição vítrea, sugerindo que não ocorreu diferença significativa na flexibilidade das cadeias dos materiais com a adição das fibras de açaí nos teores de 5% e 10%.

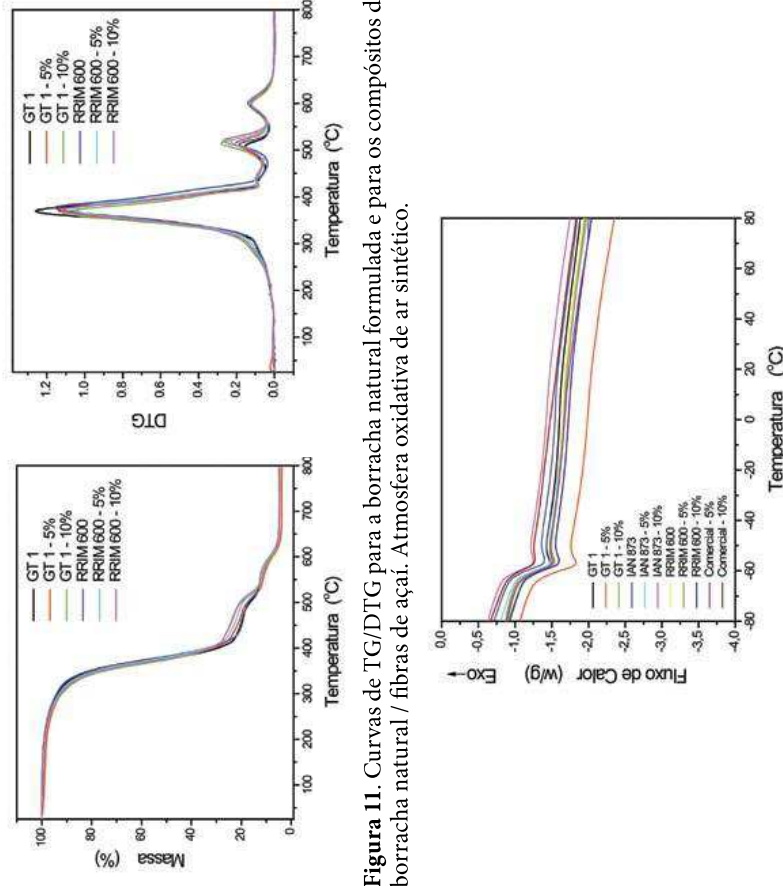


Figura 11. Curvas de TG/DTG para a borracha natural formulada e para os compósitos de borracha natural / fibras de açaí. Atmosfera oxidativa de ar sintético.

Figura 12. Curvas de DSC para a borracha natural formulada e para os compósitos de borracha natural / fibras de açaí.

Os resultados dos ensaios mecânicos de resistência à tração são mostrados na Tabela 4 para os compostos e os compósitos com 5% e 10% de fibra. Os compósitos com 5% de fibras foram os que apresentaram maior desempenho indicando que este é o teor mais adequado, sendo que os compósitos com o clone RRIM 600 foram os que apresentaram o melhor desempenho em relação ao módulo. Observa-se um decréscimo de desempenho da resistência à tração com o aumento do teor de fibra, provavelmente devido a uma baixa adesão entre as fibras e a matriz, o que leva a ocorrência de micro defeitos na interface e a uma transferência não uniforme de tensão no material. A baixa adesão pode ser atribuída a uma distribuição não homogênea das fibras na matriz com a formação de interfaces fibra/fibra (THWE; LIAO, 2003).
 Pode-se observar também que para a resistência à tração não houve diferença significativa entre as amostras dos clones GT 1 e IAN 873, entretanto para o clone RRIM 600 os compostos apresentaram desempenho cerca de 40% superior ao dos compósitos com 5% de fibra. Para a elongação, nem o clone nem a adição das fibras influenciaram esta propriedade, indicando que não ocorreu aumento na rigidez do material. Este resultado concorda com os resultados obtidos para a temperatura de transição vítrea. Os compósitos de borracha natural com as fibras de açaí mostraram desempenho comparável aos de compósitos com outras fibras naturais, o que é um resultado promissor para o uso destas fibras que são o resíduo do processo industrial do fruto do açaí (VARGHESE et al., 1994; MURTY; DE, 1982).

Tabela 4. Ensaio mecânicos para a borracha natural formulada e para os compósitos de borracha natural / fibras de açaí (5% e 10%).

Amostras	Módulo (MPa)	Resistência à Tração (MPa)	Deformação (%)
GT 1	2,2 ± 0,4	14 ± 6	522 ± 76
GT 1 / 5%	4,5 ± 0,7	13 ± 3	425 ± 47
GT 1 / 10%	3,4 ± 0,4	10 ± 2	400 ± 49
IAN 873	2,4 ± 0,1	16 ± 2	495 ± 15
IAN 873 / 5%	5,2 ± 0,1	15 ± 1	476 ± 6
IAN 873 / 10%	4,3 ± 0,1	13 ± 1	471 ± 10
RRIM 600	2,6 ± 0,4	22 ± 2	500 ± 73
RRIM 600 / 5%	5,7 ± 0,4	16 ± 2	494 ± 19
RRIM 600 / 10%	3,9 ± 0,6	12 ± 2	448 ± 28

A penetração e a difusão da água em materiais compósitos ocorrem principalmente através de dois mecanismos: as moléculas de água difundem na matriz e alcançam as fibras ou entram nos compósitos através do mecanismo de capilaridade, ao longo da interface fibra/matriz, seguido pela difusão a partir da interface para a matriz e fibras. A taxa de difusão de água depende parâmetros como a temperatura e a tensão aplicada e homogeneidade do material. A adesão fibra-matriz é um fator importante para a determinação do comportamento de sorção do compósito (THWE; LIAO, 2003; SCREKALA et al., 2002). A Figura 13 apresenta as curvas de sorção de água dos compostos (borracha formulada) e dos compósitos com 5% e 10% de fibras de açaí. Os resultados mostraram que o perfil das curvas de sorção de água é o mesmo para a borracha formulada e para os compósitos. Observamos também que, como esperado, a adição de fibras levou a um aumento no teor de sorção de água, uma vez que as fibras são hidrofílicas e porosas. O valor de sorção de água dos compósitos é maior que a dos compostos e aumenta com o aumento de teor de fibra na matriz. Comparando a porcentagem de sorção de água dos compostos e dos compósitos, observou-se que no sétimo dia a sorção é cerca de três vezes maior que no primeiro dia para todas as amostras e que as amostras não atingiram o equilíbrio após sete dias de imersão. Isto pode ser devido ao lento processo de relaxação que ocorre após o rápido processo de difusão inicial (GEETHAMMA, THOMAS, 2005). Para um mesmo teor de fibras, não se observa diferença significativa entre a microestrutura do material obtido a partir dos diferentes clones, sendo que o efeito de adição das fibras na sorção de água é o mesmo para todos. Resultados semelhantes foram obtidos por Geethamma e Thomas (2005) para compósitos de borracha natural com fibras de coco, indicando que também para esta propriedade, o desempenho das fibras de açaí é comparável com os de fibras naturais utilizadas e que estas fibras podem ser usadas em materiais compósitos.

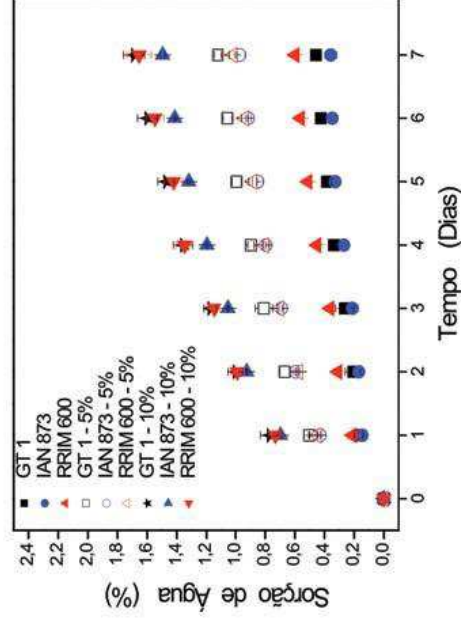


Figura 13. Curvas de sorção de água (% m/m) para a borracha natural formulada e para os compósitos de borracha natural / fibras de açaí.

COMPÓSITOS DE POLIOLEFINAS RECICLADAS COM FIBRAS DE AÇAÍ

Os resíduos sólidos urbanos, industriais e agrícolas vem aumentando de forma alarmante no mundo todo. Uma das possibilidades de gerenciamento destes resíduos é a produção de novos materiais a partir dos resíduos, como, por exemplo, compostos de plásticos reciclados com resíduos de fibras vegetais. Com isso, podem-se obter produtos com valor agregado, propriedades mecânicas adequadas ao seu uso e que também colaborarão do ponto de vista ambiental (ARBELAIZ et al., 2005; ADHIKARY et al., 2008; ASHORI; NOURBAKHSH; 2009; CASTRO et al., 2010; CUI et al., 2011).

Dentre os materiais plásticos, tem-se a classe das poliolefinas, das quais fazem parte os polietileno (PE) e polipropileno (PP). Estes são plásticos de uso geral ("commodities"), utilizados em embalagens, utensílios domésticos, fios, fibras e peças automobilísticas. A quantidade de plásticos descartada nos resíduos sólidos urbanos no Brasil é em torno de 18% em massa (CEMPRE, 2011). Deste total de plásticos, os polietileno de alta densidade (HDPE) e de baixa densidade (LDPE) correspondem a 36%, enquanto que o polipropileno corresponde a 11%, o poli(tereftalato de etileno) (PET) a 20%, o PVC a 13% e outros tipos de materiais plásticos a 20% (CEMPRE, 2011). Portanto, as poliolefinas são 47% dos plásticos descartados.

Na etapa de coleta de reciclados plásticos, ocorrem misturas entre eles, sendo que a contaminação de PP com HDPE não é facilmente removida durante o processo de separação por densidade, pois ambos os polímeros têm densidade específica muito próxima. A incompatibilidade entre HDPE e PP é agravada pelo fato de que as tampas de PP moldadas por injeção possuem uma viscosidade bem diferente dos HDPE utilizados em garrafas moldadas por sopro (SCHEIRS, 1998; ADHIKARY et al., 2008).

Na literatura, observam-se trabalhos com visões distintas relatando os efeitos da contaminação de PP na reciclagem de HDPE, quando se compara Scheirs (1998) e Harris (1991). Devido ao fato do PP fundir a temperaturas em torno de 40°C acima do PE utilizado em garrafa de leite, ocorre a não dispersão eficiente de PP na matriz do reciclado de PE. A contaminação de PP em baixos níveis, pode reduzir as propriedades mecânicas de HDPE reciclado, de acordo com Harris (1991). Há o indício de que contaminação de PP pode causar problemas em linhas de solda de peças moldadas de HDPE. Isto é, por causa do PP que é imiscível com HDPE, ocorre a segregação na frente do fluxo do fundido durante a etapa de moldagem, localizando-se preferencialmente na região da linha de solda (SCHEIRS, 1998). Porém, também foi verificado que uma quantidade de PP maior que 10% apresenta pouco efeito na resistência à tração e ao impacto de HDPE pós-consumo, não alterando estas propriedades, segundo Scheirs (1998). Estas duas poliolefinas são muito semelhantes visualmente e frequentemente ocorre a mistura desses materiais nos processos de coleta e separação de reciclados. Esses materiais podem ser identificados separadamente utilizando-se métodos sofisticados de caracterização como a espectrofotometria na região do infravermelho (SCHEIRS, 1998; CAMACHO; KARLSSON; 2001; ADHIKARY et al., 2008).

As blendas de PP reciclado e HDPE reciclado há tempos estão sendo testadas pela indústria. As principais aplicações de blendas de PP reciclado são o uso em peças automobilísticas tais como, para-choque de PP, peças de ar condicionado, ventoinhas, válvulas de fluxo de ar, visores, painel de instrumentos, fixadores, etc, (SCHEIRS, 1998). Compostos de plásticos com fibras vegetais vem sendo estudados sistematicamente e

aplicados em vários países. Para promover o uso de fibras naturais, tais como madeira, sisal, juta, piaçava, em aplicações na área de engenharia uma série de fatores precisam ser pesquisados e desenvolvidos. Estes incluem: (1) a fraca interação entre fibras naturais e matrizes poliméricas; (2) a suscetibilidade das fibras naturais à degradação termo-oxidativa durante o processamento dos compostos; (3) a resposta mecânica destes compostos e (4) a absorção de água por estes materiais (ARBELAIZ et al., 2005; CHAND; DWIVEDI, 2006; LUNQUIST et al., 2003; CHOW et al., 2007; ADHIKARY et al., 2008; ASHORI; NOURBAKHSH; 2009; CASTRO et al., 2010; CUI et al., 2011).

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palma da região norte do Brasil. A agroindústria do açaí é uma das cadeias produtivas importantes para o estado do Pará. Estima-se hoje que somente na cidade de Belém são comercializados de 100.000 a 120.000 toneladas de frutos de açaí por ano, e que sua indústria de processamento gera um excedente de cerca de 300 toneladas por dia de lixo orgânico constituído principalmente de caroços (ROGEZ, 2000; PESSOA et al., 2010), descartados em aterros sanitários e cursos d'água.

Estudos na área de compostos de polímeros termoplásticos vem sendo realizados. No Brasil, compostos com fibras de açaí vem sendo estudados no intuito de se propor soluções a este problema ambiental (MARTINS et al., 2008a; CASTRO et al., 2010).

Apresenta-se a seguir, para a área de reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos e de resíduos da agroindústria do açaí, um estudo prospectivo com objetivo de caracterização de compostos entre blendas de poliolefinas recicladas, (PP/PE)rec, com fibras de açaí, obtidas do descarte do processamento do açaí. As poliolefinas recicladas e as composições de compostos com as fibras de açaí, com e sem o agente de compatibilização polipropileno funcionalizado com anidrido maleico (PP-MAH) foram caracterizadas por meio de análises térmicas, propriedades mecânicas e morfológicas.

Nos experimentos realizados para avaliar compostos de poliolefinas recicladas com fibras de açaí foram utilizadas neste estudo poliolefinas recicladas – (PP/PE)rec gentilmente doada pela empresa Reciplast, com índice de fluidez de 1,0g/10min (230°C/2,16Kg). Para atuar como agente de compatibilização entre as fibras de açaí e as poliolefinas recicladas, foi utilizado polipropileno funcionalizado com anidrido maleico (PP-MAH (Orevac®), fornecido pela empresa Arkema. Os grânulos de (PP/PE)rec e do PP-MAH foram pulverizados em um moinho criogênico para a obtenção do material em pó. As fibras de açaí, os pós do (PP/PE)rec e do PP-MAH foram secos durante 15 horas a 80°C em estufa a vácuo. As fibras de açaí (Açaí) foram adquiridas da empresa Amazon Fruit e apresentaram-se na forma de penachos, as quais foram trituradas em moinho de faca para a redução do tamanho e a homogeneização da amostra.

Para estudar o comportamento de perda de massa com a temperatura dos materiais estudados, utilizou-se a termogravimetria, observando-se quantidade de voláteis presentes nas fibras e temperaturas máximas para se processar os materiais. As curvas de termogravimetria (TG) foram obtidas em um equipamento da marca TA Instruments modelo TGA Q500, a razão de aquecimento de 10°C min⁻¹, massa de amostra em torno de 10mg, porta amostra de platina, da temperatura ambiente a 600°C, vazão de ar sintético no forno de 60 ml min⁻¹ e 40 ml min⁻¹ de nitrogênio na balança.

A partir dos resultados de termogravimetria da mistura de poliolefinas (PP/PE)rec, apresentados na Figura 14, pode se observar que, em ar sintético, a temperatura de início de degradação foi de 228,2°C enquanto que para as fibras de açaí foi de 225,0°C.

Essa informação é importante para o processamento dos materiais e obtenção dos compósitos, pois se deve processá-los nas etapas de extrusão e injeção abaixo destas temperaturas de início de degradação. Neste trabalho foi utilizada a temperatura máxima de processamento de 200°C para o processamento dos compósitos, acima da temperatura fusão das poliolefinas (Figura 15) e abaixo das temperaturas de degradação dos materiais. As fibras de aço, em atmosfera de nitrogênio, apresentaram temperatura de início de degradação em torno de 230°C, de acordo com Pessoa et al. (2010). As fibras de aço devem ser previamente secas sempre, pois foi observada uma quantidade de voláteis (água, óleos, etc.) em torno de 9,3%, entre temperatura ambiente e 175°C. A quantidade de resíduos das fibras de aço em 550°C foi de 4,8%, enquanto para o (PP/PE) rec foi de 1,6%.

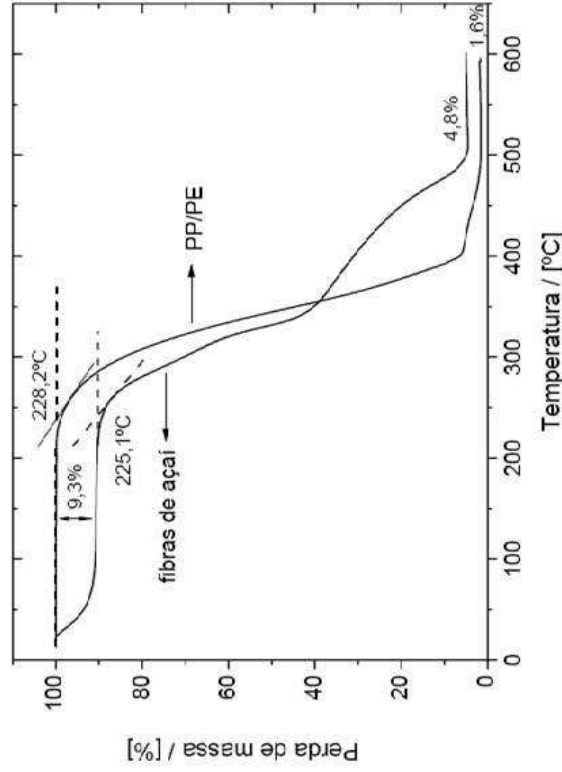


Figura 14. Curvas TG das fibras de aço e da mistura de poliolefinas recicladas (PP/PE)rec, razão de aquecimento de 10°C min⁻¹, massa de amostra em torno de 10mg, porta amostra de platina, e vazão de ar sintético no forno.

Definidas as temperaturas em que eventos térmicos ocorreram para os materiais, formularam-se os compósitos nas proporções apresentadas na Tabela 5. Essas formulações processadas em uma extrusora de dupla rosca corrotacional (d = 19 mm and L/D = 25) da B&P Process Equipment and Systems model MPI9-TC, usando um perfil de temperatura

de 180°C na zona de alimentação, 190°C na zona seguinte e 200°C nas zonas subsequentes. As amostras foram moldadas em uma injetora da marca Arburg Allrounder modelo 270V usando os mesmos perfis de temperatura usados durante a etapa de mistura por extrusão e com uma temperatura de molde de 40°C. Com estes parâmetros de temperatura procurou-se evitar degradações durante o processamento.

Tabela 5. Formulações dos compósitos preparados.

	Materiais	% em massa
1	Poliolefinas Recicladas - (PP/PE) _{rec}	100
2	(PP/PE) _{rec} / Aço	90/10
3	(PP/PE) _{rec} / Aço / PP-MAH	85/10/5
4	(PP/PE) _{rec} / Aço	80/20
5	(PP/PE) _{rec} / Aço / PP-MAH	75/20/5

Para estudar a influência das fibras de aço nas características de fusão do polipropileno e polietileno reciclados nos compósitos utilizou-se a calorimetria exploratória diferencial (DSC). As análises foram realizadas em um equipamento da marca TA Instruments modelo DSC Q100, à razão de aquecimento de 10°C min⁻¹, massa de amostra em torno de 3 a 4mg, porta-amostra de alumínio com tampa, na faixa de temperatura -80 a 200°C e vazão de nitrogênio de 50 ml min⁻¹.

Com o resultado da caracterização por DSC, apresentada na Figura 15, pode-se observar que ocorrem duas transições térmicas referentes à temperatura de fusão de dois tipos de polímeros diferentes na amostra de poliolefinas recicladas. As poliolefinas recicladas (PP/PE)rec apresentaram uma primeira faixa de fusão, entre 102 e 132°C, com pico de fusão em 125,9°C, correspondente a misturas de polietileno de baixa densidade e de polietileno de alta densidade. Também se observou uma segunda faixa de fusão entre 132 e 169°C, com pico de fusão em 161°C, correspondente ao polipropileno (PP). Foi realizada uma estimativa do percentual de polipropileno na mistura PP/PE a partir da equação (1), proposta por Camacho e Karlsson (2001), na qual os autores apresentam uma correlação entre o ΔH de fusão do PP e a porcentagem em massa de PP (X_{pp}) em blends PP/PE.

$$\Delta H \text{ de fusão do PP} = 0,6892 \cdot X_{pp} \quad (1)$$

A partir da análise da curva DSC, obteve-se, neste trabalho, o valor de ΔH de fusão do PP igual a 53,79 J g⁻¹, e utilizando-se a equação 1, estimou-se um valor de fração mássica de PP (X_{pp}) em torno de 78%. Considerando a mistura de reciclados contendo somente PE e PP, a fração mássica de polietilenos (X_{pe}) é igual a 22%. Os valores de fração mássica dos polímeros desta estimativa foram utilizados nos cálculos de entalpia de fusão dos componentes PE e PP nos compósitos.

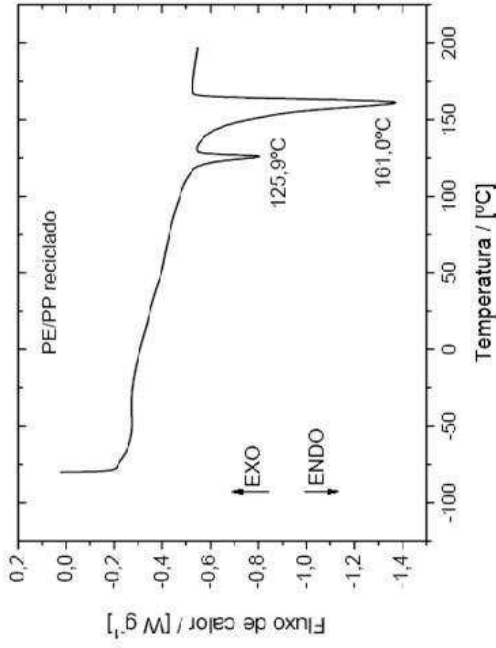


Figura 15. Curva DSC da mistura de poliolefinas recicladas PP/PE, à razão de fibras de açaí na mistura de 10°C min, massa de amostra de 3,4mg, porta amostra de alumínio com tampa, na faixa de temperatura -80 e 200°C e vazão de nitrogênio de 50 ml min⁻¹.

A partir dos resultados da Tabela 6 observou-se que a adição de fibras de açaí na mistura de poliolefinas, na ausência de compatibilizante, pequenas variações na temperatura de fusão do polietileno (T_m PE), é a uma diminuição da entalpia de fusão do componente polietileno nos compostos. Esta diminuição pode ser interpretada como uma inibição da cristalização do polietileno em relação à blendagem (PP/PE)rec. A adição de 5% de PP-MAH também não alterou a T_m PE significativamente, e levou a uma redução no $\Delta H_{m,PE}$, comparando-se ao polietileno na blendagem. Comparando-se as composições com adição de 20% de fibras de açaí, observou-se uma redução de $\Delta H_{m,PE}$ de 35,6 J g⁻¹ na blendagem para 26,7 J g⁻¹ no composto sem compatibilizante, ocorrendo um aumento para 33,7 J g⁻¹ no composto com compatibilizante.

Tabela 6 - Resultados referentes ao componente polietileno da blendagem (PP/PE)rec do compostos reciclados.

Materiais	T_m PE (°C)	$\Delta H_{m,PE}$ (J g ⁻¹)
1 Poliolefinas Recicladas - (PP/PE) _{rec} (100)	125,9	35,6
2 (PP/PE) _{rec} / Açaí (90/10)	126,0	32,0
3 (PP/PE) _{rec} / Açaí / PP-MAH (85/10/5)	125,9	32,3
4 (PP/PE) _{rec} / Açaí (80/20)	126,3	26,7
5 (PP/PE) _{rec} / Açaí / PP-MAH (75/20/5)	125,8	33,7

Na Tabela 7, ao se analisar a temperatura de fusão do polipropileno, pode-se observar efeito semelhante ao ocorrido com o polietileno, em que houve pequenas variações de T_m PP com o aumento da porcentagem de fibras na ausência e na presença de PP-MAH.

A entalpia de fusão do PP (ΔH_m PP) nos compostos apresentou uma diminuição com o aumento da adição de fibras, mostrando um efeito inibidor na cristalização do polipropileno. Porém, com a adição de PP-MAH, a redução não foi tão acentuada de maneira similar ao componente polietileno.

Tabela 7. Resultados referentes ao componente Polipropileno blendagem (PP/PE)rec do compostos reciclados.

Materiais	T_m PP (°C)	$\Delta H_{m,PP}$ (J g ⁻¹)
1 Poliolefinas Recicladas - (PP/PE) _{rec} (100)	161,0	69,0
2 (PP/PE) _{rec} / Açaí (90/10)	161,1	66,2
3 (PP/PE) _{rec} / Açaí / PP-MAH (85/10/5)	161,0	62,9
4 (PP/PE) _{rec} / Açaí (80/20)	161,7	58,4
5 (PP/PE) _{rec} / Açaí / PP-MAH (75/20/5)	161,2	66,2

Para avaliar a resistência mecânica à tração dos materiais, foram realizados ensaios mecânicos à tração segundo a norma D638-01 da American Society for Testing and Materials. (ASTM) em uma máquina universal de ensaios da marca Instron modelo 5569, a aquisição e o tratamento dos dados foram realizados utilizando-se o Software Merlin II, a uma velocidade de 5 mm.min⁻¹, utilizando um extensômetro de 25 mm com remoção a 1% de deformação. Os resultados de ensaios mecânicos são apresentados na Tabela 8 e mostram que com a adição da fibra de açaí, assim como do agente de compatibilização PP-MAH, não ocorreu variação na propriedade de resistência máxima do composto.

Tabela 8. Resultados de propriedades mecânicas dos compostos.

Materiais	Tensão máxima (MPa)	Deformação máxima (%)	Módulo de elasticidade (GPa)
1 Poliolefinas Recicladas - (PP/PE) _{rec} (100)	24,0 ± 0,3	9,7 ± 0,2 ¹	1,1 ± 0,1
2 (PP/PE) _{rec} / Açaí (90/10)	23,8 ± 0,8	6,4 ± 0,3 ²	1,4 ± 0,1
3 (PP/PE) _{rec} / Açaí / PP-MAH (85/10/5)	23,5 ± 0,6	7,3 ± 0,6 ²	1,3 ± 0,0
4 (PP/PE) _{rec} / Açaí (80/20)	23,2 ± 0,9	4,2 ± 0,1 ²	1,6 ± 0,1
5 (PP/PE) _{rec} / Açaí / PP-MAH (75/20/5)	24,4 ± 1,5	5,4 ± 0,3 ²	1,4 ± 0,1

¹ - A blendagem (PP/PE)rec pura apresenta a deformação de ruptura no limite do travessão da máquina universal de tração com valor em torno de 395%.

² - O valor de deformação na resistência máxima está sendo utilizado devido ao efeito visual de mudança crítica na aparência dos compostos.

A blenda (PP/PE)_{rec} apresenta uma deformação de mais de 395% que é um valor limite em função do limite de altura do travessão da máquina de ensaio. Os resultados de deformação máxima são apresentados na Tabela 8 e são referentes aos valores obtidos na tensão máxima do material, pois nesta tensão os compósitos apresentaram mudanças nas propriedades visuais e mecânicas. Verificou-se que a deformação máxima reduziu-se em função do aumento da concentração de fibra de açaí e essa deformação é aumentada com a adição do compatibilizante interfacial PP-MAH.

O aumento da deformação máxima com adição do PP-MAH nos compósitos é um indicio da eficiência da compatibilização da fibra de açaí com a blenda (PP/PE)_{rec}. Observou-se que a adição das fibras de açaí levou a um aumento do módulo de elasticidade para todos os compósitos, ao se comparar com a blenda. Pode-se também constatar que nos compósitos, com o aumento da concentração de fibra de açaí, ocorreu um aumento do módulo de elasticidade e uma ligeira redução deste módulo com a adição do PP-MAH.

CONCLUSÕES

As fibras de açaí apresentaram boa estabilidade térmica até cerca de 230 °C e um processo de degradação em três estágios enquanto que o composto de borracha e os compósitos se degradam em apenas um estágio. Embora o processo de termo degradação das fibras seja diferente do composto de borracha natural (borracha vulcanizada), a adição das fibras para a confecção dos compósitos não levou a decréscimo da termo-estabilidade do material compósito obtido, indicando a viabilidade de sua utilização. Os compósitos de borracha natural com as fibras de açaí mostraram desempenho mecânico comparável aos de compósitos com outras fibras naturais, o que é um resultado promissor para o uso destas fibras que são o resíduo do processo industrial do fruto do açaí. A adição de fibras de açaí nas quantidades de 10 e 20% em poliolefinas recicladas levou à obtenção de compósitos com a manutenção do nível de propriedades mecânicas e termomecânicas da blenda de poliolefinas recicladas, com indicio de um melhor desempenho do compósito com a adição de 20% de fibras de açaí sem a adição de agente compatibilizante. A obtenção de novos materiais na forma de compósitos poliméricos com fibras vegetais de açaí, que atualmente são descartados em grandes quantidades, é possível, vantajosa e promissora, apresentando impacto positivo sobre o meio ambiente.

Referências

- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 114-119, 2004.
- ADHIKARY, K. B.; PANG, S.; STAIGER, M. P. Long-term moisture absorption and thickness swelling behaviour of recycled thermoplastics reinforced with *Pinus radiata* sawdust. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v.142, p. 190-198, 2008.
- ANGELLIER, H.; MOLINA-BOISSEAU, S.; LEBRUN, L.; DUFRESNE, A. Processing and structural properties of waxy maize starch nanocrystals reinforced natural rubber. **Macromolecules**, Easton, v. 38, p. 3783-3792, 2005.
- ARBELAIZ, A.; FERNANDEZ, B.; RAMOS, J. A.; RETEGI, A.; LLANO-PONTE, R.; MONDRAGON I. Mechanical properties of short flax fibre bundle/polypropylene composites: Influence of matrix/fibre modification, fibre content, water uptake and recycling. **Composites Science and Technology**, v.65, p.1582-1592, 2005.
- AROPE, A. B.; NOR, A. B. M.; HUA, T. P. **Rubber Owner's Manual**. Kuala Lumpur: Rubber Res. Inst., 1983.
- ASHORI, A.; NOURBAKHSH, A. Characteristics of wood-fiber plastic composites made of recycled materials. **Waste Management**, Oxford, v. 29, p. 1291-1295, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11597**. Rio de Janeiro, 1996.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 412-92**: Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Rubbers and Thermoplastic Elastomers - Tension. West Conshohocken, 1992.
- ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 570-95**: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. West Conshohocken, 1995.
- BENESI, J. F. C. Borracha Natural. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA PAULISTA, 1999, Barretos. **Anais...** [S. l.: s. n.], 1999, p. 92.
- BHATNAGAR, A.; SAIN, M. Processing of cellulose nanofiber-reinforced composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Westport, v. 24, n. 12, p. 1259-1268, 2005.
- BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose based fibres. **Progress in Polymer Science**, Elmsford, v. 24, n. 2, p. 221-274, 1999.

- 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, n. 3, p. 388-390, 2000.
- CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V.; Efeitos da deficiência de água em plantas de *Euterpe oleracea* (açaí). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 225-230, 2000.
- CALLISTER JR., W. D. **Materials science and engineering: an introduction**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- CAMACHO, W.; KARLSSON, S. NIR, DSC, and FTIR as Quantitative Methods for Compositional Analysis of Blends of Polymers Obtained From Recycled Mixed Plastic Waste. (near infrared spectroscopy, differential scanning calorimetry, Fourier transform infrared spectroscopy). **Polymer Engineering and Science**, Stamford, v. 41, p. 1626-, 2001.
- CARNEIRO, F. R. D. **Conservação de polpa de açaí por métodos combinados**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- CARVALHO, A. J. E.; JOB, A. E.; ALVES, N.; CURVELO, A. A. S.; GANDINI, A., Thermoplastic starch/natural rubber blends. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 53, p. 95-99, 2003.
- CASTRO, C. D. P.C.; DIAS, C. G. B. T.; FARIA, J. A. F. Production and Evaluation of Recycled Polymers from Açaí Fibers. **Materials Research**, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 159-163, 2010.
- CEMPRE - COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM. Disponível em: <www.cempre.org.br>. Acesso em: 30 Maio 2011.
- CHAND, N.; SOOD, S.; SINGH, D.K.; ROHATGI, P.K. Structural and thermal studies on sisal fiber. **Journal of Thermal Analysis**, London, v. 32, n. 2, p. 595-599, 1987.
- COISSON, 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, n. 8-9, p. 893-897, 2005.
- CHAND, N.; DWIVEDI, U. K. Effect of coupling agent on abrasive wear behaviour of chopped jute fibre-reinforced polypropylene composites. **Wear**, Lausanne, v. 261, p. 1057-1063, 2006.
- CHOW, C. P. L.; KING, X. S.; LI, R. K. Y. Moisture absorption studies of sisal fibre reinforced polypropylene composites. **Composites Science and Technology**, Barking, v. 67, n. 2, p. 306-313, 2007.
- CÓRDOVA-FRAGA, T.; ARAUJO, D. B. DE; SANCHEZ, T. A.; ELIAS JR., 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, n. 3, p. 389-393, 2004.
- COSTA, H. M.; VISCONTE, L. Y.; NUNES, R. C. R.; FURTADO, C. R. G. Aspectos Históricos da vulcanização. **Polímeros**, São Carlos, v. 13, n. 2, p. 125-129, 2003.
- COSTA, M. R.; OLIVEIRA, M. S. P.; MOURA, E. F. Variabilidade genética em açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 4, n. 21, p. 46-50, 2001.
- CUI, Y.H.; WANG, X.X.; XU, Q.; XIA, Z. Research on Moisture Absorption Behavior of Recycled Polypropylene Matrix Wood Plastic Composites. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, [S. l.], v. 24, p. 65-82, 2011.
- HWEE, E. A.; TANAKA, Y. Structure of natural rubber **Trends in Polymer Science**, Cambridge, v. 3, p. 493-513, 1993.
- FRANTA, I. **Elastomers and rubber compounding materials: manufacture, properties and applications**. New York: Elsevier, 1989.
- GALOTTA, A.L.Q. de A.; BOAVENTURA, M. A. D. Constituintes químicos da raiz e do talo da folha do açaí (*Euterpe precatoria* Mart.) arecaceae. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 610-613, 2005.
- GALLORI, S.; BILLA, A. R.; BERGONZI, M. C.; BARBOSA, W. L. R.; VINCERI, F. E.; Polyphenolic constituents of fruit pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (Acai palm) **Chromatographia**, New York, v. 59, n. 11-12, p. 739-743, 2004.
- GEETHAMMA, V. G.; THOMAS, S. Title: Diffusion of water and artificial seawater through coir fiber reinforced natural rubber composites. **Polymer Composites**, Brookfield, v. 26, n. 3, p. 136-143, 2005.
- HARRIS, M. G. The Physical Properties and effects of polymeric contamination on post-consumer recycled high density polyethylene. In: **Polyolefins: VII RETEC**, Houston, TX, 1991. [S. l.: s. n., 1991]. p. 672-678.
- HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 8, p. 2928-2935, 2005.
- PRODUÇÃO DA EXTRAÇÃO VEGETAL DA SILVICULTURA. Rio de Janeiro: IBGE, v. 25, 2010. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/pevs/pevs2010.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2012.
- JOSEPH, K.; THOMAS, S.; PAVITHRAN, C.; BRAHMAKUMAR, M. T. Tensile properties of short sisal fiber-reinforced polyethylene composites. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 47, p.1731-1739, 1993.
- JOSEPH, K.; THOMAS, S.; PAVITHRAN, C., Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre-reinforced polyethylene composites. **Polymer**, London, v. 37,

- KHALIL, H. P. S. A.; BHAT, A. H.; YUSRA, A. F. I. Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 87, n. 2, p. 963-979, 2012.
- LI, Y.; MAI, Y.; YE, L., Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. **Composites Science and Technology**, Barking, v. 60, p. 2037-2055, 2000.
- LUBRANO C.; ROBIN, J.-R. Major compounds study in fruit pulp oils of six Guiana Palms species. **Acta Botanica Gallica**, Chatenay Malabry, v. 144, n. 4, p. 495-499, 1997.
- LUNDQUIST, L.; MARQUE, B.; HAGSTRAND, P. O.; LETERRIER, Y.; MANSON, J. A. E. Novel pulp fibre reinforced thermoplastic composites. **Composites Science and Technology**, Barking, v. 63, n. 1, p. 137-152, 2003.
- MA, X. F.; YU, J. G.; KENNEDY, J. F. Studies on the properties of natural fibers-reinforced thermoplastic starch composites. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 62, n. 1, p. 19-24, 2005.
- MARTINS, M. A.; JOEKES, I. Tire rubber-sisal composites: effect of mercerization and acetylation on reinforcement. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 89, n. 9, p. 2507-2515, 2003.
- MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C. Short Sisal Fiber-Reinforced Tire Rubber Composites: Dynamic and Mechanical Properties. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 91, p. 670-677, 2004.
- MARTINS, M. A.; PESSOA, J. D. C.; GONÇALVES, P. S.; SOUZA, F. I.; MATTOSO, L. H. C. Thermal and Mechanical Properties of the Açai Fiber / Natural Rubber Composites. **Journal of Materials Science**, Norwell, v. 43, p. 6531 - 6538, 2008a.
- MARTINS, M. A.; MORENO, R. M. B.; MATTOSO, L. H. C.; GONÇALVES, P. de S. Coleta, armazenamento, beneficiamento e qualidade da borracha natural. In: SERINGUEIRA.1. ed. Belo Horizonte: Epamig, 2008b. v. 18. p. 741-800.
- MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. Comportamento Térmico e Caracterização Morfológica das Fibras de Mesocarpio e Carvão do açai (Euterpe oleracea Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 31, p. 1150 - 1157, 2009.
- MEDEIROS, E. S. **Desenvolvimento de compósitos de resina fenólica reforçados por tecidos híbridos juta/algodão**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2002.
- MISHRA, S.; MOHANTY, A. K.; DRZAL, L. T.; MISRA, M.; GEORG HINRICHSSEN, G. A review on pineapple leaf fibers, sisal fibers and their biocomposites. **Macromolecular Materials and Engineering**. [S. l.], v. 289, n. 11, p. 955-974, 2004.
- MORTON, M. **Rubber Technology**. 4th ed. Malabar:: Robert E. Krieger Publishing Company, 1981. p. 603.
- MURTY, V. M.; DE, S. K. Effect of particulate fillers on short jute fiber-reinforced natural-rubber composites. **Journal of Applied Polymer Science**, New York, v. 27, n. 12, p. 4611-4622, 1982.
- MWAIKAMBO, L. Y.; ANSELL, M. P. The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok for composite reinforcement. **Die Angewandte Makromolekulare Chemie**, [S. l.], v. 272, p.108-116, 1999.
- NAIR, K. G.; DUFRESNE, A. Crab shell chitin whisker reinforced natural rubber nanocomposites. 2. Mechanical behavior. **Biomacromolecules**, Washington, v. 4, p. 666-674, 2003.
- NOGUEIRA, O. L.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; Growth analysis of acai palm trees (Euterpe oleracea Mart.) in floodplain of Amazon estuary. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 11, p. 2167-2173, 2000.
- OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, M. O. N. **Açai (Euterpe oleracea Mart.)**. Jaboticabal: Funep, 2000.
- PACHECO-PALENCIA, L. A.; HAWKEN, P.; TALCOTT, S. T. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of acai (Euterpe oleracea Mart.) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage. **Food Research International**, Barking, v. 40, n. 5, p. 620-628, 2007.
- PESSOA, J. D. C.; ARDUIN, M.; MARTINS, M. A.; de CARVALHO, J. E. U. Characterization of Açai (*E. oleracea*) Fruits and its Processing Residues. **Brazilian archives of biology and technology**, Curitiba, v. 53, n. 6, p. 1451-1460, 2010.
- POZO-INSFRAN, D. D.; BRENES, C. H.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and pigment stability of acai (*Euterpe oleracea Mart.*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 6, p. 1539-1545, 2004.
- QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JR, N. J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açai (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 23, n. 2, p. 460-462, 2001.
- RAMAKRISHNA, G.; SUNDARARAJAN, T. Studies on the durability of natural fibres and the effect of corroded fibres on the strength of mortar. **Cement and Concrete Composites**, Barking, v. 27, n. 5, p. 575-582, 2005.
- REIS, B. O.; SILVA, I. T.; SILVA, I. M. O.; ROCHA, B. R. P. Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açai. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO

- RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2002. 1 CD-ROM.
- RODRIGUES, L. D.; SILVA, I. T.; ROCHA, B. R. P.; SILVA, I. M. O. Uso de briquetes compostos para produção de energia no estado do Pará. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2002. 1 CD-ROM.
- RODRIGUES, R. B.; LICHTENTHÄLER, R.; ZIMMERMANN, B. F.; PAPAGIANNOPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F. Total oxidant scavenging capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (açai) seeds and identification of their polyphenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 12, p. 4162-4167, 2006.
- ROGEZ, H. **Açaí: Preparo, Composição e Melhoramento da Conservação**. Belém: EDUFPA, 2000. 313 p.
- ROUILLY, A.; RIGAL, L.; GILBERT, R. G. Synthesis and properties of composites of starch and chemically modified natural rubber. **Polymer**, London, v. 45, n. 23, p. 7813-7820, 2004.
- SALAZAR, V. L. P.; LEÃO, A. L.; ROSA, D. S.; GOMEZ, J. G. C.; ALLI, R. C. P. Biodegradation of Coir and Sisal Applied in the Automotive Industry. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 677-688, 2011.
- SANTOS, M. A. **Desenvolvimento de compósitos condutores elétricos de borracha natural com composto condutivo**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.
- SCHEIRS, J. **Polymer Recycling**: Science, Technology and Applications. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- SCREEKALA, M. S.; KUMARAN, M. G.; THOMAS, S. Water Sorption in Oil Palm Fiber Reinforced Phenol Formaldehyde Composites. **Composites Part A-Applied Science and Manufacturing**, [S. l.], v. 33, n. 6, p. 763-777, 2002.
- SILVA, P. J. D.; ALMEIDA, S. S. Estrutura ecológica de açazais em ecossistemas inundáveis da Amazônia. In: JARDIM, M. A. G.; MOURÃO, L.; GROSSMANN, M. (Ed.). **Açaí (Euterpe oleracea Mart.)**: possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2004. p. 37-51.
- SOUSA, M. A. C.; YUYAMA, L. K. O.; AGUIAR, J. P. L.; PANTOJA, L.; Suco de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.): avaliação microbiológica, tratamento térmico e vida de prateleira **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 4, p. 483-496, 2006.
- TEIXEIRA, L. B.; de OLIVEIRA, R. F.; FURLAN Jr, J.; GERMANO, V. L. C. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e caroço de açaí**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 105).
- THWE, M. M.; LIAO, K. Environmental effects on bamboo-glass/polypropylene hybrid composites. **Journal of Materials Science**, Norwell, v. 38, n. 2, p. 363-376, 2003.
- VARGHESE, S.; KURIKOSSE, B.; THOMAS, S.; KOSH, A. T. Mechanical and viscoelastic properties of short-fiber-reinforced natural-rubber composites - effects of interfacial adhesion, fiber loading, and orientation. **Journal of Adhesion Science and Technology**, Utrecht, v. 8, n. 3, p. 235-248, 1994.
- VARMA, D. S.; VARMA, M.; VARMA, I. K. Thermal-behavior of coir fibers. **Thermochimica Acta**. Amsterdam, v. 108, p. 199-210, 1986.
- VISCONTE, L. Y.; MARTINS, A. F.; NUNES, R. C. R.; SUAREZ, J. C. M. Misturas NR/SBR: Modos de Preparação e Propriedades. **Polímeros**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 76-81, 2001.
- WISNIEWSKI, R. **Látex e borracha**. Belém, PA: MEC; Faculdade de Ciências Agrárias do Pará; SDI, 1983.
- YUYAMA, L. K. O.; ROSA, R. D.; AGUIAR, J. P. L.; NAGAHAMA, D.; ALENCAR, F. H.; YUYAMA, K.; CORDEIRO, G. W. O.; MARQUES, H. O. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) e camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) possuem ação anti anêmica?. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 625-633, 2002.