



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Caracterização de placas de materiais compósitos de polietileno reforçado
com fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava**

ARIANA OLIVEIRA MATOS DE ARAUJO

**Dissertação apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

Orientador:

Prof. Dr. Nelson Batista de Lima

Coorientador:

Prof. Dr. Rene Ramos de Oliveira

São Paulo

2023

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**Caracterização de placas de materiais compósitos de polietileno reforçado
com fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava**

Versão Corrigida

Versão Original disponível no IPEN

ARIANA OLIVEIRA MATOS DE ARAUJO

**Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau
de
Mestre em Ciências na Área
de Tecnologia Nuclear - Materiais**

Orientador:

Prof. Dr. Nelson Batista de Lima

Coorientador:

Prof. Dr. Rene Ramos de Oliveira

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Como citar:

MATOS DE ARAUJO, A. O. **Caracterização de placas de materiais compósitos de polietileno reforçado com fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava**. 2023. 58 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.ipen.br/>> (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Matos de Araujo, Ariana Oliveira

Caracterização de placas de materiais compósitos de polietileno reforçado com fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava / Ariana Oliveira Matos de Araujo; orientador Nelson Batista de Lima; co-orientador Rene Ramos de Oliveira. -- São Paulo, 2023.

58 f.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Materiais) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2023.

1. Caracterização de placas de materiais compósitos. 2. Compósitos de polietileno reforçado. 3. Polietileno reforçado com fibras coco de babaçu, casca de castanha e piaçava. 4. Placas de fibras naturais. 5. Caracterização de placas de fibras naturais. I. Batista de Lima, Nelson, orient. II. Ramos de Oliveira, Rene, co-orient. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autora: Ariana Oliveira Matos de Araujo

Orientador: Prof. Dr. Nelson Batista de Lima

Título: Caracterização de placas de materiais compósitos de polietileno reforçado com fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear-Materiais.

Área de Concentração:

Tecnologia Nuclear – Materiais

Data:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nelson Batista de Lima (Presidente)

Instituição: IPEN/USP

Julgamento:

Prof. Dr. Hélio Wiebeck

Instituição: PMT – POLI /USP

Julgamento:

Prof. Dr. Jan Vatauvuk

Instituição: IPEN/USP

Julgamento:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e Nossa Senhora Aparecida, pela força e bençãos ao longo desta caminhada.

Agradeço à minha família, minha mãe, meu esposo, minhas filhas, vocês são a razão de minhas lutas e conquistas diárias.

Ao orientador Prof. Dr. Nelson Batista de Lima por toda a contribuição, ensinamentos e orientações as quais fizeram a base para o desenvolvimento do meu trabalho.

Ao Co orientador Prof. Dr. René Ramos de Oliveira pelas análises, contribuições e ensinamentos na difração de raios X e toda a parte estrutural do trabalho.

Ao Prof. Dr. Leonardo Gondim de Andrade e Silva por todas as orientações, ensinamentos e revisões ao meu trabalho.

Não poderia deixar de agradecer aos mestres, amigos e colegas, que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pela disponibilização de equipamentos e possibilidade de desenvolvimento desse projeto de pesquisa.

À Universidade de São Paulo pelo ensino e oportunidade de realizar este mestrado.

RESUMO

Caracterização de placas de materiais compósitos de polietileno reforçado com fibras coco de babaçu, casca de castanha e piaçava. 2023. 58 p. **ARAÚJO, Ariana O.M.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo.

Atualmente, é de grande relevância a preocupação ambiental associada com o reaproveitamento de resíduos agroindustriais, este tema tem aumentado o interesse por compósitos poliméricos mais ecologicamente corretos, para tanto a união de pesquisadores com estas questões ambientais tem gerado um novo campo de pesquisa. Este trabalho visa a obtenção de placas de fibras vegetais, proveniente da incorporação do polímero PBAT/PLA (ECOVIO®) com as fibras de coco de babaçu, fibras de casca de castanha e fibras de piaçava, onde 75% dessas fibras são provenientes de resíduos. As fibras do coco de babaçu, fibras de casca de castanha e fibras de piaçava foram caracterizadas, reduzidas a pó fino e submetidas aos ensaios: mecânico, DSC (Differential Scanning Calorimetry) e DRX. A preparação da blenda polimérica Ecovio foi realizada por meio da técnica de mistura mecânica no estado fundido, utilizando uma extrusora dupla-rosca com matriz plana acoplada e máquina de moldagem por injeção, para a obtenção das placas para confecção dos corpos de prova. As amostras de compósitos foram avaliadas por ensaio mecânico, DRX (Difração de Raios X) e DSC (Differential Scanning Calorimetry) e as propriedades foram discutidas. O compósito PBAT/PLA/ (Poli butileno adipato co – tereftalato / poli ácido láctico) reforçados com fibra de Piaçava apresentou propriedades mecânicas superiores as demais fibras. O ensaio de difração de raios x (DRX) mostrou picos característicos de fibra de origem vegetal, ou seja, as curvas de raio x apresentaram os picos característicos dos materiais, não demonstrando alteração dos mesmos no momento de processamento. No ensaio de resistência à tração a fibra que apresentou um melhor resultado a resistência foi a piaçava. A partir dos exemplos expostos acerca do uso da piaçava na composição de materiais, verifica-se sua potencialidade de aplicação na construção civil e mobiliários, contribuindo diante de um cenário mais sustentável.

Palavras-chave: Fibras vegetais, Compósito PBAT/PLA, Ensaio Mecânico, DSC, DRX, comparação de resistência.

ABSTRACT

Comparison of the mechanical strength between the plates of composite materials of polyethylene reinforced with babassu coconut fibers, chestnut shell and piassava. 2023. 58 p. **ARAUJO, Ariana O.M.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP. São Paulo

Currently, the environmental concern associated with the reuse of agro-industrial residues is of great relevance, this theme has increased the interest in more ecologically correct polymeric composites, therefore, the union of researchers with these environmental issues has generated a new research group. This work aims to obtain vegetable fiber boards, resulting from the incorporation of the polymer PBAT/PLA (ECOVIO) with babassu coconut fibers, chestnut bark fibers and piassava fibers, where 75% of these fibers come from recycling. The babassu coconut fibers, chestnut husk fibers and piassava fibers were characterized, reduced to a fine powder and subjected to mechanical, DSC (Differential Scanning Calorimetry) and DRX tests. The preparation of the Ecovio polymeric blend was carried out using the technique of mechanical mixing in the molten state, using a twin-screw extruder with a coupled flat die and an injection molding machine, to obtain the plates for making the test specimens. The composite samples were evaluated by mechanical assay, DRX (X-Ray Diffraction) and DSC (Differential Scanning Calorimetry) and the properties were discussed. The composite PBAT/PLA/ (Poly butylene adipate co – terephthalate / poly lactic acid) reinforced with Piaçava fiber showed mechanical properties superior to the other fibers. The X-ray diffraction test (XRD) showed characteristic peaks of fiber of vegetal origin, that is, the diffractograms presented the characteristic peaks of the materials, not demonstrating alteration of the same ones at the moment of processing. In the tensile strength test, the fiber that showed the best resistance was piaçava. From the examples shown about the use of piassava in the composition of materials, its potential for application in civil construction and furniture is verified, contributing to a more sustainable scenario.

Keywords: Vegetable fibers, PBAT/PLA Composite, Mechanical Test, DSC, XRD, strength comparison.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Classificação dos compósitos	13
Figura 2 – Classificação das fibras vegetais.....	15
Figura 3 – Castanheira-do-Brasil (Bertholletia excelsa).....	17
Figura 4 – O Babaçu – Orbignya Phalerata.....	18
Figura 5 – O fruto do coco babaçu em cacho.....	19
Figura 6 – Classificação esquemática dos materiais compósitos.....	21
Figura 7 – Lavagem das fibras.....	23
Figura 8 – Fibras secas.....	23
Figura 9 – Estufa modelo Quimis – orbys	24
Figura 10 – Fibras secas.....	25
Figura 11 – Fibras secas.....	25
Figura 12 – Moinho de facas tipo Willye TE-650.....	26
Figura 13 – Fibras após as 72 horas no moinho de bolas.....	27
Figura 14 – Peneira Elétrica - agitador de peneiras – A BRONZINOX.....	27
Figura 15 – Pó de fibras em granulometria igual a 125 µm (1) piaçava (2) babaçu (3) casca de castanha.....	28
Figura 16 – Extrusora dupla rosca.....	28
Figura 17 – Processamento na Extrusora.....	29
Figura 18 – Injetora Hatian PI 1600 de corpos de prova.....	29
Figura 19 – Corpo de prova-Casca de castanha processado com Ecovio..	30
Figura 20 – Corpo de prova processados – Ecovio T2308.....	30
Figura 21 – Piaçava processados com Ecovio.....	31
Figura 22 – Coco de babaçu processados com Ecovio.....	31
Figura 23 – Gráfico DSC – Aquecimento completo.....	33
Figura 24 – Gráfico DSC – 2º Aquecimento.....	34
Figura 25 - Tipos de eventos térmicos registrados pelo DSC.....	34
Figura 26 – Difração de Raios X.....	36
Figura 27- índice de cristalinidade.....	37
Figura 28 – Máquina para ensaio de Tração – Instron.....	38
Figura 29 – Gráfico de tração – Ecovio T2308.....	38
Figura 29 – Gráficos dos Ensaio de tração.....	39
Figura 30 - Apreciação tátil e visual do ecocompósito.....	43
Quadro 1 - Atributos táteis e visuais da placa do ecocompósito.....	43
Figura 31 - Revestimento 3D vertical. Espessuras do revestimento 3D.....	44
Figura 32 - Banco longo.....	44
Figura 33 - Fibranato 1.....	46
Figura 34 - Fibranato 2.....	46
Figura 35 - Fibranato 3.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear
DRX – Difração de Raios X
DSC - Calorimetria Exploratório Diferencial (Differential Scanning Calorimetry)
FCB – Fibra de Coco de Babaçu
FCC – Fibra de Casca de Castanha
FP – Fibra de Piaçava
IPEN – Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares
MEV – FEV - Microscopia eletrônica de varredura com fonte de emissão de campo
PBAT - Poli (butileno adipato co-tereftalato)
PBAT/ PLA – Poli (butileno adipato co-tereftalato) / poli (ácido láctico)
PE - Polietileno
PPc - Polipropileno copolímero
PPh - Polipropileno homopolímero
PVC - Policloreto de vinila
TG – Termogravimetria
USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo.....	11
1.1.1 Objetivos específicos.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Compósitos.....	12
2.1.1 Compósitos à base de materiais de fontes renováveis).....	14
2.2 Fibras naturais.....	14
2.2.1 Casca de castanha	16
2.2.1.1 Castanheira-do-Brasil (<i>bertholletia excelsa</i>).....	16
2.2.2 Fibra de coco de babaçu.....	18
2.2.3 Piaçava.....	19
2.3 Resistência mecânica entre as placas de materiais compósitos de polietileno	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 Materiais.....	22
3.2 Métodos.....	22
3.2.1 Processamento das fibras.....	22
3.2.1.1 Moagem.....	24
3.2.1.2 Detalhamentos e preparos.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Teor da umidade natural da fibra.....	32
4.1.2 Absorção de água da fibra.....	32
4.1.3 DSC – Calorimetria Exploratória Diferencial.....	33
4.1.4 Difração de Raios X (DRX).....	36
4.1.5 Ensaio mecânico de resistência à tração.....	37
5 A APLICAÇÃO DAS PLACAS DE FIBRA NATURAL COM PIAÇAVA	41
6 CONCLUSÕES	48
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos um grande interesse mundial tem surgido pelo desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem a utilização de produtos com menor impacto ambiental. Diante disso, o Brasil tem um papel fundamental no desenvolvimento de políticas de manutenção, e desenvolvimento sustentável. A partir da década de 90, com a crescente conscientização ecológica a respeito do uso de materiais não renováveis, a sociedade vem buscando alternativas para sanar os problemas ambientais fazendo ressurgir o uso das fibras vegetais em muitos setores, especialmente na área da construção civil. O uso de fibras vegetais como reforço em matrizes poliméricas, é utilizada tanto por aspectos ecológicos quanto tecnológicos e econômicos.

Os polímeros são macromoléculas constituídas por unidades menores, os meros. Os meros ligam-se entre si por meio de ligações covalentes. Os polímeros podem ser classificados como naturais ou sintéticos. Os polímeros naturais ou biopolímeros são os que ocorrem na natureza. Por exemplo, pode-se citar a borracha, os polissacarídeos (amido, celulose e glicogênio) e as proteínas. Os polímeros sintéticos ou artificiais são produzidos em laboratório, em geral, de produtos derivados de petróleo, por exemplo, polimetacrilato de metila (acrílico), poliestireno, policloreto de vinila (PVC), polietileno e polipropileno. A partir dos polímeros sintéticos é possível obter a fabricação de sacolas plásticas, canos hidráulicos, materiais de construção civil, colas, isopor, tintas, chicletes, pneus, embalagens plásticas, teflon e silicone. Neste estudo destaca-se o ECOVIO® T2308.

Este é um biopolímero biodegradável e compostável que tem sua utilização em grande parte da produção de chapas e filmes por extrusão, seu uso é comum na fabricação de copos, embalagens e bandejas entre outros recipientes, o mesmo possui alta resistência quando sofre impacto. O Ecovio, pode ser transformado em adubo e assim exposto às condições de compostabilidade.

1.1 Objetivo geral

Comparar por meio de ensaio mecânico, DSC (Differential Scanning Calorimetry) e DRX (Difração de Raios X) a resistência dos compósitos de polímero Ecovio T2308 reforçados com as placas de fibras naturais de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava.

1.1.1 Objetivos específicos

- ✓ Investigar o mecanismo de transformação em placas as fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava.
- ✓ Elaborar corpos de prova de placas naturais reforçadas com fibras coco babaçu, casca de castanha e piaçava.
- ✓ Avaliar as propriedades mecânicas dos corpos de prova obtidas nos ensaios de tração, DSC e DRX.
- ✓ Comparar os resultados do ensaio mecânico com os da literatura e verificar entre as três fibras, qual seria a mais resistente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros produzidos a partir de matérias-primas de fontes renováveis, como: milho, cana-de-açúcar, celulose, quitina e outras. As fontes renováveis são conhecidas por possuir um ciclo de vida de produto, mais curto comparado com fontes não renováveis como os hidrocarbonetos (BRITO et al., 2011; ROGOVINA, 2016).

Já os polímeros biodegradáveis são polímeros nos quais a degradação resulta da ação de micro-organismos de ocorrência natural como bactérias, fungos e algas, nos quais quebram suas ligações químicas diminuindo sua massa molar, podendo ser consumidos em semanas ou meses sob condições favoráveis de biodegradação (BRITO et al., 2011; AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2012; MAGALHÃES; MIRANDA; JOSÉ, 2015; GARRISON; MURAWSKI; QUIRINO, 2016).

2.1 Compósitos

Os compósitos são materiais heterogêneos multifásicos, formados por, pelo menos, uma fase contínua e uma fase descontínua. Os compósitos são constituídos de dois ou mais componentes fisicamente distintos e mecanicamente separáveis.

Os compósitos compreendem uma classe de materiais que a cada dia ganha mais importância tecnológica sua preparação visa imprimir melhores propriedades aos materiais. Quando um material é preparado usando materiais de natureza distinta é denominado compósito. Uma prancha de surfe é um exemplo típico de um compósito onde fibras de vidro são embebidas em um polímero. O concreto que apresenta uma boa resistência à compressão e baixa resistência à tração pode formar um compósito com o aço, que tem boa resistência à tração (Bledzki et al, 2001).

A natureza também tem os seus próprios compósitos, como no caso dos polímeros verdes, neste sentido BRITO (2011), referem-se a polímeros verdes os polímeros que durante sua síntese, processamento ou degradação produzem menor impacto ambiental que os polímeros convencionais. Eles são classificados como polímeros sustentáveis, cujo termo polímero verde indica que sua síntese é originária de matéria-prima proveniente de fontes fósseis, mas que, devido aos avanços tecnológicos passaram também a ser sintetizados a partir de matéria-prima

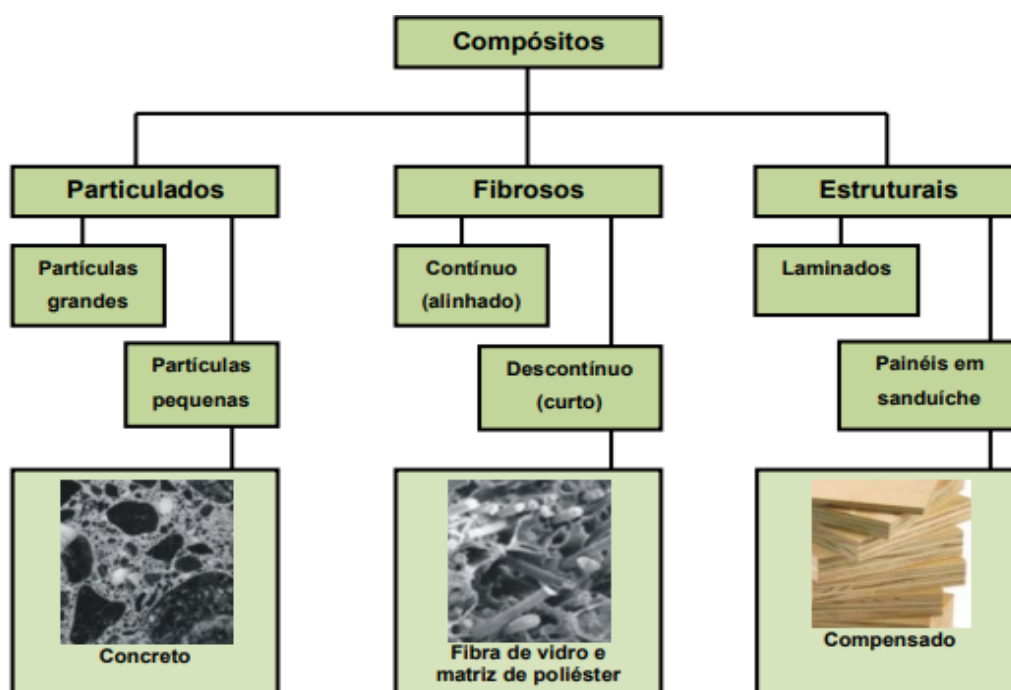
proveniente de fontes renováveis; por exemplo: polietileno verde e poli (cloreto de vinila) verde obtidos a partir da cana-de-açúcar.

Em compósitos reforçados por fibras, tem-se um mecanismo de reforço por transferência de tensões da matriz polimérica às fibras que, são mais resistentes e apresentam módulo mais elevado do que o da matriz. O uso destas fibras em compósitos estruturais tem crescido no setor industrial.

Uma das fases dos compósitos são chamadas de matriz, que pode ser cerâmica, polimérica, metálica e a fase dispersa, que geralmente são fibras ou partículas que servem como carga.

Na Figura 1, é mostrada a classificação dos materiais compósitos. Existe também uma variedade de compósitos que ocorre na natureza. Por exemplo, a madeira consiste em fibras de celulose resistentes e flexíveis que são envolvidas e mantidas unidas por meio de um material mais rígido chamado de lignina.

Figura 1 – Classificação dos compósitos



Fonte: CALLISTER JÚNIOR, 2012.

2.1.1 Compósitos à base de materiais de fontes renováveis

Conforme a Norma American Society for Testing and Materials (ASTM D3878 – 95), a definição de material compósito consiste em uma substância constituída de dois ou mais materiais, insolúveis entre si, que são combinados para formar um material com certas propriedades que não se encontram nos materiais isoladamente.

Segundo VILAPLANA et al. (2010), durante as duas últimas décadas, o interesse na investigação de polímeros e compósitos de fonte renovável tem crescido como resultado da preocupação ambiental e do esgotamento dos recursos fósseis, como pode ser demonstrado pelo número exponencialmente crescente de patentes e publicações sobre esses materiais.

De acordo com BRITO et al (2011) o mercado de polímeros de fontes renováveis no Brasil, é incipiente, entretanto, espera-se a produção em larga escala, pois o País possui grande potencial de cultivo de biomassa. As principais dificuldades no mercado brasileiro são a baixa consciência na utilização desses materiais, o alto custo e o baixo desempenho comparada ao dos polímeros convencionais.

2.2 Fibras naturais

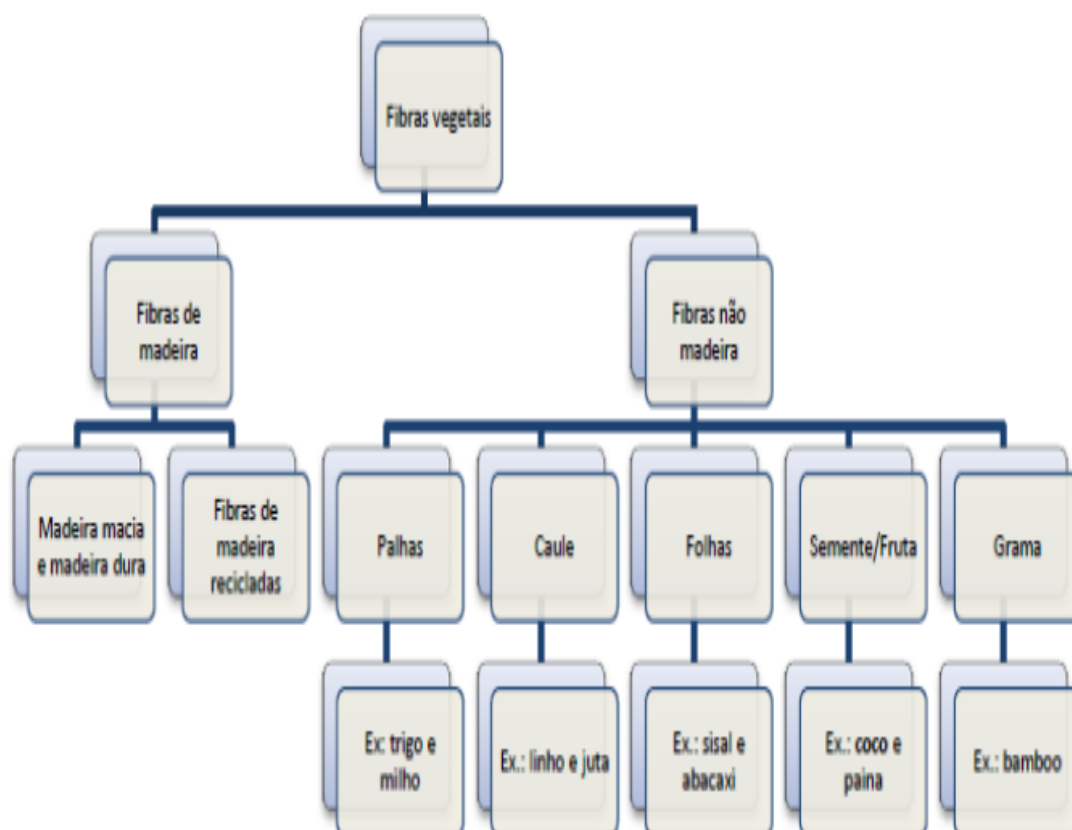
As fibras naturais, também chamadas de fibras vegetais, têm origens diferentes, separando assim sua classificação. Podem ser agrupadas em fibras de semente (algodão), fibras de caule (juta, linho, cânhamo), fibras de folhas (bananeira, sisal, piaçava, curauá), fibras de fruto (coco) e fibras de raiz (zacatão). As chamadas fibras duras, oriundas do caule e das folhas, são as mais utilizadas como reforço em compósitos de matriz polimérica (RODRIGUES, 2008).

A lignina é uma macromolécula amorfa que possui uma estrutura complexa constituída de grupos aromáticos e alifáticos. Sua principal função é conferir rigidez às fibras (SILVA, 2003).

De acordo com SILVA (2003), cada fibra vegetal é composta por várias outras fibras elementares fortemente ligadas entre si por um material constituído principalmente de lignina. Em essência, pode-se dizer que cada fibra é um compósito, no qual as rígidas microfibrilas de celulose estão envolvidas por uma matriz de lignina e hemicelulose.

As fibras vegetais podem ser divididas em fibras de madeira e fibras de madeira (Figura 2).

Figura 2: Classificação das fibras vegetais



Fonte: CALEGARI, 2016.

As fibras naturais são de natureza hidrofílica (possuem substâncias que dissolvem na água), possuindo uma grande tendência à absorção de umidade, fazendo com que elas tenham uma vida curta em relação ao processo de degradação. Isto ocorre porque, seus principais constituintes (celulose e hemicelulose) possuem grupos hidroxila fortemente polarizados. Como consequência, essas fibras são utilizadas de forma limitada em aplicações industriais.

Conforme MACHADO et al. (2010), no Brasil, há uma grande variedade de fibras vegetais devido à biodiversidade existente no território do País, como: sisal, coco, juta, curauá, fibra de bagaço de cana-de-açúcar e outras, com diferentes

propriedades químicas e físicas. Neste estudo foram abordadas as fibras: casca de castanha, coco babaçu e piaçava.

2.2.1 Casca de castanha

2.2.1.1 Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)

A Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), uma das espécies arbóreas de maior importância econômica na região amazônica, apresenta uma madeira de excelente qualidade, porém com proibições quanto ao seu corte. Seu fruto, popularmente chamado de ouriço, apresenta rigidez natural e caracteriza-se como resíduo de atividades extrativistas (NOGUEIRA et al., 2018). Em termos botânicos, as Castanhas-do-Brasil comestíveis são as sementes de uma fruta que leva cerca de 14 meses para amadurecer e tem casca dura e lenhosa, pesa até dois quilos e contém 8 a 24 sementes triangulares de até 2 cm de largura e 5 cm de comprimento.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística o Brasil IBGE (2013) teve uma produção de 38.300 toneladas de castanha no ano de 2013, sendo 36.704 toneladas produzidas apenas na região Norte. O estado do Acre lidera a produção com 13.599 toneladas, seguido pelo estado do Amazonas com 11.785 toneladas e em terceiro lugar com 9.023 toneladas o estado do Pará (DOS ANJOS et al., 2017).

Na Amazônia as florestas com castanheira cobrem uma superfície de aproximadamente 325 milhões de hectares, 92,3% desta extensão, 300 milhões de hectares está estabelecida no Brasil (ALMEIDA, 2015). O bioma Amazônia ocupa uma área de 49,3% do território brasileiro e no estado de Mato Grosso ocupa 50% do total de sua área (IBGE, 2017).

Figura 3 - Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*).



Fonte: Castanheira no município de Marabá.

Segundo PEDROZO et al., (2011), a Castanha-do-Brasil tem grande valor econômico devido ao aproveitamento de suas amêndoas (que possuem cerca de 60 a 70% de lipídios e 15 a 20% de proteínas).

Uma alternativa de utilização dos resíduos é como biomassa, como fonte sustentável para utilização em caldeiras, fornos e adubos, pois é de grande importância no combate ao desperdício e na preservação de fontes de energia esgotáveis.

Outro estudo voltado para preparação de compósitos com a utilização dos resíduos da casca da Castanha-do-Brasil foi realizado por Petrechen et al., (2016), onde preparou-se compósitos utilizando cargas relacionadas a cascas das sementes da Castanhas-do-Brasil, além de duas matrizes poliméricas distintas, sendo uma de PPh (polipropileno homopolímero) e outra de PPc (polipropileno copolímero).

2.2.2 Fibra de coco babaçu

O coqueiro é uma palmeira alta e reta com altura variando entre 10 e 20 metros, sendo o seu fruto utilizado como fonte de alimentação, óleo, fibra, combustível, entre outros.

O fruto coco, no qual as fibras de coco se originam do mesocarpo desse fruto, possui fácil cultivo, tendo uma cultura farta em muitos países de clima tropical, principalmente no litoral. O coco é, botanicamente, uma drupa (fruta carnosa), formada pelo epicarpo (casca), que envolve o mesocarpo espesso (polpa) e fibroso. O endocarpo é uma camada fina, muito dura, marrom, localizada no interior do fruto.

Atualmente, no Brasil, encontram-se vastos babaçuais espalhados ao sul da bacia amazônica, onde a floresta úmida cede lugar à vegetação típica dos cerrados. Os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins concentram as maiores extensões de matas onde predominam os babaçuais, formando, muitas vezes e espontaneamente, agrupamentos homogêneos, bastante densos e escuros, tal a proximidade entre os grandes coqueiros.

Figura 4: O Babaçu – *Orbignya Phalerata*



Fonte: PORTAL IPHAN (2018)

Além dos estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, destacam-se os babaçuais ou cocais de *Orbignya* sp, em Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo.

O babaçu é a maior fonte mundial de óleo silvestre para uso doméstico, tendo utilização industrial em perfumaria, saboaria e lubrificação. O coco babaçu cai espontaneamente da palmeira, após sua maturação. Os frutos são quebrados de forma rudimentar, geralmente por mulheres, utilizando o machado como ferramenta de corte e uma barra de madeira para a ação mecânica. O babaçu é um fruto que pode ser integralmente aproveitado. O mesocarpo ou polpa (massa que fica entre o epicarpo e o endocarpo), rico em amido e fibras, pode ser utilizado para fazer farinha, rações ou ainda biocombustível.

Figura 5 – O fruto do coco de babaçu em cacho



Fonte: PORTAL IPHAN (2016)

2.2.3 Piaçava

A *Leopoldinia piassaba* Wallace popularmente conhecida como piaçava ou chique, pertence as famílias das *Arecaceae* e ao gênero *Leopoldinia*. O gênero *Leopoldinia* compreende quatro espécies endêmicas do norte da Amazônia que se diferenciam quanto aos aspectos morfológicos (OLIETE, 2008). A piaçabeira foi

descrita inicialmente por Alfred R. Wallace (1853), posteriormente outros estudos aprofundam em aspectos morfológicos e botânicos (BRAUN, 1970; PUTZ, 1979; KUBITZKI, 1991; EMPERAIRE ET AL., 1992; LORENZI, 2004). Existem três espécies nativas de piaçava, a *Aphandra natalia* ocorre no Vale do Juruá (Acre, Brasil), no Peru e no Equador; a *Attalea funifera* Mart, é endêmica do bioma Mata Atlântica, ocorrendo no litoral da Bahia-BA, e a *Leopoldinia piassaba* Wallace, endêmica na Amazônia (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995 apud MACÍA, 2004).

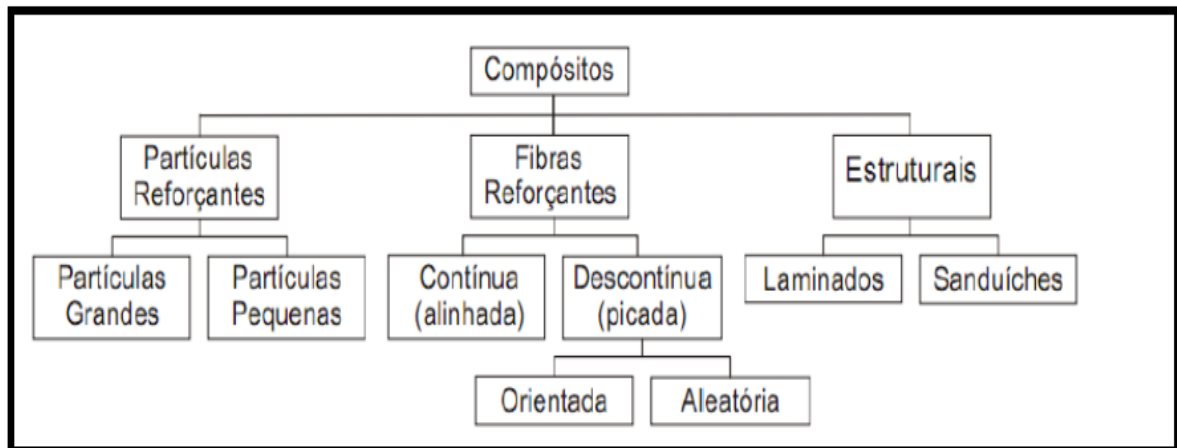
Os autores supracitados afirmam que em média, a altura das palmeiras de piaçava, tem de 3 a 4 metros de altura, com a altura variando de acordo com sua idade, necessitando dessa forma, de algum esforço para acessar a parte mais alta na planta. É uma palmeira de caule simples, com diâmetro alto do peito de 15 – 20 comprimentos e de até 60 comprimentos considerando as fibras que o envolvem. Suporta uma coroa de 10 a 25 folhas pinadas de 4 a 5 metros de comprimento.

2.3 Resistência mecânica entre as placas de materiais compósitos de polietileno

Os compósitos poliméricos, em sua maioria, apresentam matrizes termorrígidas. Essas matrizes se apresentam como uma alternativa para diversas aplicações, incluindo aplicações estruturais, o que se deve em grande parte, a tenacidade à fratura, resistência ao impacto e tolerância a danos, maior que os observados nas matrizes termorrígidas (NOGUEIRA, 2004; MAZUR, 2010).

Esses polímeros, geralmente, apresentam cadeias poliméricas longas, podendo ser lineares ou ramificadas, que durante o aquecimento não formam ligações cruzadas. Além disto, são sólidos à temperatura ambiente, se tornando fluido quando aquecidos, permitindo sua reciclagem, fator de importância atualmente (NOGUEIRA, 2004; MAZUR, 2010). O reforço, por sua vez, tem como função suportar os esforços mecânicos que são transferidos para ele pela matriz. No entanto, isto só ocorre quando há uma boa afinidade química no reforço e na matriz. Ele pode ser formado por uma fibra contínua ou descontínua, um material particulado ou outros materiais. Suas características são geradas pelo intercâmbio da matriz/reforço e pela distribuição do reforço na matriz (BANDEIRA, 2011; REZENDE; COSTA; BOTELHO, 2011; CALLISTER JUNIOR, 2007; MAZUR, 2010; MOREIRA, 2009) Geralmente, os compósitos são classificados conforme a morfologia dos seus constituintes (Figura 6).

Figura 6: Classificação esquemática dos materiais compósitos.



Fonte: CALLISTER JUNIOR, 2007.

Assim, se destacam por apresentarem massa específica baixa (0,9 a 1,6 g/cm³), resistência química e mecânica, além de possuírem flexibilidade arquitetônica, permitindo a produção de peças com alta complexidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Neste capítulo são descritos os materiais e métodos empregados na preparação das fibras e os tratamentos químicos aos quais elas foram submetidas, assim como na formulação dos corpos de prova para o ensaio mecânico com fibras de coco de babaçu, casca de castanha e piaçava. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os materiais apresentados a seguir:

- Blenda Polimérica - Ecovio T2308 (PBAT, PLA)
- Fibra de Coco de Babaçu (FCB)
- Fibra de Piaçava (FP)
- Fibra de Casca de Castanha (FCC)

3.2 Métodos

A primeira etapa desta pesquisa consiste na ampla revisão da literatura a respeito do tema, desde obras que se utilizaram da mesma técnica em materiais orgânicos como objeto de estudo. A segunda etapa desta pesquisa diz respeito a análise do material selecionado, utilizado como objeto de estudo para aplicação por meio de ensaio mecânico de resistência, DSC e DRX.

3.2.1 Processamento das fibras

Inicialmente é necessária uma lavagem para remoção de partículas e impurezas de maiores granulometrias que possam estar agregadas as fibras de coco de babaçu (FCB), fibra de piaçava (FP) e fibra de casca de castanha (FCC)

Figura 7: Lavagem das fibras



Fonte: Autora da dissertação

Figura 8: Fibras secas



Fonte: Autora da dissertação

3.2.1.1 Moagem

Com as fibras secas, em um moinho de facas é feita a redução da dimensão longitudinal das mesmas e posteriormente são colocadas em um moinho de bolas para processamento até obtenção de partículas com tamanhos menores ou iguais a 150 μm .

Os processos utilizados com as fibras de coco de babaçu (FCB), fibra de piaçava (FP) e fibra de casca de castanha (FCC), foram:

- Lavagem das fibras com água corrente com etileno;
- Secagem na estufa por 24 horas a 60°C, estufa modelo Quimis conforme mostrado na figura 9;
- Moagem no moinho de facas;
- Secagem na estufa por 24 horas a 60°C;
- Moagem no moinho de bolas e ficar no moinho de bolas por 72 horas, depois voltar para a estufa a 60°C por 24 horas;
- Processamento na peneira elétrica até a granulométrica fique igual a 125 μm ;
- O Polímero Ecovio t2308 também deverá secar na estufa por 48hs.

Figura 9: Estufa modelo Quimis - orbys



Fonte: Autora da dissertação

Figura 10: Fibras secas



Fonte: Autora da dissertação

Figura 11: Fibras secas



Fonte: Autora da dissertação

3.2.1.2 Detalhamentos e preparos:

As fibras foram moídas no moinho de facas tipo Willye TE-650 e depois voltaram para a estufa a 60°C por 24h:

Figura 12: Moinho de facas tipo Willye TE-650



Fonte: Autora da dissertação

Depois que cada fibra passou no moinho de facas, as fibras estavam parcialmente destruídas e assim voltarão para a estufa por mais 24hs. Após este período na estufa, as fibras passaram pela próxima etapa, moagem no moinho de bolas. Ficaram no moinho de bolas por 72 horas, depois voltaram para a estufa a 60 ° c por 24 horas.

Figura 13: As fibras após as 72 horas no moinho de bolas



Fonte: Autora da dissertação

O procedimento foi feito individualmente com cada fibra: casca de castanha, depois com o coco de babaçu e depois com a piaçava. Após o processo com o moinho de bolas, os pós de fibras foram peneirados na peneira elétrica até que a granulométrica fique igual a $125\ \mu\text{m}$. Após o pó pronto com $125\ \mu\text{m}$, voltou para a estufa a 60° por 48hs.

Figura 14: Peneira Elétrica - agitador de peneiras – A BRONZINOX



Fonte: Autora da dissertação

Após o processamento na peneira elétrica, a granulometria ficou igual a 125 μm , conforme a figura 15.

Figura 15: Pó de fibras em granulometria igual a 125 μm (1) piaçava (2) babaçu (3) casca de castanha



Fonte: Autora da dissertação

Na etapa seguinte se desenvolveu o processamento na extrusora, conforme mostra a figura 16. A extrusora de dupla rosca é de laboratório HAAKE Rheomex P332, Thermo Scientific com uma matriz plana acoplada (Fig. 16) pertencente ao laboratório de processamento de materiais compósitos do Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) do IPEN/CNEN – SP. A extrusão dos corpos de provas foi realizada na faixa de temperatura de 140°C a 180 °C, velocidade de rotação da rosca de 25 rpm. (Fig. 17)

Figura 16: Extrusora dupla rosca



Fonte: Autora da dissertação

Figura 17: Processamento na Extrusora



Fonte: Autora da dissertação

O material extrudado foi resfriado em água e submetido ao processo de granulação contínua. Em seguida a blenda – composto do ecovio t2308 com as fibras naturais - foi seca em estufa com passagem de ar forçado a 60 °C por 12h com a finalidade de retirar a umidade e possibilitar a incorporação dos demais materiais e obtenção dos compósitos. O próximo processamento foi a etapa de máquina injetora para a confecção dos corpos de prova, conforme a figura 18.

Figura 18: Injetora Hatian PI 1600 de corpos de prova



Fonte: Autora da dissertação

Figura 19: corpo de prova - Casca de castanha processado com EcovioT2308



Fonte: Autora da dissertação

Figura 20: corpo de prova processados – EcovioT2308



Fonte: Autora da dissertação

Figura 21: Piaçava processados com EcovioT2308



Fonte: Autora da dissertação

Figura 22: Coco de babaçu processados com EcovioT2308



Fonte: Autora da dissertação

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor da umidade natural da fibra

Ressalta-se que a adição das fibras em compósitos é diretamente proporcional ao aprisionamento de ar. Uma vez que a presença de um volume grande de fibras implica na presença de pequenas bolhas de ar ao redor de cada uma delas, região esta que também pode acumular umidade, sendo uma zona de menor coesão com a pasta. Maiores vazios podem significar maior suscetibilidade a agentes nocivos externos, uma vez que a porosidade é caminho para a passagem de gases e umidade. Para Dunkym (1998), o teor ótimo de umidade satisfatório das partículas coladas é 6 - 7% no núcleo e 11 - 13% em superfície do aglomerado. O teor de umidade deve ser ajustado a fim de não exceder um determinado nível de umidade no aglomerado total, o que causaria problemas com eliminação de vapor e até bolhas de vapor no painel final. Neste sentido destaca-se sobre Fiorelli et al. (2011) que ressalta a aplicação de impermeabilizantes como adesivos ou parafinas pode diminuir a absorção de moléculas de água, otimizando o desempenho físico de painéis particulados, por bloquear parcialmente os sítios de adsorção.

4.1.2 Absorção de água da fibra

A presença de umidade na fibra resulta-se em dificuldades no processamento do compósito, provocando uma série de defeitos superficiais no produto final (FONTELES, 2013). As fibras podem assim absorver umidade e com isso gerar a formação de vapores durante o processamento e gerar porosidade no compósito. Campos & Lahr (2004) recomendam teores de umidade normalmente entre 5% e 20%.

Nascimento (2002) recomenda que o teor de umidade para produção de chapas de madeira, deve ser entre 3% e 12%, pois essa umidade permite uma boa penetração de colagem da matriz. A absorção de água em polímeros tem sua avaliação de acordo com a absorção de umidade, resultando no aumento das dimensões da peça, o que prejudica sua aplicação em trabalhos de precisão. A variação do teor de umidade pode provocar uma rede de microfaturas na superfície dos compósitos que pode alterar suas propriedades mecânicas (MULINARI, 2009).

Além disso, os efeitos resultantes podem contribuir para a perda de compatibilização entre as fibras e a matriz, o que pode provocar enfraquecimento da adesão interfacial (CALEGARI & OLIVEIRA, 2016).

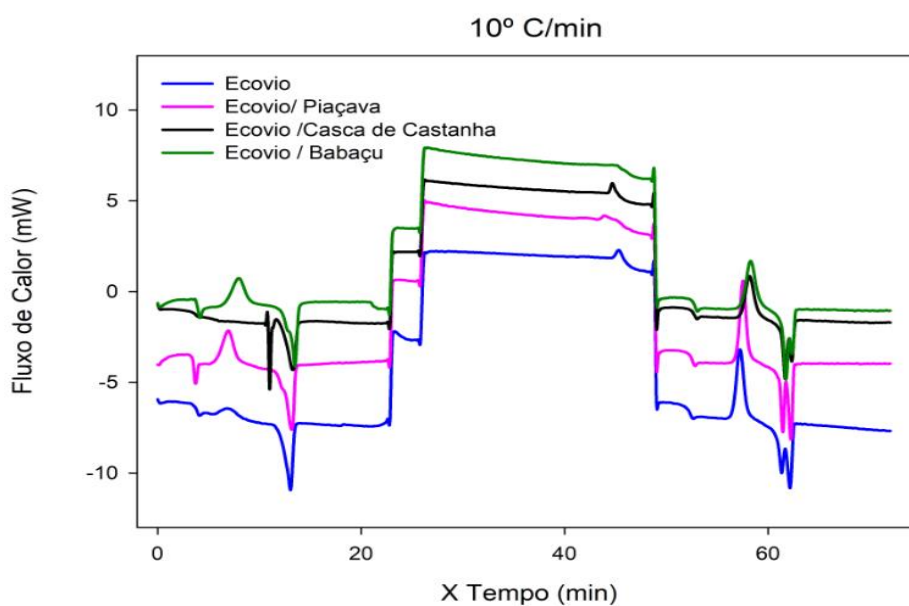
4.1.3 DSC - Calorimetria Exploratório Diferencial

A DSC é um ensaio utilizado para medir a diferença de energia entre uma amostra e um material de referência em função de um programa de aquecimento ou resfriamento sob atmosfera controlada. Comumente é utilizada para determinar a temperatura de fusão e cristalização; entalpias de fusão e de cristalização, bem como na determinação de temperatura de transição vítrea (CANEVAROLO JR, 2004).

Por meio do ensaio de DSC, podemos obter a temperatura de transição vítrea da blenda polimérica irradiada com feixe de elétrons, o calor de mudança cristalina da PLA, a temperatura de fusão do PBAT e o calor de fusão do PBAT.

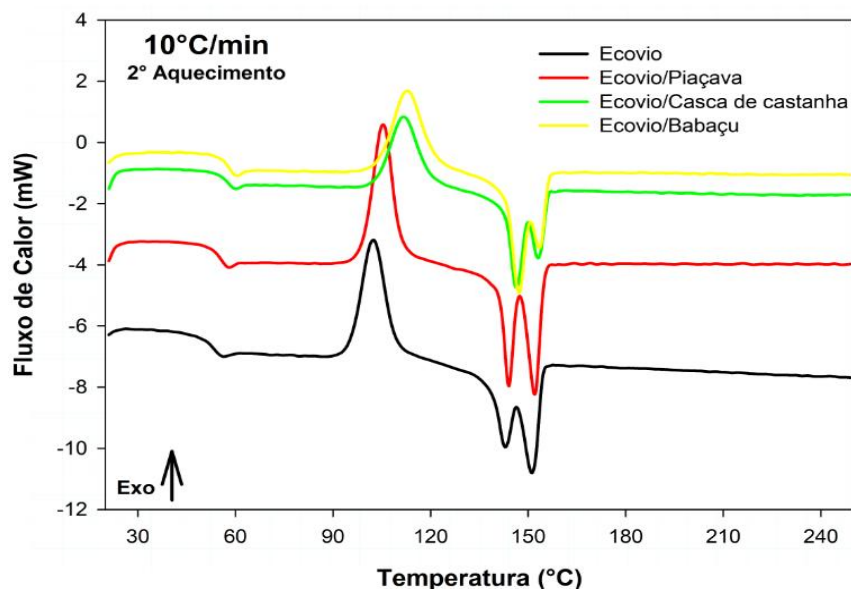
Assim no gráfico a seguir (Figura 23) será apresentado o ensaio de DSC onde mostra o 1º aquecimento da blenda Ecovio com as fibras vegetais, gráfico de fluxo de calor em relação ao tempo de aquecimento:

Figura 23: gráfico DSC – Aquecimento completo



Fonte: Autora da dissertação

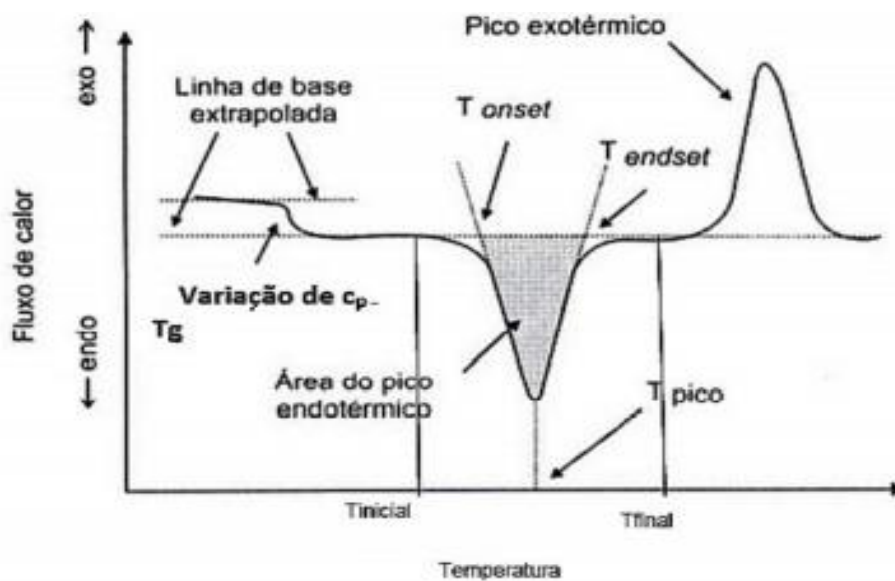
Figura 24: gráfico DSC – 2º Aquecimento



Fonte: Autora da dissertação

As Transições de primeiro aquecimento referem-se à transição vítrea das amostras e apresentam variações de entalpia: endotérmica e exotérmica, de acordo com a fusão e perda de massa de cada amostra e dão origem à formação de picos.

Figura 25: Tipos de eventos térmicos registrados pelo DSC



Fonte: Autora da dissertação

Os resultados mostram que as fibras atuam como pontes de transferência de tensões, a energia dos esforços solicitantes é direcionada para a fibra. No gráfico de 2º aquecimento, o processo de reação endotérmico ocorreu nas amostras devido a fusão da temperatura, pois houve a perda de massa das amostras (vaporização de água como processo de reação). No gráfico do 2º aquecimento, logo após a cristalização, ocorreu um pico complexo endotérmico referente a fusão dos cristais, este pico complexo é formado pela sequência de dois novos picos incompletos com duas temperaturas de picos mantendo a linha base, isso ocorreu devido a fusão de diferentes tipos de cristais.

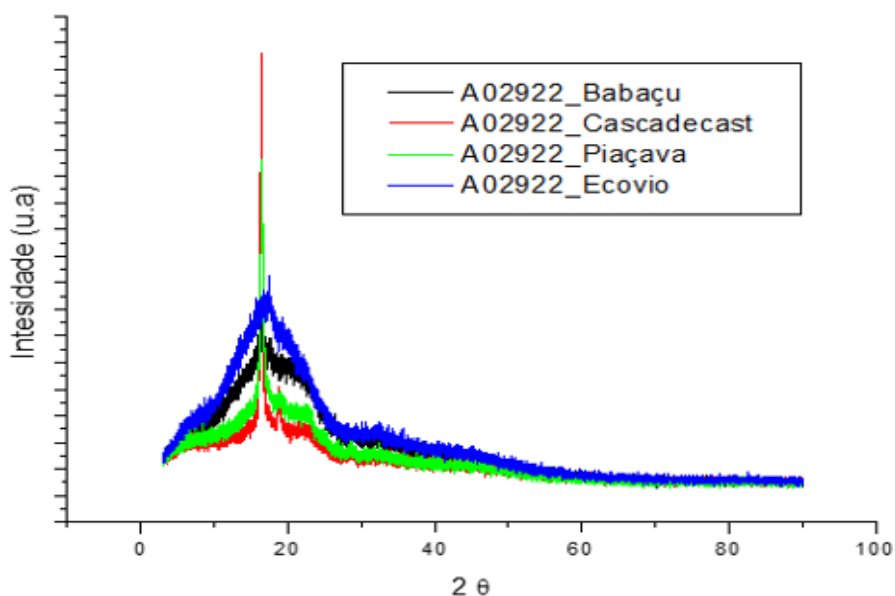
A fibra de Piaçava teve seu pico de cristalização exotérmico a uma temperatura de 102°C, apresentando um deslocamento de cristalização para temperaturas maiores, onde resultou que o Ecovio adicionado à fibra Piaçava dificultou um pouco a cristalização do Ecovio, porém manteve a sua intensidade de fusão nos picos. Quando comparado com as demais fibras vegetais como o coco de Babaçu e Casca de castanha adicionadas ao Ecovio, podemos observar mudanças mais pronunciadas, pois nos picos exotérmicos de cristalização ocorreram um maior deslocamento da temperatura de cristalização, ou seja, a necessidade de mais energia para que a cristalização ocorra e para que as cadeias moleculares se organizem, diminuindo ainda a intensidade do pico, dificultando assim a cristalização do polímero quando comparado com a fibra piaçava.

As reações de fusões e cristalizações nas amostras das fibras de Babaçu e Casca de Castanha apresentaram uma reação exotérmica de intervalo de temperatura entre 120°C e 119° C nas suas propriedades moleculares, apresentando assim um desempenho inferior ao polímero de referência, Ecovio T2308, que teve seu pico exotérmico de cristalização ocorrendo durante o aquecimento na temperatura entre 90°C a 100°C, o que a literatura chama de cristalização a frio, pois a cristalização ocorreu durante o aquecimento. Quando as fibras do coco de Babaçu e Casca de castanha são usadas pode se ter à presença de vazios ocasionados pelos “ninhos” de concretagem oriundos do excesso de fibras devido ao próprio teor de umidade e processamento dessas fibras. Ainda no 2º aquecimento, podemos observar que o uso da fibra de piaçava, mostra um desempenho similar ao do aquecimento da blenda Ecovio puro, não alterando significativamente as suas propriedades de origem.

4.1.4 Difração de Raios X (DRX)

O ensaio de DRX na área dos polímeros é comumente utilizado para mensurar a cristalinidade dos materiais, a curva de raio x obtido no final do ensaio não destrutivo pode ser dividido em duas áreas distintas, são elas: a cristalinidade e a halo amorpho (OLIVEIRA,2011). De acordo com o gráfico da figura 26, podemos observar as curvas de difração de raios X das blendas compostas por fibras naturais do ecovio t2308 em sua composição, onde os picos de difração da fibra de babaçu apresentaram similaridade em comparados com os picos de difração da blenda pura; Já os picos das fibras piaçava e casca de castanha de castanha apresentaram leve alteração de picos em relação ao comportamento da amostra, ou seja, não apresentaram mudanças significativas de cristalinidade em sua estrutura, o que estão de acordo com os resultados obtidos por alguns pesquisadores na literatura (VICTOR et. al., 2016 e D'ALMEIDA, 2007). Os resultados ainda corroboram com os valores obtidos por RONG, et. al (2001) e GEORGE, et. al. (1999), sendo características típicas de fibras de celulose nativa.

Figura 26: Difração de Raios X



Fonte: Autora da dissertação

Figura 27: Índice de cristalinidade

Amostra	Integral total:	Pico 1:	Pico 2:	% C
Ecovio T2308	102581,10	6272,23	5006,52	11,0 %
Babaçu	101911,32	5925,78	6659,22	12,3 %
Casca de castanha	103053,78	13229,64	6916,26	19,5 %
Piaçava	90301,62	3963,18	3252,30	8,0 %

$$\%C = \frac{Ac}{Ac+Aa} \times 100$$

Fonte: Autora da dissertação

A região Aa representa a área referente a parte amorfa do polímero e a soma das regiões Ac representam a soma das áreas referentes a parte cristalina do polímero. O grau de cristalinidade (%C) em função das áreas citadas pode ser calculado a partir da equação:

$$\%C = \frac{Ac}{Ac+Aa} \times 100$$

%C = Índice de cristalinidade

Aa = Halo amorfo

Ac= Área cristalina

4.1.5 Ensaio mecânico de resistência à tração.

Os ensaios mecânicos de tração foram utilizados para a verificação da resistência do material, com esse teste é possível identificar o quanto esse material estende antes de sua ruptura. O ensaio consiste, basicamente, em se tracionar um corpo de prova sob formas e dimensões padronizadas até a sua ruptura. Para uma comparação mais detalhada foram utilizados oito corpos de provas para esse teste. As propriedades de tração dos compósitos são influenciadas pela quantidade e tipo de reforço inseridas na matriz (MULINARI, 2009).

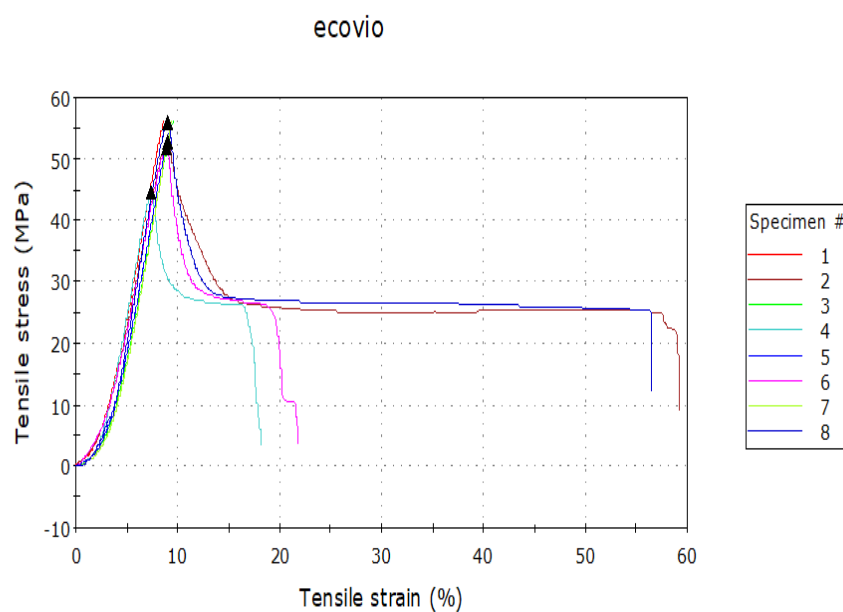
Figura 28: Máquina para ensaio de Tração - Instron



Fonte: Autora da dissertação

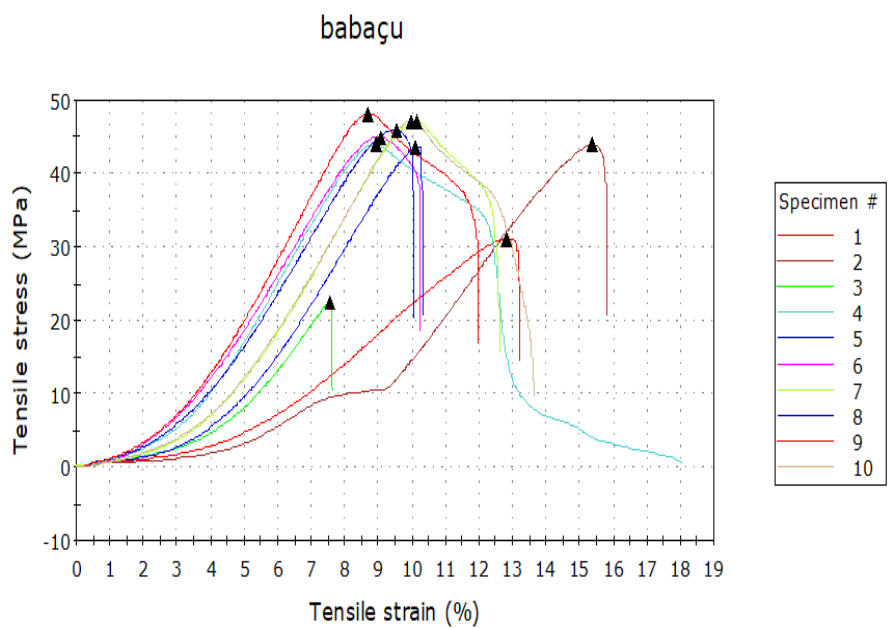
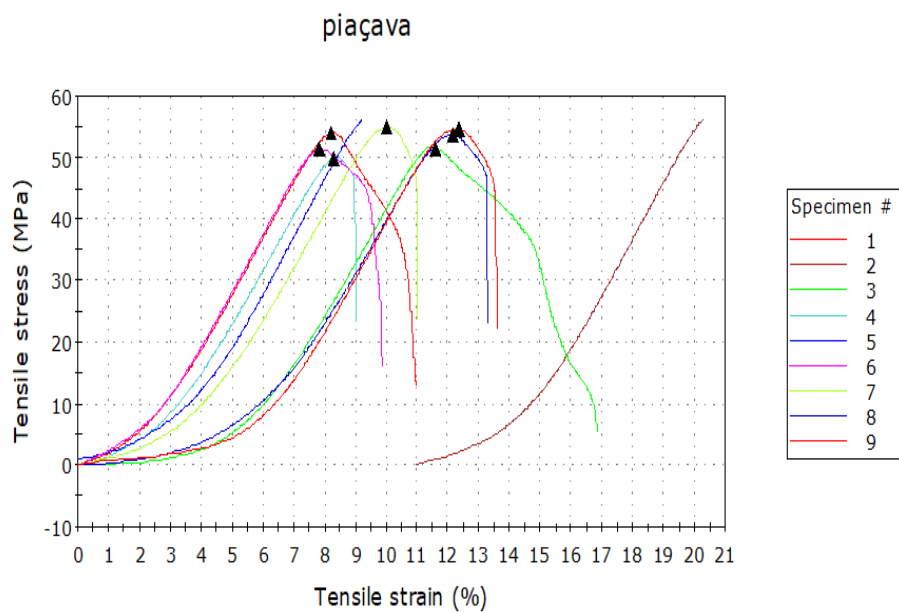
O ensaio de tração realizado, oferece os resultados nos gráficos a seguir, onde observamos: o alongamento, a tensão de ruptura, e o módulo de elasticidade do corpo de prova de cada fibra vegetal, segue:

Figura 29: Gráfico de tração – Ecovio T2308

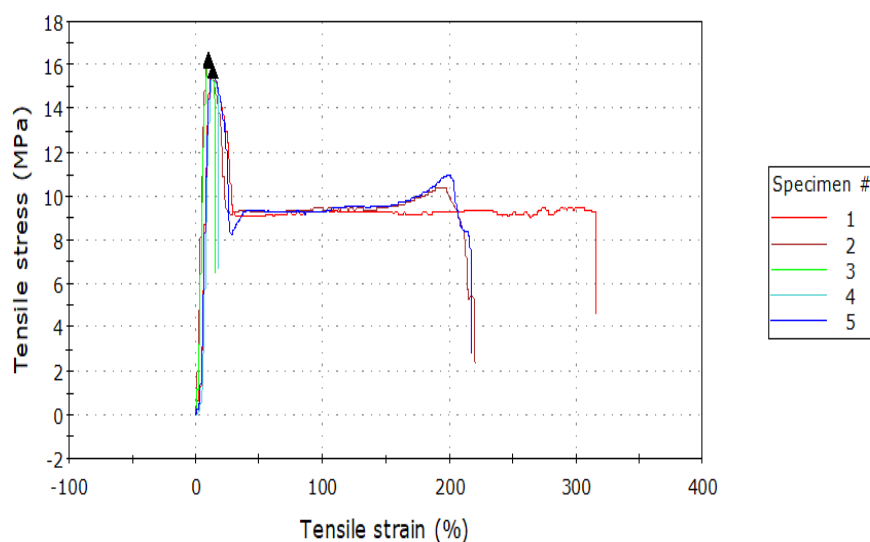


Fonte: Autora da dissertação

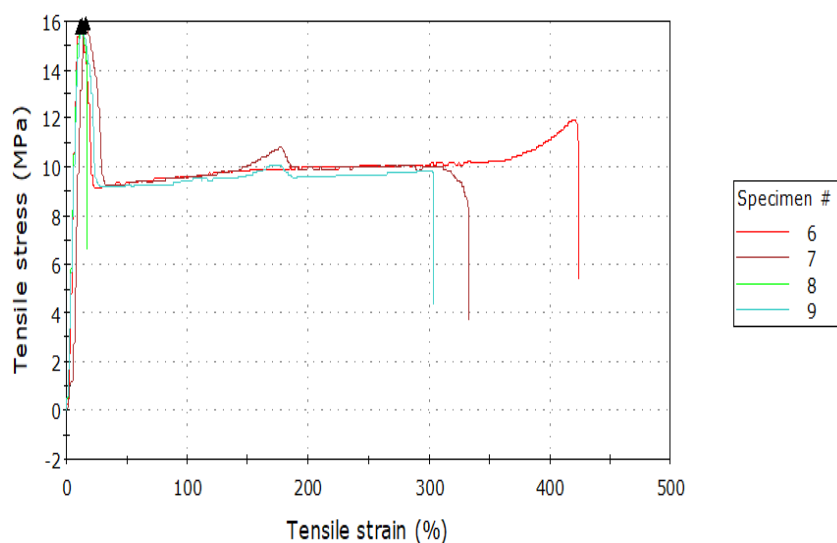
Figura 29: Gráficos dos ensaios de tração



Casca de Castanha – etapa 1



Casca de Castanha – continuação



Fonte: Autora da dissertação

Quando comparadas, as curvas de tensão versus deformação da blenda Ecovio e Piaçava, apresentam tensões máximas similares do limite de escoamento, em relação as demais fibras(babaçu e casca de castanha) embora apresentem variações no coeficiente da deformação, os resultados mostram que Polímeros rígidos são relativamente frágeis e se deformam elasticamente apresentando um alto módulo de elasticidade (maior coeficiente angular da reta inicial) o que vai de acordo com as afirmações de (BRUICE, 2010; CALLISTER JUNIOR, 2002; SPERLING, 2006).

5 A APLICAÇÃO DAS PLACAS DE FIBRA NATURAL COM PIAÇAVA

O potencial de utilização das fibras naturais, mais especificamente da piaçava, vai muito além das já tradicionais e conhecidas vassouras e artesanatos, um bom exemplo é o potencial de uso na construção civil, contribuindo na composição de materiais e tornando as construções mais sustentáveis e ecologicamente corretas. Podemos citar inclusive o trecho do artigo “Conheça 3 novas estratégias de construção com materiais alternativos” publicado na revista Construa, inerente a construção civil:

[...]as fibras podem ser empregadas na construção civil em placas de revestimento; de isolamento; e como reforço adicional ao concreto, em peças para coberturas, fundações de edifícios e contenção de encostas. A maioria das espécies naturais, de onde são extraídas, cresce rapidamente, podendo ser cultivadas em muitos tipos de solo ou ser encontradas em forma de rejeitos.

São exemplos de fibras naturais: palha, cortiça, juta, bambu, piaçava, sisal, fibra de madeira, de celulose, de coco, da cana-de-açúcar, da bananeira, entre outras. (REVISTA CONSTRUA, 2022)

Observa-se a partir do exemplo do Seminário de Cairu, ações voltadas ao desenvolvimento de materiais que utilizam a fibra de piaçava nos mais diversos usos, através do estudo de novas tecnologias, dentre estes a composição de materiais que possam ser utilizados na construção civil e design. Em 23/08/2018 ocorreu o seminário estadual de desenvolvimento econômico da piaçava na Bahia, no município de Cairu, onde o tema discutido foi: Políticas públicas de incentivo ao arranjo produtivo da piaçava, com o uso de novas tecnologias, onde, dentre outros itens, compuseram o plano de desenvolvimento da piaçava:

“1. elaborar o plano de desenvolvimento da cadeia produtiva da piaçava com ações, programas e projetos de investimento na cultura da piaçava; 2. fomentar novos investimentos em pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias, novos produtos e negócios; 3. fortalecer o valor social e ambiental da cultura da piaçava, enfatizando suas características ecológicas a fim de trazer investimentos para a agroecologia; 4. incentivar ao uso da piaçava no agronegócio e agroenergia; 5. Aumentar a participação de jovens e mulheres na CONFECÇÃO DE ARTESANATOS COM SUBPRODUTOS

DA PIAÇAVEIRA para melhoria na renda e consequente melhoria na qualidade de vida, em parceria com as universidades e instituições públicas; 6. Incentivar a criação de UNIDADES CENTRAL DE BENEFICIAMENTO DA PIAÇAVA e produção de coprodutos de valor agregado para o MERCADO NACIONAL E INTERNACIONAL; (CAMARA SETORIAL DA CADEIA PRODUTIVA DE FIBRAS NATURAIS - CSFN , 2019).

“A piaçava da Bahia é responsável por 90% da produção nacional. Com a queda das vendas no mercado interno, os produtores de piaçava estão de olho na exportação da fibra natural, que pode atrair compradores estrangeiros que valorizam produtos sustentáveis.” (GLOBO RURAL, 2021).

Sustentando a ideia das possíveis aplicações da fibra de piaçava na composição de materiais que sejam sustentáveis e que apresentem boas características físico mecânicas, podemos citar o artigo Ecocompósito de matriz polimérica vegetal reforçada por resíduos de fibras de piaçava: Possibilidades de aplicações no design, publicado na revista REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA 2021, Vol. 11, No. 23.

Este artigo tem por objetivo expor o resultado de uma pesquisa de mestrado de perfil interdisciplinar, envolvendo as áreas do design sustentável e materiais, a partir do desenvolvimento de um ecocompósito e suas possíveis aplicações no design de produtos. Os ecocompósitos representam uma classe de materiais considerados de menor impacto ambiental, por serem, em sua grande maioria, oriundos de recursos renováveis, representando assim, uma possibilidade de matéria-prima para um design sustentável. Desta forma, o ecocompósito desenvolvido é formado por uma matriz polimérica à base de resina de mamona reforçada por resíduos de fibras de piaçava. Posteriormente, foram analisadas as possíveis aplicações do ecocompósito no campo do design de produtos, mais especificamente revestimentos e mobiliários.

Logo a seguir temos algumas imagens do artigo supracitado, onde podemos visualizar as placas fabricadas do ecocompósito, bem como sua estética, atributos e possíveis aplicações de design, onde a fabricação sugerida é o de moldagem por compressão, por conta da facilidade de uso e mitigação de custos. De acordo com os autores do trabalho, resultado da pesquisa, [...] possibilita projetos de design sustentável, do revestimento ao mobiliário. Reforçando assim, a importância do

estudo da relação Design & Materiais com foco na sustentabilidade. (REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA 2021, Vol. 11, No. 23.)

Figura 30: Apreciação tátil e visual do ecompósito



Fonte: DESIGN & TECNOLOGIA 2021, Vol. 11, No. 23

Quadro 1: Atributos táteis e visuais da placa do ecompósito

TÁTIL	VISUAL
Liso	Opaco
Sem flexibilidade	Fosco (com superfície do molde fosca)
Rígido	Semi-brilho (com superfície do molde polida)
Leve	Brilhante (quando exposto à luz solar)
Resistente ao risco	Pesado
Aspecto de madeira	Cor amadeirada

Fonte: DESIGN & TECNOLOGIA 2021, Vol. 11, No. 23

Figura 31: Revestimento 3D vertical. Espessuras do revestimento 3D: 10mm (A), 30 mm (B) e 50 mm (C)



Fonte: DESIGN & TECNOLOGIA 2021, Vol. 11, No. 23

Figura 32: Banco longo



Fonte: DESIGN & TECNOLOGIA 2021, Vol. 11, No. 23

Um outro ótimo exemplo do potencial de uso é o material desenvolvido pela UFPB, o fibranato, compósito polimérico reforçado por sobras de fibra vegetal para aplicação na construção civil, revestindo superfícies, tanto interno quanto externamente, pisos, paredes ou em substituição de rochas ornamentais. Apesar de se diferenciar da composição do material objeto de estudo do presente trabalho, é relevante citá-lo de forma exemplificativa, uma vez que este leva a fibra de piaçava em sua composição.

Um material compósito, também chamado de composite, é um material formado pela união de outros materiais com o intuito de obter um produto de maior qualidade. O fibranato desenvolvido por Denise Muniz e Eduardo Santos foi criado com resina polimérica insaturada. Essa resina foi obtida do craqueamento do petróleo, um processo químico que transforma frações de cadeias carbônicas maiores em frações com cadeias carbônicas menores, e reforçada por sobras de fibras vegetais obtidas do descarte do processo de fabricação de vassouras, submetidas a tratamento superficial. “Conforme o estudo realizado em minha tese, espera-se beneficiar, na melhor das hipóteses, uma população de produtores de fibra de piaçava, uma espécie de palmeira [usada na fabricação de vassouras, artesanato e coberturas de cabanas]. Esses produtores habitam a Costa do Dendê e a Costa do Cacau, no Sul da Bahia, cuja matriz econômica é estruturada na produção agrossilvipastoril, que integra atividades agrícolas, pastoris e florestais”, contou Denise Muniz. (MUNIZ; SANTOS, 2021 – UFPB).

Figura 33: Fibranato 1



Fonte: MUNIZ; SANTOS, 2021 – UFPB – Fotos: Letícia Dantas

Figura 34: Fibranato 2



Fonte: MUNIZ; SANTOS, 2021 – UFPB – Fotos: Letícia Danta

Figura 35: Fibrinato 3



Fonte: MUNIZ; SANTOS, 2021 – UFPB – Fotos: Letícia Dantas

6 CONCLUSÕES

Considerando o cenário da sustentabilidade, as fibras vegetais ocupam um espaço cada vez maior como matéria prima adicionada em compósitos nas mais diversas aplicações. Os resíduos vegetais em muitas vezes são caracterizados como rejeitos, devido a sua inutilidade e destinação inadequada, muito embora podem ser mais bem aproveitados no desenvolvimento de novos materiais compósitos menos poluentes.

Os resultados mostram quem há uma adesão considerável das fibras pela matriz, o que causa um aumento da eficiência de transferência de tensão para as fibras no momento do impacto, e assim se eleve a resistência do compósito (FIGUEIREDO, 2010). Dessa forma, conclui-se que é verificado um aumento nas propriedades de resistência à tração dos compósitos estando com concordância com a existência de um volume crítico de fibras que atuam como reforço no compósito e que corrobora com (BRUICE, 2010; CALLISTER, 2002; SPERLING, 2006).

As propriedades mecânicas em impacto dos compósitos pelas fibras apresentadas aumentaram com o teor de fibras empregadas, o que se associa a boa adesão fibra-matriz elevando a tenacidade do compósito.

Por meios do ensaio de DRX foi possível verificar que a fibra de piaçava e casca de castanha quando processado com o EcovioT2308, não apresentaram mudanças significativas de cristalinidade em sua estrutura, o que estão de acordo com os resultados obtidos por alguns pesquisadores na literatura (VICTOR et. al., 2016 e D'ALMEIDA, 2007).

O ensaio de DSC resultou que o Ecovio adicionado à fibra da Piaçava dificultou um pouco a cristalização do Ecovio, porém manteve a sua intensidade de fusão nos picos em comparado com as demais fibras (Babaçu e casca de Castanha); Por fim no ensaio de tração novamente em comparação, a fibra de piaçava apresentou as tensões máximas do limite de escoamento similares ao da Blenda Ecovio, durante o estágio de deformação, o que vai de acordo com as contribuições literárias (BRUICE, 2010; CALLISTER, 2002; SPERLING, 2006).

A partir dos ensaios realizados com a fibra de piaçava, bem como os exemplos apresentados acerca das possibilidades de aplicação, como o ecocompósito e o fibranato, além de características físico-mecânicas favoráveis, demonstra potencial

para aplicações e variados usos, desde a construção civil até mobiliários, em consonância com as demandas atuais no que tange à consciência ambiental e um cenário mais sustentável.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Sugestão para os próximos trabalhos, incorporar cada fibra apresentada neste trabalho com um outro tipo de polímero que não seja o polímero PBAT/PLA (ECOVIOL[®]) T2308 e com outras fibras para análise de resultados.

Assim, sugere-se que nos próximos estudos sejam utilizadas uma porcentagem maior que 20% de fibras vegetais como reforçado para compósitos em matrizes poliméricas, aproveitando assim uma quantidade maior dessas fibras que seriam descartadas ao céu aberto, contribuindo com o meio ambiente sem perder a qualidade de impacto das placas de fibras naturais e contribuindo ainda com a crescente de desenvolvimento dos compósitos ecológicos, assim terá maior contribuição com o meio ambiente e com os grandes centros de pesquisas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida JJ. 2015. ***Do extrativismo à domesticação: As possibilidades da castanha-do-Pará.*** Tese de Doutorado em História Econômica. Universidade de São Paulo. 304p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ***Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials***, ASTM 2000. (ASTM D 790-00).

ASSOCIATION OF PLASTIC MANUFACTURERS IN EUROPE. ***A material for choice for the automotive industry***, 1999. Disponível em: www.apme.org.

ASTM D 3878-95: ***Standard terminology for composite materials***, Philadelphia (PA): American Society for Testing and Materials; 1995.

BAILEY, E. J.; WINEY, K. I. **Dynamics of polymer segments, polymer chains, and nanoparticles in polymer nanocomposite melts: A review.** *Progress in Polymer Science*, Volume 105, 2020.

BEDIN, M. G. **Compósito com polietileno de baixa densidade e fibra de coco in natura e modificada.** Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2014.

BLEDZKI, A. K., ZHANG, W. & CHATE, A. ***Composites Science and Technology***. 2001.

Braun, A. 1970. ***Palmas cultivadas de Venezuela.*** Acta Botânica Venezuelica, Vol 5, N° 1-4: 54-55.

BRITO,G.F.;AGRAWAL, E.M.; ARAÚJO, T.;MÉLO, J. A. ***Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes.*** Revista eletrônica de materiais e processos, v.6.2, p. 127 -139, 2011. Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

BRUICE, P.Y. **Organic Chemistry**. 6. ed. USA: Prentice Hall, 2010.

CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. **Compósitos a partir de materiais de fontes renováveis como alternativa para o desenvolvimento de produtos**. Sustentabilidade em Debate - Brasília, v. 7, n. 1, p. 140-155, 2016.

CALLISTER, W. **Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2002.

CALLISTER JUNIOR, W. D. **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Abordagem Integrada**. 2 ed., Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2007.

CALLISTER JR., W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução**. LTC, v. 8ª Edição, 2012.

CAMARA SETORIAL DA CADEIA PRODUTIVA DE FIBRAS NATURAIS - CSFN, 2019, Cairu, Bahia. **Gargalos das Fibras da Piaçava [...]**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2019/21a-ro/reuniao-brasilia-piacava.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CAMPOS, Cristiane Inácio de; LAHR, Francisco Antônio Rocco. **Estudo comparativo dos resultados de ensaio de tração perpendicular para MDF produzido em laboratório com fibras de pinus e de eucalipto utilizando uréia-formaldeído**. Matéria, v. 9, n. 1, p. 32-42, 2004.

CANEVAROLO S. **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. 1 ed. ed. São Paulo, Editora Artiber. V. 430, 2004.

CANEVAROLO JR, S. V. **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. São Paulo: 2012.

CANEVARO JUNIOR, S. V. ***Ciência dos polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros***. 3ª ed. São Paulo: Editora Artliber, 2010.

CARRAZA, L. R.; SILVA, M. L.; ÁVILA, J. C. C. ***Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu***. Instituto Sociedade, População e Natureza, Brasília, 2012. Disponível em: < http://www.ispn.org.br/arquivos/Mont_babacu006.pdf >. 2019.

CONHEÇA **3 novas estratégias de construção com materiais alternativos**. Revista Construa, 11 maio 2022. Disponível em< <https://revistaconstrua.com.br/noticias/arquitetura/conheca-3-novas-estrategias-de-construcao-com-materiais-alternativos>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CONHEÇA a **extração da piaçava, fibra natural retirada de uma palmeira nativa**. Globo Rural, 2021. Disponível em <<https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2021/02/28/conheca-a-extracao-da-piacava-fibra-natural-retirada-de-uma-palmeira-nativa.ghtml>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

C. R. DA SILVA, Igor; K. F. DE OLIVEIRA, Ana. Ecocompósito de matriz polimérica vegetal reforçada por resíduos de fibras de piaçava: Possibilidades de aplicações no design. **REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA**, [s. l.], v. 11, ed. 23, 2021. Disponível em< <https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/download/877/321>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

D'ALMEIDA, J.R.M.; D'ALMEIDA, A.L.F.S.; CARVALHO, L.H. **Mechanical, morphological and structural characteristics of caroa (neoglaziovia variegata) fibers**. *Polymers and Polymer Composites*, V.16, p. 577-583, 2007.

DOS ANJOS, D. B.; et al. **Potencial da casca da castanha do Brasil como biofertilizante no cultivo de *Lactuca sativa* L.**. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological* , v. 4, n. 1, 17 jul. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1019>.

DUNKY, M. (1998). **Urea–formaldehyde (UF) adhesive resins for wood**. International Journal of Adhesion and Adhesives, v.18, n.2, p. 95
Doi:10.1016/s0143- 7496(97)00054-7.

EMPERAIRE, L.; Lescure, J. 1992. **La piaçabeira (Leopoldinia piaçaba wall.), palmier d'amazonie centrale et son exploitation**. In: LESCURE, J. (ed) - Extractivisme em Amazonie brésilienne. Rapport final de la Convention SOFT. Paris: Min. Environnement.

FIGUEIREDO, A. D. et al. **Análise de viabilidade do uso de fibras metálicas em tubos de concreto**. Parte 1: companhia experimental. In 52o CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Fortaleza-CE, 2010. Novas tecnologias do concreto para o crescimento sustentável. Anais. Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON). São Paulo, 2010.

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde (Cocos nuciferas L.) em mistura com cimento Portland**. 2011, 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade de Brasília, Brasília.

FONTELES, Carlos Alberto Lopes. **Compósitos poliméricos à base de matriz termofixa e coco babaçu (Orbignya phalerata): análise por sorção de água e propriedades mecânicas**. 2013. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

FIORELLI, J.; ROCCO LAHAR, F. A.; DO NASCIMENTO, M. F.; JUNIOR, H. S.; ROSSIGNOLO, J. A. **Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona produção e propriedades**. Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v. 33, n. 4, p. 401- 406, 2011. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.9615>

GARRISON, T.F.; MURAWSKI, A.; QUIRINO, R. L. Bio – Based Polymers With Potential for Biodegradability. **Polymers**, v. 8, n. 7, p. 22, 2019.

GEORGE, D.M.R.; CAIRNS, P.; SMITH, A.C.; WALDRAN, K.W. Crystallinity of lyophilised carrot cell wall components. **International Journal of Biological macromolecules**, V. 26, n.5, p.325-331, 1999.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. 1995. **Field guide to the Palms of the Americas**. 351p. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

HILLIG, E.; FREIRE, E.; CARVALHO, G. A.; SCHNEIDER, V. E.; POCAI, K. Modelagem de misturas na fabricação de compósitos polímero-fibra, utilizando polietileno e serragem de Pinus sp. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 343-351, 2006.

<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-humanas/direto-da-amazonia-livro-revela-como-a-castanha-do-para-ganhou-o-mundo/>

http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/universo_cultural_da_palmeira_babacu.pdf

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS**. Rio de Janeiro. v. 19-28, 55 p. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2018.

JAERGER, S. **Compósitos de polietileno de baixa densidade contendo hidróxidos duplos e hidroxissais lamelares organofílicos e organofóbicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de Pinus maximinoi H. E. Moore**. 2000. 275 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

KUBITZKI, K. 1991. **Dispersal and distribution in Leopoldinia (Palmae)**. Nordic Journal of Botany, 11: 429-432.

LOPES, F. P. D.; Monteiro, S. N.; Ferreira, A. S.; Rodrigues, R. S. (2008) Comportamento dinâmico-mecânico em compósitos epoxídicos reforçados com fibras

de curauá. 18° CBECIMAT – Congresso Brasileiro de Engenharia e ciências dos materiais, Porto de galinhas, PE, Brasil, 2008.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Instituto Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 2004, 177 p.

MACEDO, J. S.; COSTA, M. F.; TAVARES, M. I.; THIRÉ, R. M. Preparation and characterization of composites based on polyhydroxybutyrate and waste powder from coconut fibers processing. **Polymer Engineering and Science**, v. 50, p. 1466-1475, 2010.

MACÍA, M. J. Multiplicity in palm uses by the Huaorani of Amazonian Ecuador. **Botanical Journal of the Linnean Society**, n. 144, p. 149-159, 2004. Disponível em: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/144/2/149/2420274>.

MACHADO, M. L. C. et al. **Estudo das Propriedades Mecânicas e Térmicas do Polímero Poli3-Hidroxibutirato (PHB) e de Compósitos PHB/Pó de Madeira**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 20, n. 1, p. 65-71, 2010.

MACHADO, Nítalo André et al. (2017b) **Painéis aglomerados fabricados com resíduos do coco babaçu**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*. Agrária, Recife, v.12, n.2, p.202-209, 2017. DOI:10.5039/agraria.v12i2a5434

MARTINS, C. R.; JESUS Jr. L. A. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional**. Documentos 164. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju. 2011.

MAGALHÃES, M.T.; MIRANDA,C.S.; JOSÉ, N.M. **Estudo do monitoramento tecnológico de blendas poliméricas constituídas por poliésteres aromáticos e amido** – Universidade Federal da BAHIA, (UFBA), v. 8, n. 1, p. 85 – 91, 2015.

MAZUR, R.L.: **Obtenção e caracterização de compósitos de fibras de carbono/PEKK com aplicações aeronáuticas**. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Guaratinguetá 2010. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/.../mazur_rl_dr_guara.pdf?...1.

MOREIRA, A.M.: **MATERIAIS COMPÓSITOS**. Departamento de Engenharia. Instituto Politécnico de tomar – Escola Superior de Engenharia de tomar. 2009.

MULINARI, D. R. **Comportamento térmico mecânico e morfológico dos compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com fibras de celulose do bagaço de cana de açúcar**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009. Guaratinguetá, 2009. 111 p.

MUNIZ, Denise; SANTOS, Pedro. UFPB desenvolve material reforçado com fibra vegetal para aplicação na construção civil. **Universidade Federal da Paraíba - UFPB**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.ufpb.br/ufpb/contents/noticias/ufpb-desenvolve-material-reforcado-com-fibra-vegetal-para-aplicacao-na-construcao-civil>>. Acesso em: 17 mar. 2023.

NASCIMENTO, M. F. **CPH: Chapas de Partículas Homogêneas - Madeira do Nordeste do Brasil**. 2002, 153f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

NOGUEIRA, C. L.: **Obtenção e Caracterização de Compósitos Termoplásticos Avançados à Base de Matrizes de Polipropileno Reforçados com Fibra de Carbono**. Tese de Doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 2004.

NOGUEIRA, M. A.; PRANDO, A. M.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; CONTE, O.; HARGER, N.; OLIVEIRA, F. T.; HUNGRIA, M. **Ações de transferência de tecnologia em inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* na cultura da soja na safra 2017/18 no estado do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 16 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 143).

OLLEY, Robert H. in <http://www.personal.rdg.ac.uk/~spsolley/pe.html>

OLIETE JOSA, I. ***Piaçabeiros e piaçaba no médio rio Negro (Amazonas-Brasil), socioeconomia da atividade extrativista e ecologia da Leopoldinia piassaba.*** 2008. 107f. Dissertação (mestrado)- INPA/UFAM, Manaus, 2008.

OLIVEIRA, A.K.F. **Estudo da viabilidade técnica de utilização do compósito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos.** Rio de Janeiro: PUC-RIO, 2011.

PADILHA, A. F. ***Materiais de Engenharia - Microestrutura e Propriedades.*** Ed. Hemus Livraria, Curitiba-PR, 1997. 352 p.

PEDROZO, E. Á. et al. ***Produtos Florestais Não Madeiráveis (PFNMS): as Filières do Açaí e da Castanha da Amazônia.*** RARA - Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v. 3, n. 2, 2011.

PETRECHEN, G. P., AMBRÓSIO, J. D. ***Preparação e caracterização mecânica de compósitos de polipropileno com resíduos lignocelulósicos da castanha do brasil (bertholletia excelsa),*** UFSCar. 22 CBECIMAT, 2016.

PLUEDDEMANN, E. P. (2016) **Interfaces in Polymer Matrix Composites: Composite Materials.** Elsevier. 317 p.

PUTZ. F.E. 1979 ***Biology and human use of Leopoldinia piçaba.*** Principes, Chicago, 23(4):149- 156.

ROGOVINA, S. Z. Biodegradable polymer composites based on synthetic and natural polymers of various classes. ***Polymer Science Series C***, v. 58, n. 1, p. 62-73, 2016.

RONG, M.Z.; ZHANG, M.Q.; LIU, Y.; YANG, G.C.; ZENG, H.M. **The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites.** Composites Science and Technology, V. 61, p.1437-1447, 2001.

SALAZAR, R. F. S.; SILVA, G. L. P.; SILVA, M. L. C. P. Estudo da composição da palha de milho para posterior utilização como suporte na preparação de compósitos. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. *Anais...* Campinas: UNICAMP, 2005. p. 1-6.

SANTOS, A. M. *Estudo de compósitos híbridos polipropileno / fibras de vidro e coco para aplicações em engenharia*. 2006, 28 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTOS, A. O. *Avaliação do potencial de uso e caracterização tecnológica das fibras de Saccharum spp. para produção de celulose e papel*. 2014. Número de páginas p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília.

SALAZAR, R. F. S.; SILVA, G. L. P.; SILVA, M. L. C. P. **Estudo da composição da palha de milho para posterior utilização como suporte na preparação de compósitos**. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. *Anais...* Campinas: UNICAMP, 2005. p. 1-6.

SAVASTANO JUNIOR, H. *Materiais a base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo*. 2000. 58 p. Tese (Livre Docência) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, G. M. *Valorización de diferentes cultivos lignocelulósicos para la fabricación de pasta de papel: Caracterización química, modificación estructural de sus constituyentes orgánicos durante los procesos de cocción y blanqueo y aplicaciones biotecnológicas*. ANO. 2015 p..Tese Universidade de Sevilla, Sevilla, Espanha.

SILVA, R.V. *Compósito de Resina Poliuretana Derivada de Óleo de Mamona e Fibras Vegetais*. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SPERLING, L.H. Introduction to physical polymer science. John Wiley & Sons Inc., 4. ed., 2006.

VILAPLANA, F.; STROMBERG, E.; KARLSSON, S. ***Environmental and resource aspects of sustainable biocomposites***. Polymer Degradation and Stability, 95, p. 2147-2161, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Diretoria de Pesquisa, Desenvolvimento e Ensino

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária CEP: 05508-000

Fone/Fax(0XX11) 3133-8908

SÃO PAULO – São Paulo – Brasil

<http://www.ipen.br>

O IPEN é uma Autarquia vinculada à Secretaria de Desenvolvimento, associada à Universidade de São Paulo e gerida técnica e administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.