



**SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI DR/BA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**  
**CURSO ESPECIALIZAÇÃO EM DESIGN DE PRODUTO**

**JACQUELINE DE AZEVEDO LOPES**

**UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE MANDACARU PARA O**  
**DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS**

Salvador  
2015

**JACQUELINE DE AZEVEDO LOPES**

**UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE MANDACARU PARA O  
DESENVOLVIMENTO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Design de Produto da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Design de Produto.

Orientadora: Profa. Dra. Joyce Batista Azevedo

Salvador  
2015

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

L846u Lopes, Jacqueline de Azevedo

Utilização da fibra de mandacaru para o desenvolvimento de compósitos poliméricos / Jacqueline de Azevedo Lopes. – Salvador, 2015.

58 f. : il. color.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Joyce Batista Azevedo.

Coorientador: Prof. Dr. Valter Estevão Beal.

Monografia (Especialização em Design de Produtos Industriais) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2015.

Inclui referências.

1. Fibra de Mandacaru. 2. Mandacaru – Compostos poliméricos. 3. Madeira de eucalipto. 4. PEAD – Polietileno de Alta Densidade. I. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC. II. Azevedo, Joyce Batista. III. Beal, Valter Estevão. IV. Título.

CDD 668.42

Trabalho de conclusão foi julgado adequado para obtenção do título de Especialista em Design de Produtos Industriais - Faculdade de Tecnologia SENAI-CIMATEC. Aprovada, pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientadora: Profa. Dra. Joyce Batista Azevedo

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Josiane Dantas Viana (Faculdade Tecnologia SENAI-CIMATEC)

Prof. Msc. Rodrigo Luz Santos (Faculdade Tecnologia SENAI-CIMATEC)

Prof. Dr. Valter Estevão Beal

Coordenador do Curso

## DEDICATÓRIA

As minhas filhas Larissa Lopes e Ila Lopes  
que estiveram nesse tempo, sempre ao meu lado  
e aos meus queridos pais Neuza Lopes e em memória de Everaldo Lopes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, a Deus por ter me proporcionado ensinamentos e sabedoria para vencer barreiras na vida, sem o qual nada seria possível. As minhas filhas Larissa Lopes e Ila Lopes por todos os momentos que no decorrer deste trabalho foram privados da minha companhia, por ter acreditado e por ter me dado apoio, carinho e força para que eu concluísse mais uma etapa de minha vida.

Aos meus queridos primos Jadson Azevedo e Jamile Azevedo, meu tio Moacir Azevedo, a minha irmã Roqueline Lopes e ao meu sobrinho Lucas Lopes pela ajuda exaustiva na extração do mandacaru para preparação das amostras, ao meu sobrinho Bruno Lopes pelo apoio a logística do mandacaru.

A minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dra Joyce Azevedo por acreditar e apoiar a pesquisa durante todo o tempo que estive orientando-me. A Marcus Vinicius pelo apoio técnico no processo de extrusão, injeção do corpo de prova e nos ensaios de caracterização. Ao Prof<sup>o</sup> Dr João Tan pela colaboração nos testes de microscopia.

A minha amiga e orientadora do Mestrado em Artes Visuais-UFBA Prof<sup>a</sup> Dra Ana Beatriz Factum pela confiança em mim depositada, por todas as oportunidades que mim deu e por sempre ter acreditado no meu potencial. E a todos os meus amigos que diretamente e indiretamente mim incentivaram. A todos os meus colegas da Especialização que estarão sempre presente em minha lembrança, em especial Carlos, Fábio Moura e Roberta, e ao meu querido amigo e professor Joaquim Mendes.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que este momento se tornasse realidade. E em especial as duas pessoas importante na minha vida, In memoriam, quero agradecer ao meu pai Everaldo Lopes, e a minha querida e amada mãe Neuza Lopes que aos seus 79 anos, têm uma vitalidade que inveja qualquer jovem.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém  
ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

## RESUMO

Este trabalho é um estudo inicial da utilização do mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) como fase dispersa em compósitos poliméricos para uma aplicação na área de Design. O processamento do compósito teve como amostras fibra da madeira do mandacaru em forma de grânulo, foram misturadas com PEAD 59 (Polietileno de alta densidade) puro e com o OREVAC em diferentes concentrações. As propriedades físico - mecânicas e morfológicas do compósito com matriz de PEAD (Polietileno de alta densidade) de 20% e 40% de Madeira de Mandacaru foram determinadas através de ensaio de tração, flexão, determinação de densidade, absorção de água e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

A madeira de Mandacaru apresenta uma estrutura porosa podendo influenciar no peso no compósito. Um estudo comparativo entre a utilização de madeira de Mandacaru e a madeira de Eucalipto nos compósitos foi realizado. Os resultados indicaram que a madeira de Mandacaru não interfere na rigidez do material e a o aumento da sua concentração não influencia a resistência a tração dos compósitos. Não houve alteração na densidade dos compósitos com a variação do tipo de madeira. Os resultados de absorção de água indicaram que a composição química da madeira pode ter influencia sobre esta propriedade sendo necessários outros estudos para melhores conclusões.

**Palavras-Chave:** madeira, mandacaru, eucalipto, PEAD, compósito.

## ABSTRACT

This work is an initial study of the Mandacaru's utilization (*Cereus jamacareu* DC) as dispersed phase in polymeric composites for an application in Design area. The process of the composite samples had the mandacaru wood fiber in the form of granules were mixed with 59 HDPE (high density polyethylene) and the pure OREVAC in different concentrations. The physical, mechanical and morphological properties of composites with HDPE matrix and 20% and 40% Mandacaru wood were determined through traction, flexion, density determination, water absorption and Electronic Sweep Microscope (ESM) test.

The Mandacaru wood shows a porous structure that can influence in the composite weight. A comparative research between the utilization of the Mandacaru wood and the Eucalyptus wood in the composite was realized. The results indicated that Mandacaru wood doesn't interfere in material rigidity, and the increase of their concentration doesn't influence in the traction and in the resistance of the composites. There wasn't any change in the density composites by varying the type of wood. The absorption water results indicated that the wood chemistry composition can have influence on this property being necessary other researches to better conclusions.

**Keywords:** wood, mandacaru, eucalyptus, HDPE, composite.

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Composição química madeira de mandacaru de dois estados nordestino.....	16
Tabela 2 – Comparação da composição química do eucalipto e mandacaru.....	17
Tabela 3 – Formulações para processamento do compósito.....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mandacaru ( <i>Cereus jamacaru</i> DC.).....	2
Figura 2 – Desertificação.....	4
Figura 3 – Crescimento do mandacaru na caatinga.....	5
Figura 4 – Mandacaru se desenvolvendo em solo pedregoso.....	7
Figura 5 – Distribuição geográfica cactácea.....	8
Figura 6 – Flores do mandacaru.....	9
Figura 7 – Fruto do mandacaru.....	9
Figura 8 – Espinhos do mandacaru.....	10
Figura 9 – A Características do lenho de madeira de árvore – B características do mandacaru: LE (Lenho); CO (Córtex); ME (Medula); CT (Cutícula).....	11
Figura 10 – Mandacaru como forragem.....	12
Figura 11 – Cerca-viva de mandacaru – Senhor do Bonfim-Ba.....	12
Figura 12 – Espinhos do Mandacaru seguram a linha para bordado de belro-Rapoza-Maranhão.....	13
Figura 13 – Carranca confeccionada com madeira do mandacaru.....	13
Figura 14 – Marcenaria do Sr. Diomário (86 anos).....	13
Figura 15 – Tear confeccionado com o mandacaru extraído verde – secagem em 15 dias – Tanhaçu-Bahia (2013).....	14
Figura 16 – Ripa e caibros de madeira de mandacaru – Caimbé-Euclides da Cunha-Ba.....	14
Figura 17 – a) colar de prata – espinho de mandacaru e cristais Swarouski – Kalina Rameiro, b) peça de joia fabricada em prata e espinho de mandacaru – família Rabelo.....	15
Figura 18 – Talheres de prata e espinhos de mandacaru.....	15
Figura 19 – Uso do mandacaru na produção de cosméticos.....	16
Figura 20 – Extrusora dupla rosca.....	20
Figura 21 – Manejo do mandacaru – Castro Alves (2014).....	21
Figura 22 – Manejo do mandacaru – Castro Alves (2014).....	22
Figura 23 – Três amostras.....	22
Figura 24 – Retirada da casca.....	22
Figura 25 – Retirada da casca.....	23

Figura 26 – Amostra sem casca.....	23
Figura 27 – a) Corte da madeira do mandacaru com serra fita Horizontal.....	23
Figura 28 – Corte da madeira do mandacaru serra esquadria.....	24
Figura 29 – Amostras fatiadas com auxilio da serra esquadria-Dewalt.....	24
Figura 30 – Amostras fatiadas na estufa Palley.....	24
Figura 31 – Amostras processadas no moinho triturador.....	25
Figura 32 – Amostra processada na estufa Palley.....	25
Figura 33 – a) Amostras (kg), b) alimentação no canhão.....	27
Figura 34 – c) Processo de extrusão, d) tanque de resfriamento.....	28
Figura 35 – e) Tanque de resfriamento, f) fibra encaminha para o granulador.....	28
Figura 36 – g) granulador, h) pellets.....	28
Figura 37 – a) Injetora, b) corpo de prova compósito de mandacaru.....	29
Figura 38 – a) Testes de tração PEAD, b) compósito madeira do Eucalipto.....	30
Figura 39 – Testes de tração compósito mandacaru.....	30
Figura 40 – a) Testes de absorção do compósito do mandacaru, b) madeira do eucalipto, c) PEAD.....	31
Figura 41 – Morfologia da superfície da madeira do mandacaru.....	32
Figura 42 – Resistência a tração dos compósitos analisados.....	33
Figura 43 – Módulo elástico sob flexão dos compósitos analisados.....	33
Figura 44 – Densidade dos compósitos analisados.....	35
Figura 45 – Curva de absorção.....	36
Figura 46 – Micrografias de compósitos PEAD, farinha da madeira de eucalipto: a) 20% eucalipto; b) 40% eucalipto.....	36
Figura 47 – Micrografias de compósitos com PEAD, 40% de farinha de Eucalipto.....	37
Figura 48 – Micrografias de compósitos PEAD / farinha da madeira do mandacaru: a) 20% de mandacaru; b) 40% mandacaru.....	37
Figura 49 – Design de Produto – joia desenvolvida a partir do compósito .....	39

## **LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
DC.	De Candolle

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	2
2.1 Objetivo geral .....	2
2.2 Objetivos específicos .....	2
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	2
3.1 - Sustentabilidade e Tecnologia .....	5
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	6
4.1 - O Mandacaru (Cereus Jamacaru Dc.) .....	6
4.2 - Mandacaru – Lenho .....	10
<b>5. O MANDACARU E O SEU POTENCIAL</b> .....	10
5.1 - Aplicações.....	11
5.2 – Característica físico e química do mandacaru.....	15
<b>6. COMPÓSITO POLIMÉRICO</b> .....	16
6.1 – Compósitos reforçados com fibras .....	18
<b>7. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	20
7.1 MATERIAIS .....	20
7.1.1 Madeira de mandacaru.....	20
7.1.2 Madeira do eucalipto (Eucalyptus globulus).....	25
7.1.3 – Matriz - Pead (Polietileno de alta densidade).....	25
7.1.4 – Compatibilizante - Orevac Ca 167.....	26
7.2 - FORMULAÇÕES DOS COMPÓSITOS.....	26
7.3 - EXTRUSÕES DOS COMPÓSITOS .....	27
7.4 - INJEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	29
7.5 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS .....	29
7.5.1 - Propriedades mecânicas sob tração e flexão.....	29
7.5.2 - Absorção de água.....	30
7.5.3 – Densidade.....	31

7.5.4 – Microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	31
<b>8. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
8.1- MORFOLOGIA DO MANDACARU .....	31
8.2 - PROPRIEDADES MECÂNICAS .....	32
8.2.1 Densidade.....	34
8.2.2 - Absorção de água.....	35
8.4 O USO DO COMPÓSITO DE MANDACARU COMO MATERIAL NO DESIGN.....	38
<b>9. CONCLUSÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>40</b>
<b>11. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez progressiva de matérias-primas tem se tornado objeto de pesquisa para muitos cientistas, principalmente a madeira que está cada vez mais escassa, devido à extração inadequada, desmatamento e queimadas, ameaçando algumas espécies à extinção. Sendo assim, para o desenvolvimento deste trabalho, escolhe-se como material alternativo a substituição da madeira, a madeira do mandacaru por tratar-se de uma cactácea que pode multiplicar-se tanto pela propagação de sementes, quanto por estacas ou brotos, em áreas degradadas sem tratamento fitossanitário, e por suportar altas temperaturas, já que o processo de desertificação está cada vez mais se intensificando em regiões com grande escassez de água, por isso representa uma interessante matéria-prima para a preparação de compósitos poliméricos (TROLEIS et al, 2011).

O crescente interesse no uso de fibras naturais no meio científico, para preparação de compósitos poliméricos constitui uma alternativa de menor impacto ambiental, já que o Brasil tem se destacado na produção de fibras, tais como: juta, sisal, coco, piaçava, entre outros, porém existe uma grande escassez de estudos científicos sobre a madeira do mandacaru assim como a sua utilização em compósitos poliméricos (LEMOS, 2014).

Portanto, o desenvolvimento desse projeto possui como motivação, oportunidade da inovação a partir do uso da madeira do mandacaru como matéria-prima para desenvolvimento de um novo compósito polimérico.

Sendo assim, esse trabalho apresenta o desenvolvimento do compósito polimérico com uso de um novo material utilizando como elemento de reforço a madeira mandacaru (*Cereus jamacaru* DC) (Figura 01).

Figura 1 – Mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.)



Fonte: autora, Castro Alves-Bahia, 2013.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um compósito utilizando matriz polimérica e madeira do mandacaru.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar uma revisão bibliográfica do tema em questão;
- Realizar testes de caracterização das amostras do mandacaru (*Cereus jamacaru* DC);
- Avaliar o efeito da concentração da madeira de mandacaru em compósitos poliméricos;
- Caracterizar compósitos obtidos com madeira de mandacaru;
- Comparar propriedades de compósitos obtidos com madeira de mandacaru e madeira de eucalipto.
- Desenvolver produto a partir do compósito para aplicação no design industrial.

## **3. JUSTIFICATIVA**

Na caatinga, a extração irracional de árvore tem acelerado o processo de desertificação, degradando e fragilizando solos na região do semiárido que compreende a região do Nordeste, composta pelos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Maranhão, e norte de Minas Gerais. Esse processo vem cada vez mais acentuando o êxodo rural, a busca por uma vida melhor tem feito milhares de família desistir de suas terras e migrarem para as grandes cidades.

Américo (2009) afirma que em um cenário no qual são mostradas diariamente, nos diversos meios de comunicação, tragédias ocorrendo ao redor do mundo, e mudanças climáticas que parecem irreversíveis, a necessidade de desenvolvimento sustentável se faz obrigatório em todos os âmbitos. O contínuo desenvolvimento urbano e o progresso da industrialização através da história são seguidos de um aumento muito grande, e em velocidade muito rápida, da quantidade de produtos desenvolvidos e produzidos diariamente.

Esta ordem obedece assim ao apelo mercadológico, e consequentemente, causa danos graves ao meio ambiente, como o aumento da quantidade de lixo produzido, sem destinação adequada, e a retirada do meio ambiente de recursos naturais, sem o tempo necessário para que haja restituição destes.

Nessa visão, salienta a ONU (Organização das Nações Unidas) na Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação na Alemanha em 2008 que, até 2050, metade das áreas agrícolas cultiváveis no mundo poderão se tornar improdutivas devido à desertificação.

Figura 2 – Desertificação



Fonte:

<http://blogdaemaecologia.blogspot.com.br/2010/09/desertificacaoumperidoiminente.html>.

Ainda sobre a mesma discussão, segundo Conti (1989) citado por Troleis et al (2011) que a desertificação pode ser entendida, como conjunto de fenômenos que conduz determinadas áreas a se transformar em desertos ou a eles se assemelharem. Afirma que é resultante de mudanças climáticas determinadas por causas naturais ou pela pressão das atividades humanas sobre ecossistemas frágeis.

Troleis et al (2011) ainda afirma que no Brasil encontra-se áreas em avançados estágio de desertificação, como é o caso das regiões do semiárido (clima caracterizado pelo baixo índice pluviométrico), e compreende a região do Nordeste, sendo o Estado da Bahia um dos líderes em desmatamento da Caatinga entre os anos de 2002 e 2008, com mais de 4.500 km<sup>2</sup> de vegetação destruída. Isso é quase trinta vezes mais que o Estado de Sergipe, com 157 km<sup>2</sup> - o nono colocado na lista de desmatamento do Bioma Caatinga (CARDOSO, 2010).

Assim, o uso descontrolado das reservas naturais tem trazidos consequências desastrosas ao planeta, tais como: alterações climáticas ou aquecimento global, desequilíbrio de ecossistemas e desastres ambientais.

E, durante a abertura da conferência Eco-Debate, publicado em abril de 2010 - Germano Costa diretor do Instituto Nacional do Semiárido (Insa) cita que apostar em culturas xerófilas adaptadas à escassez de água, pode ser um dos caminhos, uma vez que a agricultura na região do semiárido é uma atividade de alto risco, pois historicamente, a cada dez anos se têm apenas dois anos de chuvas regulares.

Sendo assim, apostar em culturas xerófilas é a proposta do objeto de pesquisa desse projeto, o cacto MANDACARU (*Cereus jamacaru* DC.) que pode atingir até 10 m de altura, se desenvolvem em áreas mais secas da região do semiárido Nordestino, em solos rasos, pedregosos, em cima de rochas e se multiplicam regularmente.

Ainda cita a EMPARN (2007), que o plantio do mandacaru se dá por estacas, e se desenvolve em área de solo degradado (Figura 3), podendo

repovoar áreas onde não é mais possível o cultivo de lavoura, não necessita de irrigação, o cultivo deve ser feito antes do período chuvoso.

Figura 3 – Crescimento do mandacaru na caatinga



Fonte: <http://fatosefotosdacaatinga.blogspot.com.br/2012/10/crescimento-do-mandacaru-na-caatinga.html>.

### **3.1 - SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA**

Conforme Delgado (2011) uma sociedade não se baseia apenas em usar menos recursos naturais e preservar o meio ambiente. Sustentabilidade é um conceito sistêmico e deve abranger todos os campos do desenvolvimento humano.

Portanto, o uso do mandacaru como alternativa para o desenvolvimento de um novo composto polimérico, irá proporcionar a população da zona rural do semiárido, uma possibilidade de geração de renda, pois terão oportunidade de ampliar o plantio em terras que atualmente se encontram improdutivo, devido às altas temperaturas que assola a região do semiárido. Assim, a tecnologia a serviço do desenvolvimento sustentável irá proporcionar soluções para problemas do cotidiano, como geração de renda a partir da comercialização da madeira do mandacaru, reduzindo o êxodo rural.

A escolha do mandacaru se deu devido à sua característica de planta que suporta altas temperaturas, podendo reproduzir em solos degradados sem nenhum tratamento fitossanitário e que pode ser produzido de maneira ecológica e com responsabilidade socioeconômica. Nessa visão, a pesquisa apresenta uma nova aplicação para a madeira de mandacaru, e poderá

dinamizar economicamente regiões que estão em extrema pobreza, resultante da desertificação que assola a região do semiárido, promovendo geração de renda e o desenvolvimento sustentável na região, com o cultivo sustentável do mandacaru para comercialização da madeira como matéria-prima renovável.

Nesse contexto, o objetivo desse projeto é promover o uso da madeira do mandacaru como matéria prima para uso de desenvolvimento de compósito polimérico. E de promover mais alternativas aos tradicionais usados em larga escala, e de transformar oportunidades de novos materiais algo real para o desenvolvimento de novos compósitos poliméricos.

#### **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

##### **4.1 - O MANDACARU (CEREUS JAMACARU DC.)**

Conforme Davet (2005, p. 21)

O mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) é uma cactácea do Gênero *Cereus* pertence à subfamília *Cactoideae*, grupo *Cereoideae*; compreende plantas tipo árvore ou arbustos de hastes (talos) eretos e significa, tanto em grego quanto em latim, “tocha”, provavelmente devido ao formato de candelabro do primeiro cacto conhecido. O Gênero *Cereus* foi primeiramente descrito por Hermann, em 1698 e depois por Miller em 1754, e inclui 900 espécies publicadas.

Cavalcanti et al (2008) citam o mandacaru como uma planta da família das Cactáceas, também conhecida como dentre os nomes vulgares mais como: mandacaru, mandacaru-de-boi, manacaru, nhamandacaru, cardeiro, cardeiro-rajado, arumbeva e tuna. Do tupi “iamandaka-ru” – feixe de espinhos ou espinho.

Dias et al. (2008) caracterizam o mandacaru como uma planta extremamente rústica, cresce nas catingueiras arbóreas e em locais quase desprovidos de solos (Figura 4). De porte arbóreo, tronco grosso e ramificado com flores enormes e alvas que se abrem à noite (na época), seus ramos são irregulares dispostos em ângulo agudo com os eixos principais levemente curvados, dando a planta um aspecto de um candelabro, e exatamente por essa forma que pertence ao gênero *cereus*, palavra de origem latina que significa círio.

Figura 4 – Mandacaru se desenvolvendo em solo pedregoso



Fonte: autora, Castro Alves, 2014.

A família Cactácea está distribuída geograficamente segundo Davet (2005, p. 10), essencialmente nas Américas, conforme (Figura 5).

Figura 5 – Distribuição geográfica cactácea



Fonte:

<http://www.dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/1921/disserta?sequence=1>.

No Brasil, o mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) é uma cactácea abundante na região nordestina do Brasil, e ocorrem principalmente nos estados da Bahia, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Sergipe e Alagoas, do interior à costa – desde o nível do mar até 900m de altitude, segundo Lima (1996, citada pela REVISTA CAATINGA, 2007, p. 29).

Segundo Liberato (2008) o mandacaru é uma planta arborescente, podendo atingir 10 m de altura, suculentas, de caule lenhoso que varia de 15 a 30 cm de diâmetro, de cor verde-glaucos. Suas flores (Figura 6) são noturnas

com aproximadamente 26 cm de comprimento e 12 cm de diâmetro, frutos de cor avermelhado com polpa branca e sementes pretas (Figura 7) seus espinhos (Figura 8) podem ter coloração amarela, avermelhado ou castanho e chega a medir 20 cm de comprimento.

E ainda, conforme EMBRAPA em Tupi o nome mandacaru quer dizer feixe cheio de espinhos, em alusão aos espinhos que recobrem o caule. O caule tem vários lados, semelhante a um polígono, com ramificações e apresenta longos espinhos amarelos. As flores são grandes, brancas, numerosas e só se abrem durante a noite, quando são polinizadas por mariposas da família *Sphingidae*. Os frutos têm forma de baga espinhosa, de cor vermelha intensa com sementes pretas e miúdas, conforme (Figura 7). A floração ocorre nos meses de outubro e dezembro. Entre os meses de dezembro e janeiro acontece à frutificação, e a propagação da planta pode ser realizada por sementes ou por estacas do caule.

O caule é típico das xerófitas, plantas de solos secos, que assume a função fotossintetizante das folhas que estão transformadas em espinhos, com redução da transpiração, capaz de acumular amido em leucoplastas e água em grandes vacúolos, seu caule ainda contém fécula, com a qual se preparam pães, biscoitos, broas e mingaus utilizados na alimentação humana e os ramos, depois de queimados os espinhos, servem de alimento para os animais (bovinos, ovinos e caprinos). Em sua composição foram registrados 15,84% de água, 10,72% de proteína bruta, 1,04% de estrato etéreo, 45,52% de extrativos não nitrogenados, 16,22% de fibra bruta e 10,66% de resíduo mineral (EMBRAPA, 2009).

Figura 6 – Flores do mandacaru



Fonte: <http://www.pinterest.com/pin/88594317642521480/>

Figura 7 – Fruto do mandacaru



Fonte: autora, Castro Alves-Bahia, 2014.

Figura 8 – Espinhos do mandacaru



Fonte: autora, (2014).

Conforme a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) uma série de adaptações morfológicas e fisiológicas permite às cactáceas sobreviver em lugares pobres em nutrientes e sem água, sob intensa radiação solar e temperatura elevada.

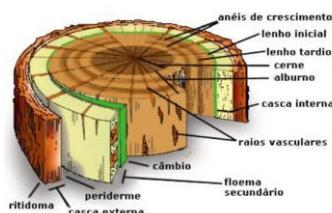
Segundo Tomazello Filho (2002) citado por Belini (2007, p. 16), o conhecimento das células e ou/ tecidos que formam o lenho das espécies arbóreas é básico para a caracterização da estrutura anatômica de suas madeiras. Essas células apresentam grande variação em sua forma, relacionadas com as atividades fisiológicas do lenho. Além da caracterização dos elementos anatômicos é importante determinar as dimensões e a disposição dos mesmos planos básicos de estudo da madeira, sendo que essas informações possibilitam estabelecer correlações com propriedades físico-mecânicas e utilização da madeira.

## 4.2 - MANDACARU – LENHO

A parte do mandacaru utilizada neste trabalho foi o lenho da planta. O Lenho é a parte do tronco de onde se extrai a madeira compreendida entre a casca e a medula - são características dos vegetais produtoras da madeira.

Figura 9 – a) Características do lenho de madeira de árvore – b) características do mandacaru: LE (Lenho); CO (Córtex); ME (Medula); CT (Cutícula).

### CARACTERÍSTICAS DO LENHO



a)



b)

Fontes: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/1921/disserta?sequence=1>  
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAppcAF/microscopia-coniferas>

Segundo Davet (2005, p. 24), o material fornecido pela EMBRAPA (Figura 9 b), está classificado em quatro partes: miolo, ou região vascularizada; lenho, região rígida anelar; córtex, correspondente à região de tecido parenquimatoso externo ao lenho; cutícula, correspondente à camada fina de cera que envolve toda a haste.

Sendo assim, a EMBRAPA classifica a região rígida anelar de LENHO – que se trata de uma característica dos vegetais produtoras da madeira.

## 5. O MANDACARU E O SEU POTENCIAL

O mandacaru por apresentar essas adaptações, que as possibilitam sobreviver em períodos de seca, traz grandes benefícios, pois é um vegetal de extrema importância para o bioma da caatinga, e se destaca por apresentar grande propriedade em uso, como: recurso de forragem para rebanhos, alimentação humana, cercas vivas, artesanatos, uso medicinal, feitura de portas, janelas, ripas, caibros, caixões, pequenas embarcações, molde de olaria, paisagismo, tecnológico: design de joias e produto, produção de cosméticos e perfumes.

## 5.1 - APLICAÇÕES

### a) Alimento de gado

No período de seca, o mandacaru é queimado e utilizado como alimento para o gado bovino, caprino e ovino (Figura 10). Mesmo sendo uma fonte de alimento para os animais, alguns agricultores não realizam o manejo sustentável, comprometendo a planta matriz, pois a queimada para a retirada dos espinhos é realizada no mesmo local, dificultando assim a recuperação das espécies.

Figura 10 – Mandacaru como forragem



Fonte: Fontes: <http://www.revistacaninde.com/2013/03/gado-em-caninde-de-sao-francisco-come.html>.

### b) Alimento humano

Em época de escassez de alimentos, o mandacaru se destaca como opção para alimento humano dos sertanejos, depois de retirados os espinhos cuidadosamente são preparados, segundo moradores da Comunidade Quilombola de Tucum-Tanhaçu-Bahia. Também utilizado como alimento, conforme Lucena et al (2012, p. 126) é o fruto (em fresco) e o miolo (assado, em fresco e como doce).

### c) Cerca-viva

A planta inteira é usada em construções de cerca-viva (Figura 11).

Figura 11 – Cerca-viva de Mandacaru, Senhor do Bomfim/Ba.



Fonte:

<http://aureliocarvalho.blogspot.com.br/2011/06/trilha-dos-saberes-no-05-de-junho2011.html>.

#### d) Artesanato

Com os espinhos as mulheres rendeiras usam como alfinetes nas almofadas (Figura 12).

Figura 12 – a) Espinhos mandacaru seguram a linha para bordado, b) Rendeiras de Bilro-Raposa-Maranhão



a)

b)

Fonte: <http://www.matraqueando.com.br/taq/raposa>.

Figura 13 – Carranca confeccionada com a “madeira” do mandacaru



Fonte: autora (2013).

e) Outros usos – caixões, portas, janelas, caibros, ripas, tear, olaria.

Figura 14 – Marcenaria do Sr. Diomário (86) anos



Fonte: autora, 2012.

Figura 15 – a) Tear confeccionado com o mandacaru extraído verde , b) rede confeccionado no tear de mandacaru - Alto do Paraíso-Tanhaçu-Bahia(2013).



a)

b)

Fonte: Autora, 2013

Figura 16 – a, b) Ripa e caibros de madeira de mandacaru - Caimbé-Euclides da Cunha-Bahia.



a)

b)

Fonte: Autora, 2014

f) Uso medicinal

Conforme Lucena et al (2012, p. 126), na categoria medicinal utiliza-se a raiz (de preferência do lado do nascente) como chá (decoção ou infusão) para

tratar problemas renais, inflamação e sinusite. Ou ainda, segundo *Scheinvar* (1985, p. 104, apud DAVET, 2005, p. 11) o uso medicinal popular; diz-se que as raízes e o caule são diuréticos e melhoram males do coração e que toda a planta é usada no combate ao escorbuto e nas afecções do aparelho respiratório - bronquites, tosse, catarro.

g) Uso tecnológico:

- Design joias.

Espinhos do mandacaru utilizados para desenvolvimento de joias, agregados a metais e cristais.

Figura 17 – a) Colar prata - espinho de mandacaru e cristais *Swarovski* – *Kalina Rameiro*, b) Peça de joia fabricada em prata com espinho de mandacaru – família Rabelo.



a)

b)

Fonte: <http://www.marqueterie.com.br/2013/11/cris-rosenbaum-comanda-feira-de-final-de-ano-na-rosenbaum/> - <http://crisantoteixeira.blogspot.com.br/2013/12/familia-rabelo-vocacionada-e-feliz-com.html>.

h) Produto de design

Figura 18 – Talhares de prata e espinho de mandacaru



Fonte: <http://therdesign.wordpress.com/page/2>

## i) Uso na cosmetologia

Produtos produzidos a partir do extrato de mandacaru.

Figura 19 – Uso do mandacaru na produção de cosméticos



<http://www.allezbeaute.com/loccitane-au-bresil-linha-mandacaru/>.

## 5.2 – CARACTERÍSTICA FÍSICO E QUÍMICA DO MANDACARU

Conforme Lima et al (2014, p. 4)

As caracterizações física e química do mandacaru na forma de pó foram determinadas por meio de análises realizadas no Laboratório de Análises de Tecido da Planta e no Laboratório de Análise de Alimentos, respectivamente; ambos pertencentes ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Campus Areia. Nesta fase foram determinados os compostos químicos presentes no mandacaru e características como matéria seca, umidade, cinzas, matéria orgânica, proteína bruta, fibras, celulose e lignina.

Logo, conforme caracterização descrito por Lima et al (2014, p. 4), estão relacionados na Tabela 1 os resultados obtidos por meio das análises físico-químicas realizadas para caracterizar a biomassa do mandacaru, de espécies coletadas em dois estados (RN e PB) na forma de pó. Observa-se que a madeira de mandacaru apresenta baixas concentrações de Celulose, de Hemicelulose e Lignina. Comparada com a madeira de eucalipto (Tabela 2), a madeira de mandacaru possui menor concentração de hemicelulose e celulose. Tanto a celulose como a hemicelulose é rica em grupos hidroxila, fazendo com que as fibras lignocelulósicas sejam hidrofílicas (polar) por natureza. Estes componentes são responsáveis pela afinidade da fibra com a água, visto que a lignina é hidrofóbica (SANTOS, 2012).

Tabela 1. Composição Química Madeira de Mandacaru de dois estados nordestinos.

Componentes	Mandacaru (RN)	Mandacaru (PB)
MS <sup>1</sup>	42,44%	43,27%
FDN <sup>2</sup>	20,27%	21,11%
FDA <sup>3</sup>	16,56%	14,06%
N-FDN <sup>4</sup>	0,32%	0,31%
HEM <sup>5</sup>	3,70%	7,04%
CEL <sup>6</sup>	13,69%	11,76%
LIG <sup>7</sup>	2,86%	2,29%

1 Matéria Seca; 2 Fibra em Detergente Neutro; 3 Fibra em Detergente Ácido; 4 Nitrogênio na Fibra em Detergente Neutro; 5 Nitrogênio na Fibra em Detergente Ácido; 6 Hemicelulose; 7 Celulose; 8 Lignina.

Fonte - adaptado de: [http://www2.unifesp.br/home\\_diadema/eba2014/br/resumos/R0120-1.PD](http://www2.unifesp.br/home_diadema/eba2014/br/resumos/R0120-1.PD).

Tabela 2 – Comparação da composição química do Eucalipto e Mandacaru\*

	Eucalipto	Mandacaru
Celulose	64,1%	12,8%
Lignina	0,8%	2,6%
Hemicelulose	18,3%	5,3%
Outros componentes	16,8%	79,3%

\*Considerou-se a média dos valores citados na Tabela 1.

Fonte: Targino, 2011, p. 34.

## 6. COMPÓSITO POLIMÉRICO

Conforme Callister (2012, p. 423) um compósito é um material multifásico que é feito artificialmente, em contraste com um material que ocorre ou que se forma naturalmente.

Para produzir uma nova geração de materiais, é possível combinar metais, cerâmicas e polímeros. Assim, a maioria dos compósitos são desenvolvidos para melhorar, através de combinações, algumas características mecânicas, tais como: rigidez, tenacidade e as resistências às condições do ambiente e a temperaturas elevadas.

Lemos (2014) cita que a utilização de compósitos está se tornando cada vez mais comum no mercado, pois originam materiais com propriedades melhores e adequadas a uma determinada aplicação. Assim, conforme o autor citado o emprego de fibras vegetais, além de ajudar na fragmentação dos compostos poliméricos descartados, reduz a quantidade de material polimérico utilizado na fabricação dos mesmos e oferecem a possibilidade de empregar maior valor agregado no produto final em razão da diminuição de custos de sua fabricação, sustentabilidade e renovação, especialmente na indústria, além de apresentarem um impacto ambiental reduzido durante o processamento.

Segundo Marinelli (2008), um grande interesse mundial pelos compósitos com fibras naturais tem surgido pelo desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem a utilização de produtos com menor impacto ambiental. Em especial os plásticos sintéticos tem recebido uma atenção especial principalmente pela sua dificuldade de reciclagem, gerando acúmulo em depósitos, lixões e na própria natureza.

Ainda conforme Marinelli (2008), a busca de uma solução para esse problema, várias pesquisas e trabalhos na área de compósitos poliméricos estão sendo realizados para garantir à preservação ambiental, em destaque são os com a utilização de fibras naturais, utilizadas "*in natura*" ou após beneficiamento. Essas se dividem em fibras de origem: animal, vegetal e mineral.

Mas, deve-se dá destaque ao uso da fibra natural de origem vegetal, em razão a enorme variedade de plantas disponíveis na biodiversidade, passíveis de serem pesquisadas, como é o caso do mandacaru (*cereus jamacaru* DC).

As fibras e cargas naturais vegetais originárias ou não de resíduos, utilizadas como modificadores de polímeros termoplásticos, conforme Marinelli (2008) são:

- Fibras do exterior: kenaf, fique e hemp;
- Fibras nativas brasileiras: coco, juta, sisal, rami, curauá, fibra de bagaço de cana de açúcar e soja;

- Resíduos de madeira: resíduo comercialmente designado farinha de madeira ou pó de madeira;
- Amidos;
- Casca de arroz, trigo e outros cereais.

Essas fibras naturais podem ser denominadas como fibras celulósicas, sendo que a celulose é o seu principal componente químico, ou ainda por fibras lignocelulósicas, considerando que a maioria das fibras contém lignina, sendo um polímero polifenólico natural. (MARINELLI, 2008).

## **6.1 – COMPÓSITOS REFORÇADOS COM FIBRAS**

Alguns compósitos são constituídos por apenas duas fases, uma é denominada matriz, a qual é contínua e envolve a outra fase, chamada de fase dispersa (CALLISTER, 2012).

Os compósitos mais importantes, conforme Callister (2012) são aqueles onde a fase dispersa está na forma de uma fibra, segundo o autor citado, os objetivos de projeto dos compósitos reforçados com fibra incluem, com frequência, alta resistência específica e módulo específico, os quais correspondem, respectivamente, às razões entre o limite de resistência à tração e o peso específico e entre o módulo de elasticidade e o peso específico.

Segundo Rosário (2005, apud Amorin, 2011, p. 46): “Compósitos em que a fase dispersa está em forma de fibra, são tecnologicamente mais importantes, pois possuem com frequência, uma alta resistência e/ou rigidez em relação à massa”. Características expressas em termos da resistência específica (razão entre o limite de resistência a tração e o peso específico) e o módulo específico (razão entre o módulo de elasticidade e o peso específico). Compósitos com reforço de fibras com resistência e módulos específicos bastante altos têm sido constantemente fabricados, com o uso de materiais de baixa massa específica da fibra e da matriz.

Ainda conforme Callister (p. 436, 2012), os compósitos com matriz polimérica consistem em uma resina polimérica como a matriz, com fibras

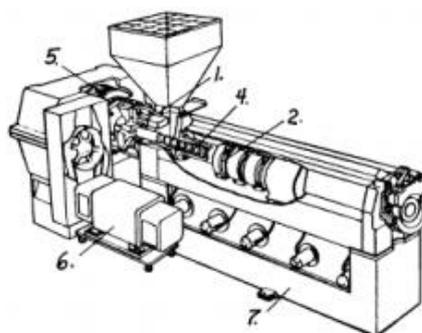
como o meio de reforço. Esses materiais são usados na maior diversidade de aplicações dos compósitos, assim como nas maiores quantidades, como consequência de suas propriedades à temperatura ambiente, da facilidade de fabricação e do custo.

A obtenção de produtos obtidos a partir de compósitos poliméricos geralmente envolve duas etapas: inicialmente o compósito é obtido a partir da mistura entre as fases durante o processo de extrusão e após obtenção do compósito este é injetado para obtenção do produto.

Conforme Lima et al (2014, p. 23 )

A extrusão é um processo contínuo que envolve o transporte, plastificação e mistura de um ou mais materiais. A extrusão é o tipo de processamento mais empregado nas indústrias de transformação de polímeros por ser um processo contínuo e de larga escala, além de ser um método de baixo impacto ambiental, uma vez que não usa solvente e nem gera resíduos. O processamento por extrusão permite que se faça a incorporação de aditivos, cargas e pigmentos em polímeros assim como a reciclagem dos mesmos. Uma extrusora pode ser mono ou dupla-rosca, ou contra-rotante e interpenetrante ou não-interpenetrante (Figura 20), uma extrusora dupla-rosca é mais adequada para a produção de materiais multicomponentes tais como blendas e compósitos devido ao maior cisalhamento gerado e promover uma melhor mistura entre os componentes presentes na formulação.

Figura 20 – Extrusora dupla-rosca



Fonte: [http://www2.unifesp.br/home\\_diadema/eba2014/br/resumos/R0120-1.PDF](http://www2.unifesp.br/home_diadema/eba2014/br/resumos/R0120-1.PDF)

1) Seção do canhão e da alimentação.

- 2) Mecanismos de calor-entrada-extração do canhão.
- 3) Sistemas de controle do canhão e da temperatura das substâncias (não mostrado).
- 4) Rosca ou parafuso.
- 5) Caixa de engrenagens e rolamento de pressão.
- 6) Movimentação.
- 7) Base.

Na outra etapa de processamento de produtos obtidos a partir de compósitos utiliza-se o processo de moldagem por injeção. Este tipo de processo é uma adaptação do processo de fundição sob pressão utilizada para metais leves e consiste em forçar o material plástico aquecido, por meio de um êmbolo em uma prensa-cilindro aquecida através de um bocal, até atingir o molde onde o material irá preencher as cavidades ali presentes (ARAÚJO, 2009, p 25).

## **7. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **7.1 MATERIAIS**

#### **7.1.1 MADEIRA DE MANDACARU**

As amostras da madeira do mandacaru foram colhidas no Município de Castro Alves-Bahia em 22 de junho de 2014. Para esse trabalho foram usadas amostras da mesma espécie – mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.) (Figura 20, 21), coletada no mesmo período, idade da espécie desconhecida, medindo aproximadamente 6,90 cm de altura. A amostra foi cortada aproximadamente 30 cm acima do solo – dessa foi retirada uma amostra de 1m e 54 cm, dividido em três partes de 60 cm, 50 cm e 44 cm. Foi usada a amostra para o desenvolvimento do compósito a de 50 cm de comprimento pesando 21,50 kg.

Figura 21 – Manejo do mandacaru – Castro Alves-Bahia, 2014.



Fonte: autora

Figura 22 – Manejo do mandacaru – Castro Alves-Bahia, 2014



Fonte: autora

Depois de coletas, foi retirada a casca (Figura 24, 25) utilizando uma faca, martelo e uma ponteira.

Figura 23 – Três amostras



Fonte: autora, 2014

Figura 24 – Retirada da casca



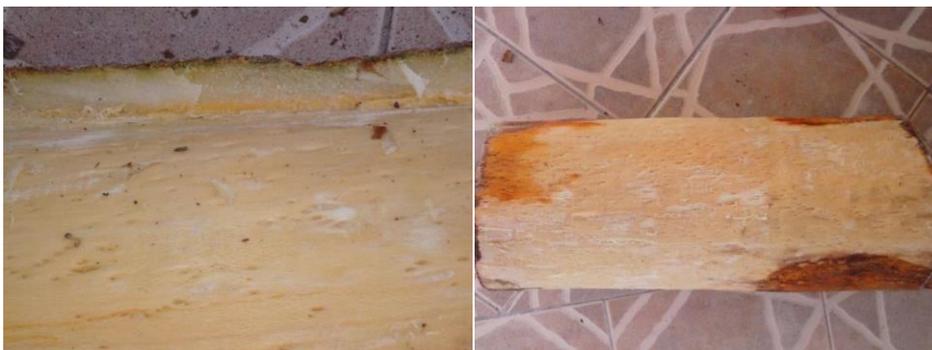
Fonte: autora, 2014

Figura 25 – Retirada da casca



Fonte: autora, 2014

Figura 26 – Amostra sem casca



Fonte: autora

As amostras foram levadas para a Ferramentaria – Cimatec-Senai, onde com o uso da serra fita horizontal – marca Franho, foi cortada na posição radial em vários tamanhos (Figura 27 – a, b), em seguida na Oficina Theoprax, com uma serra esquadria de marca Dewalt, as amostras tiveram cortes tangenciais em pequenos pedaços (Figura 29) para que em seguida pudesse ser triturados.

Figura 27 – a) Corte da madeira do mandacaru com serra fita horizontal. b) serra esquadria.



a)

b)

Fonte: autora, 2014.

Figura 28 – Corte do mandacaru serra esquadria



Fonte: autora, 2014

Figura 29 – Amostras fatiadas com auxílio da serra esquadria - Dewalt



Fonte: autora, 2014

As amostras depois de fatiadas, foram para a Estufa Palley (Laboratório de Polímero-Cimatec/Senai) sob temperatura de 100°C no período de aproximadamente 24 horas (Figura 30).

Figura 30 – Amostras fatiadas na Estufa Palley



Fonte: autora, 2014.

A etapa seguinte, as amostras fatiadas foram processadas no Moinho Triturador – marca Mecanofar (Figura 31).

Figura 31 – Amostras processada no moinho Triturador – marca Mecanofar



Fonte: autora, 2014

Depois de trituração o material voltou para a estufa Palley com temperatura de aproximadamente 100°C, onde permaneceu por aproximadamente 24 horas para retirada de umidade (Figura 32).

Figura 32 – Amostras processada na estufa Palley



Fonte: autora, 2014

Como matriz do compósito foi utilizado o PEAD (polietileno de alta densidade) e para promover a adesão entre as fases, polímero e fibra, foi utilizado um compatibilizante de nome comercial OREVAC.

#### **7.1.2 MADEIRA DO EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)**

O resíduo de madeira do eucalipto foi disponibilizado pela Venturoli. Conforme a Venturoli - O eucalipto tem excelentes características físico-mecânica e ganha longa durabilidade com o tratamento industrial (Autoclave) e normatizado. Ele é indicado para vigas, caibros e peças estruturais.

A madeira de eucalipto caracteriza-se pela sua alta densidade e durabilidade, assim como pelas suas boas propriedades mecânicas e resistência ao impacto. A madeira de eucalipto é classificada como madeira dura, por ser proveniente de uma folhosa.

#### **7.1.3 – MATRIZ - PEAD (Polietileno de alta densidade)**

Como matriz dos compósitos desenvolvidos, utilizou-se o polietileno de alta densidade de grade comercial IA-59. Conforme ficha técnica do fabricante, a resina IA-59 é um homopolímero, produzida pelo processo solução, para moldagem por injeção. Pode apresentar elevada rigidez e resistência ao impacto, associando boa processabilidade e baixo empenamento. Contém aditivo antioxidante (FICHA TÉCNICA BRASKEM, 2007).

### 7.1.4 – COMPATIBILIZANTE - OREVAC CA 167

Utilizou-se como compatibilizante o Orevac CA 167, este aditivo é produzido em polímeros à base de anidrido maléico para compatibilização de polietileno e partículas de madeira a ser utilizado especificamente em compósito de matriz termoplástica e partículas de madeira. Sua concepção tem como objetivo proporcionar melhor adesão entre as fases do compósito.

### 7.2 - FORMULAÇÕES DOS COMPÓSITOS

O processamento do compósito foi realizado no Laboratório de Polímero do CIMATEC/SENAI. As amostras com fibra da madeira do mandacaru e de eucalipto em forma de grânulo foram misturadas com PEAD 59 puro e com o OREVAC em diferentes concentrações.

Foram processadas as seguintes formulações:

Tabela 3. Formulações para processamento do compósito.

FORMULAÇÕES				
	POLÍMERO	MANDACARU	EUCALIPTO	COMPATIBILIZANTE
PURO	100%	-	-	-
F1	78%	20%	-	2%
F2	56%	40%	-	4%
F3	78%	-	20%	2%
F4	56%	-	40%	4%

### 7.3 - EXTRUSÕES DOS COMPÓSITOS

Foram produzidos, em extrusora dupla rosca, compósitos com matriz termoplástica e duas concentrações de madeira de mandacaru e eucalipto.

A extrusão foi realizada no Laboratório de Polímero – Cimatec/Senai, numa extrusora dupla rosca co-rotante. Nas condições de processamento de extrusão, conforme processamento abaixo:

- Perfil de temperatura: Z1 e Z2 = 140°C; Z3= 145°C; Z4= 155°C; Z5 e Z6= 160°C; Z7 e Z8 = 155°C; Z9= 160°C; Z10 = 155°C e Z11=155°C.
- Rotação da rosca (rpm): 130

As imagens abaixo mostram o processo de extrusão desde a alimentação das fibras na extrusora, passando pelo tanque de resfriamento ao granulador, para depois serem pesadas, armazenadas e para em seguida ser injetada.

Figura 33 – a) amostras (kg) / b) alimentação no canhão.



a)



b)

Figura 34 – c) Processo de extrusão / d) tanque de resfriamento



c)



d)

Figura 35 – e)Tanque de resfriamento / f) fibra sendo encaminhada para o granulador



e)



f)



g)



h)

Figura 36 – g) granulador / h) Pellets

#### 7.4 - INJEÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Depois de realizado o processo de extrusão, o material extrudado foi moldado por um processo conhecido como moldagem por injeção (Figura 37) para confecção dos corpos de prova.

Figura 37 – a) Injetora / b) corpo de prova compósito de mandacaru



Fonte: autora (2014)

Antes da injeção, os compósitos foram secos em estufa palley (Laboratório de Polímero-Cimatec/Senai) sob temperatura de 80°C , no período de aproximadamente 24 horas. As fibras foram injetadas numa Injetora Romi de Modelo Primax – 100R. As condições de injeção estão descritas abaixo.

- Pressão de injeção: Variando em 700 e 1000Bar
- Temperatura da massa: Variando em 150° a 190°C
- Volume injetado: 50 cm<sup>3</sup>
- Tempo de ciclo: Variando de 50 a 55 s.

## 7.5 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPÓSITOS

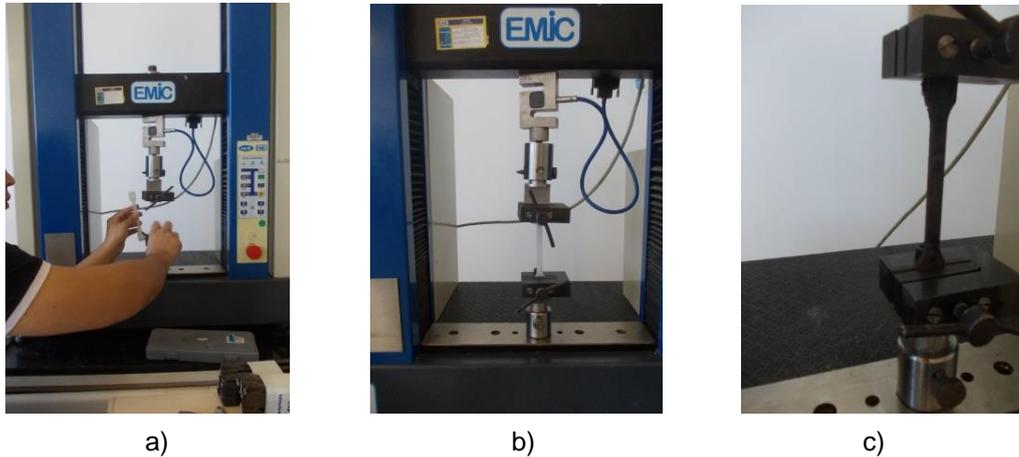
Os compósitos com mandacaru e o eucalipto foram caracterizados através das propriedades mecânicas sob tração, flexão. Determinou-se também a densidade e a capacidade de absorção de água e avaliou-se a morfologia dos compósitos através de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

### 7.5.1 - PROPRIEDADES MECÂNICAS SOB TRAÇÃO E FLEXÃO

Os testes de tração e flexão foram realizados em Máquina Universal de ensaios EMIC (figura 38), modelo DL 2000, de acordo com Norma ISO 527 para tração e ISO 178 para flexão.

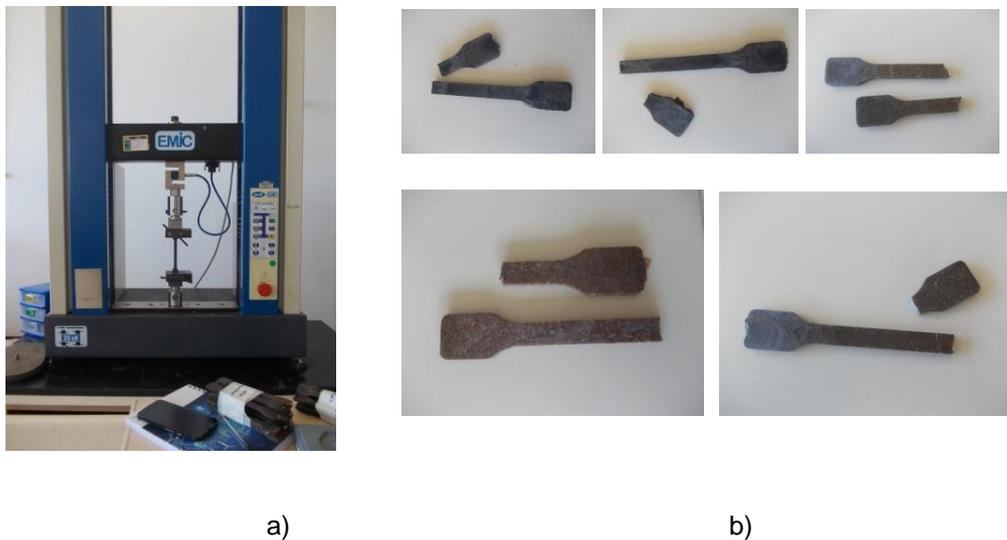
Para realização dos testes de tração e flexão, foram utilizados 5 amostras de corpo de prova do PEAD, compósito de madeira 20% e 40%, compósito de mandacaru 20% e 40%, com procedimentos e dimensões especificados pela Norma ISO 527.

Figura 38 – a, b) Testes de tração PEAD, c) eucalipto



Fonte: autora (2014).

Figura 39 – a) Testes de tração compósito do mandacaru, b) corpo de prova rompido



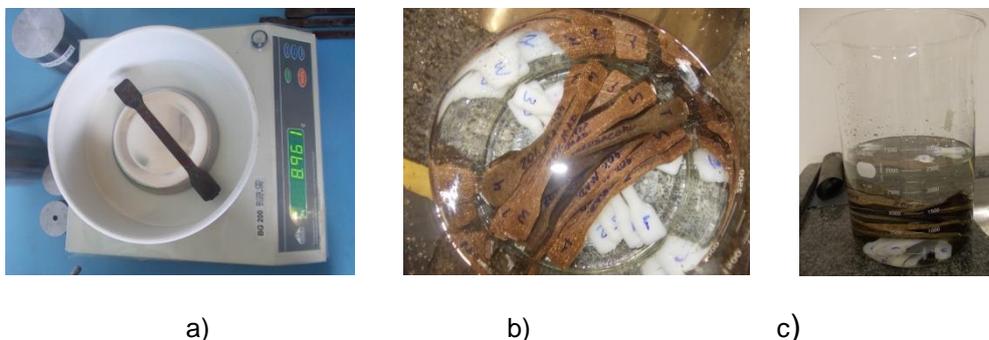
Fonte: autora (2014).

### 7.5.2 - ABSORÇÃO DE ÁGUA

Foram realizados os testes de absorção nas amostras: PEAD, compósito de eucalipto com 20% e 40% e do compósito do mandacaru 20% e 40%, conforme (figura 40).

Os corpos de prova foram medidos, pesados e imersos em água destilada (temperatura ambiente).

Figura 40 – a, b, c) Testes de absorção compósito do mandacaru/ eucalipto e PEAD



Fonte: autora (2014).

### 7.5.3 – DENSIDADE

A metodologia para a determinação de densidade foi determinada de acordo com a Norma 792, seguindo o princípio de Arquimedes. Equipamento utilizado DSL 910 – Medidor de Densidade.

### 7.5.4 – MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A morfologia do mandacaru e da superfície de fratura dos compósitos foi caracterizada através de microscopia eletrônica de varredura. Utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV) da marca Joel, modelo JSM-6510LV.

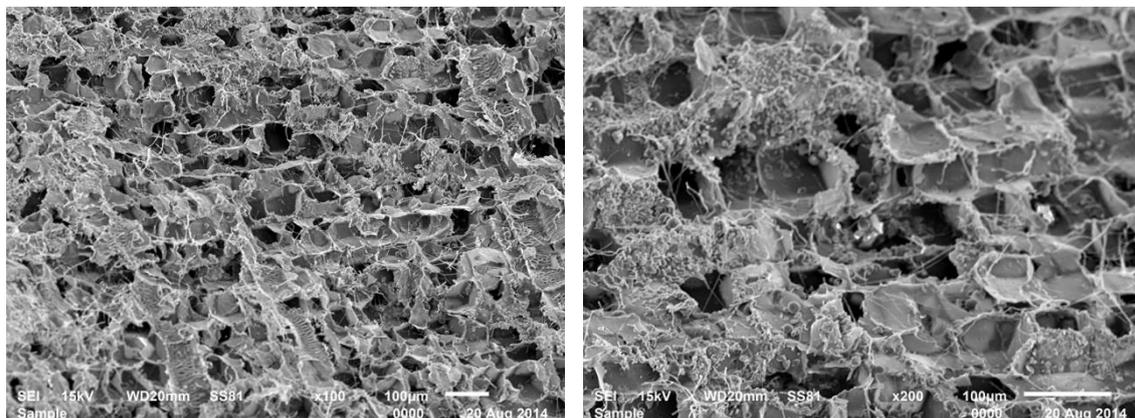
## 8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 8.1 MORFOLOGIA DO MANDACARU

Não foram encontradas na bibliografia trabalhos que relacionam a madeira de mandacaru com a produção de compósitos poliméricos. Sendo assim, por se tratar de um trabalho pioneiro, realizou-se uma análise morfológica da madeira de mandacaru antes da produção dos compósitos utilizando um microscópio eletrônico de varredura.

Através da microscopia é possível observar que a madeira de mandacaru apresenta uma superfície porosa, com vazios de tamanhos relativamente regulares, o que pode alterar a densidade da fibra e consequentemente do compósito analisado.

Figura 41 – Morfologia da superfície da madeira de mandacaru

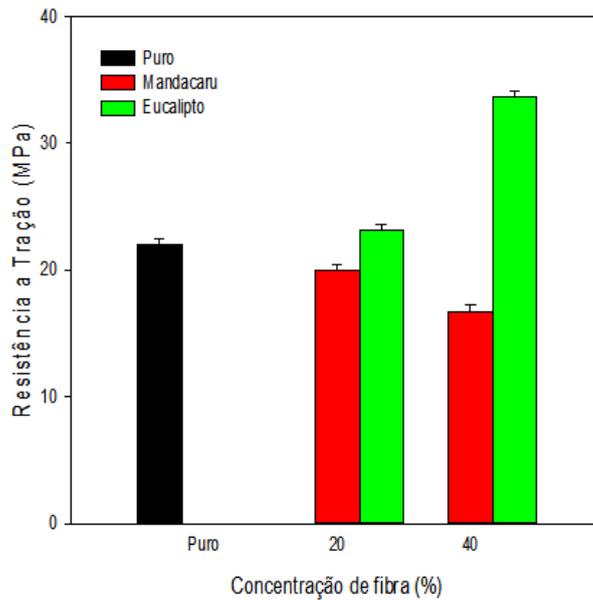


## 8.2 - PROPRIEDADES MECÂNICAS

Na Figura 42 temos os resultados de Resistência a Tração para o polímero puro e as formulações estudadas. Verifica-se que os compósitos com mandacaru apresentam resistência inferior aos compósitos com eucalipto. Quando comparado com o polímero puro, existe uma redução de 10% da resistência a tração do compósito com 20% de mandacaru. Para o compósito com 40% esta redução é de 27%.

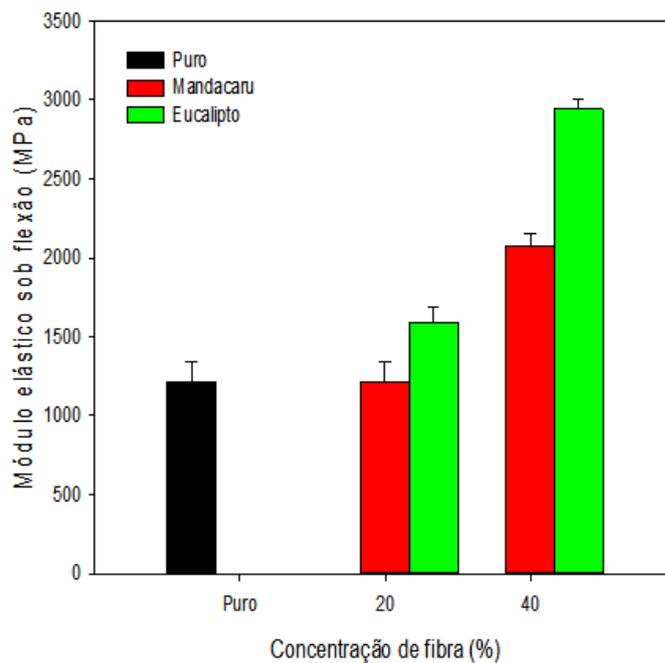
Os compósitos com eucalipto apresentam resistência a tração superior ao polímero puro e aos compósitos com mandacaru. A formulação com 40% de eucalipto apresentou um acréscimo de 50% na resistência a tração quando comparado com o polímero puro. Possivelmente, a presença do compatibilizante não tenha sido eficaz nos compósitos com mandacaru, a interface entre as fases foi fraca não ocorrendo o ancoramento e consequentemente reduzindo as propriedades mecânicas.

Figura 42 – Resistência a tração dos compósitos analisados



A Figura 43 apresenta o Módulo elástico sob flexão das formulações analisadas.

Figura 43 – Módulo elástico sob flexão dos compósitos analisados



Observa-se que a rigidez dos compósitos com eucalipto é maior que o polímero puro e dos compósitos de mandacaru. O compósito com 20% de

mandacaru apresenta um aumento de 8% no módulo elástico quando comparado ao polímero puro. Com 40% de mandacaru esta propriedade é 36% maior que o polímero puro.

Com eucalipto verifica-se um aumento de 113% no módulo elástico da formulação com 40% de madeira quando comparada ao polímero puro. Este comportamento pode está associado à rigidez da fibra.

O módulo elástico é uma medida indireta da rigidez do material. Quanto maior o módulo elástico menor a deformação sofrida pelo material quando submetido a alguma tensão mecânica. Partículas de elevada rigidez, quando adicionadas em uma matriz polimérica, durante a produção de um compósito, pode restringir a mobilidade e a deformação da matriz resultando no aumento da rigidez e do módulo elástico do material (AZEVEDO, 2013).

Como observado na morfologia da fibra de mandacaru (Figura 39), esta apresenta uma estrutura porosa com vazios que podem contribuir para a redução da rigidez do material.

De maneira geral, as propriedades mecânicas analisadas indicam que os compósitos com mandacaru não são tão rígidos como os compósitos com eucalipto. No entanto, a resistência à tração não foi influenciada pelo aumento de concentração da fibra nos compósitos de mandacaru. O que pode indicar que o mandacaru seja apenas uma carga de enchimento, ou seja, aumenta a rigidez e não melhora as propriedades mecânicas.

A adição de 20% de mandacaru não influenciou significativamente as propriedades dos compósitos quando comparado com o polímero puro. Com 40% de mandacaru já existe uma variação mais significativa das propriedades.

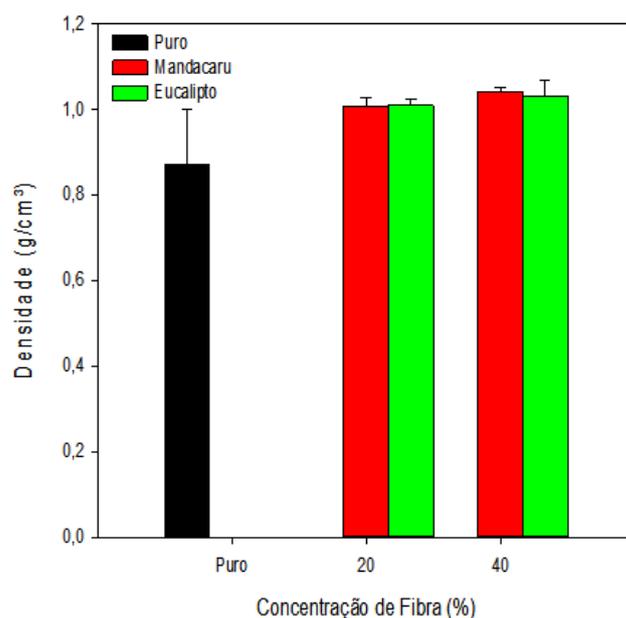
### **8.2.1 DENSIDADE**

A Figura 44 mostra os resultados obtidos na determinação de densidade dos compósitos analisados. Verifica-se um aumento de densidade nos compósitos quando comparado com o polímero puro, este aumento foi de aproximadamente 15% para todas as formulações analisadas. Não existe diferença significativa entre a densidade dos compósitos com madeira de

eucalipto e madeira de mandacaru nas duas concentrações de fibras analisadas.

Devido à estrutura morfológica apresentada pelo mandacaru esperava-se uma densidade menor para os compósitos com esta fibra. Estudos aprofundados sobre a composição da fibra devem ser realizados futuramente para complementar esta análise.

Figura 44 - Densidade dos compósitos analisados.



### 8.2.2 - ABSORÇÃO DE ÁGUA

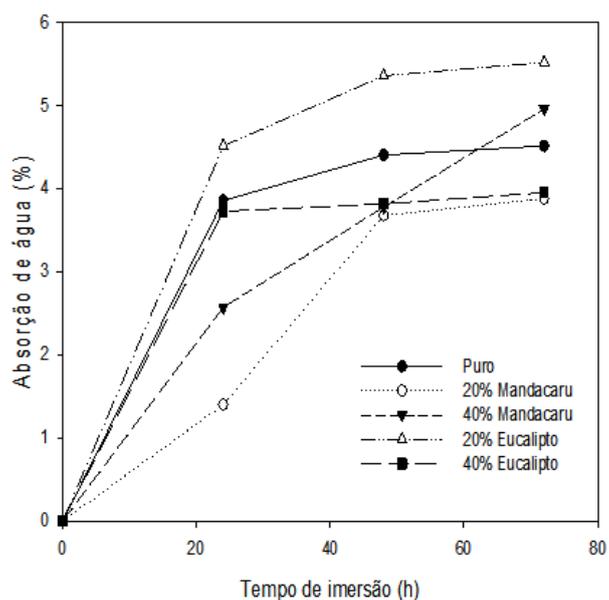
A Figura 45 mostra a Curva de Absorção, Absorção de água (%) x Tempo de imersão (h) dos compósitos analisados. O compósito com 20% de madeira de eucalipto foi o que mais absorveu água chegando a 5,5% em 2 dias. A amostra com 40% de eucalipto absorveu 45 de água e saturou no primeiro dia de ensaio.

As amostras com 20% mandacaru apresentaram uma absorção de 3,8% sendo que, assim como o compósito com 20% de farinha de madeira, saturou também em 48 horas. O compósito com 40% de madeira de mandacaru não saturou no tempo do ensaio, atingindo em 72 horas uma absorção de 5%.

Este comportamento não era o esperado, os compósitos com maior concentração de fibra deveriam ter apresentado maior absorção de água devido ao caráter hidrofílico que as fibras naturais possuem.

A menor absorção de água observada nos compósitos com madeira de mandacaru deve-se a baixa concentração de celulose e hemicelulose presente na madeira de mandacaru como apresentado na Tabela 2 da Seção 5.2.

Figura 45 – Curva de Absorção



### 8.3 - MICROSCOPIA ELETRÔNICA POR VARREDURA (MEV)

As Figuras 46 a 48 apresentam as fotomicrografias dos compósitos de PEAD com madeira de eucalipto e madeira de mandacaru.

Figura 46 - Micrografias de compósitos PEAD/Farinha de madeira de eucalipto: a) 20% eucalipto; b) 40% eucalipto.

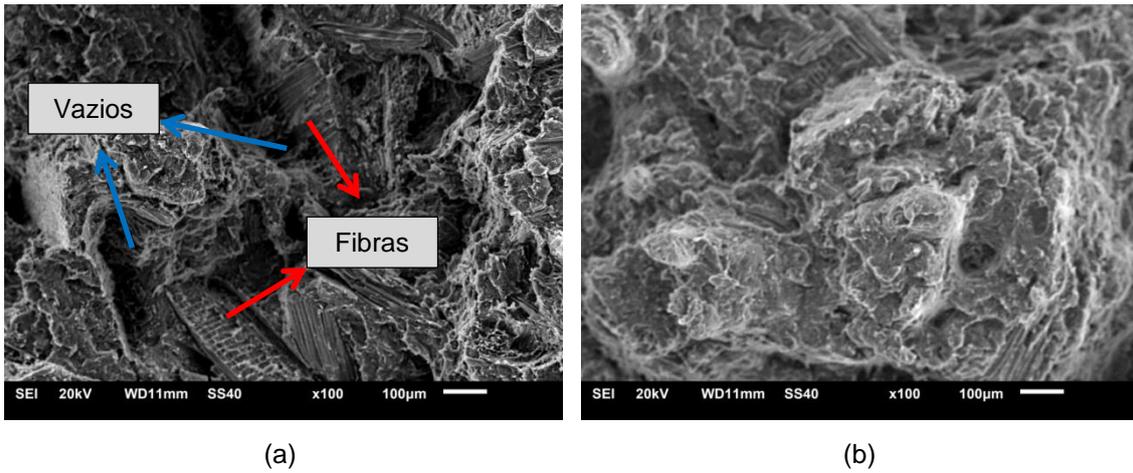


Figura 47 – Micrografias de compósitos com PEAD/40% de Farinha de Eucalipto.

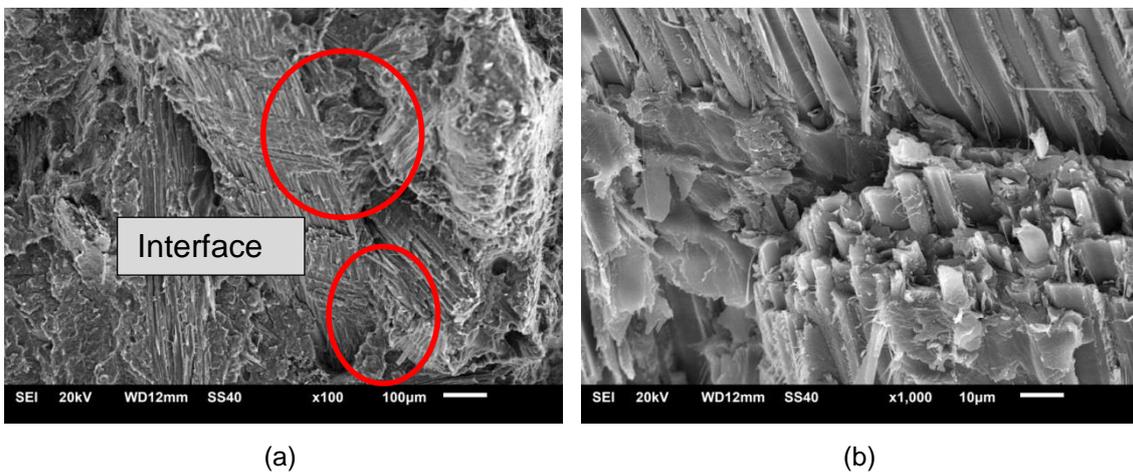
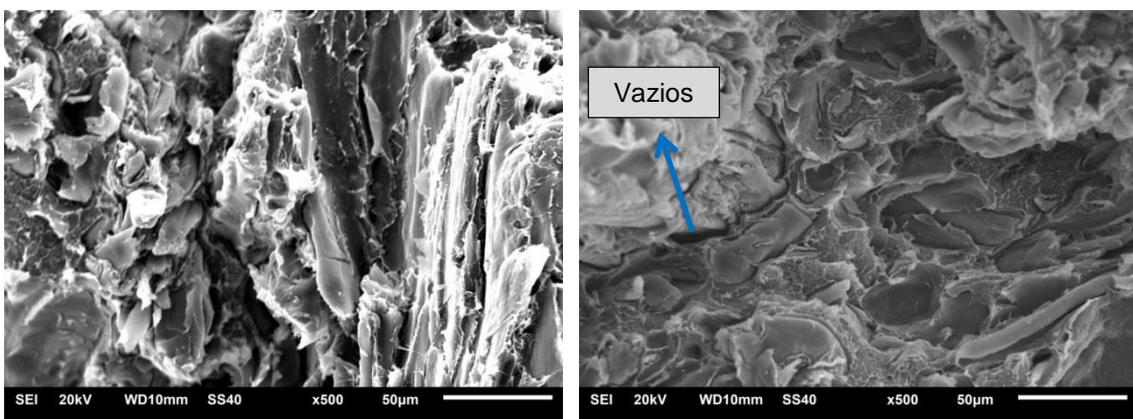


Figura 48 - Micrografias de compósitos PEAD/Farinha de madeira de mandacaru: a) 20% Mandacaru; b) 40% Mandacaru.



Analisando-se as micrografias de uma forma geral, observa-se a presença de vazios com conseqüente fraca adesão entre as fibras e a matriz

polimérica, mesmo com a inclusão do anidrido maleico. Apenas na composição com 40% de eucalipto observa-se uma boa adesão entre as fases (Figura 47), nesta composição verifica-se um bom ancoramento entre o polímero e a fibra o que resultou em melhores propriedades mecânicas. Nesta composição foi observado um acréscimo de 50% na resistência a tração quando comparado com o polímero puro.

Os compósitos com madeira de mandacaru (Figura 48) apresentam uma melhor distribuição. No entanto, a interface entre as fases é fraca. Observa-se uma maior concentração de vazios, o que pode está associado à composição química da fibra de mandacaru (menor teores de hidroxilas), impedindo um efeito mais eficaz do compatibilizante.

#### **8.4 - O USO DO COMPÓSITO DE MANDACARU COMO MATERIAL NO DESIGN**

O compósito de mandacaru pode ser uma alternativa viável de material sustentável para aplicação ao design industrial. É um exemplo de material alternativo, pois possui diversas aplicações possíveis e ainda não exploradas no design de produto. É um material sustentável, o que significa que pode ser produzido de maneira ecológica e com responsabilidade socioeconômica.

O compósito pode ser utilizado em diversas aplicações em produtos de design, podendo ser explorada a qualidade estética do material para fabricação de joias,(Figura 49 a, b) e sua aplicação como produtos artesanais (Figura 49 c).

Portanto o compósito de mandacaru abre uma série de possibilidade para substituição de materiais para design de joias com forte apelo estético, com requinte e modernidade.

Figura 49 – (a), (b), (c) Joias desenvolvidas a partir do compósito mandacaru extrudado



Fonte: autora (2015)

## 9. CONCLUSÕES

A microscopia da madeira de Mandacaru mostrou que o material apresenta uma estrutura porosa.

A caracterização das propriedades mecânicas dos compósitos com Mandacaru mostrou que o aumento da concentração da madeira de Mandacaru resulta no aumento da rigidez do compósito. No entanto, a resistência à tração não foi influenciada, indicando que a madeira de Mandacaru pode atuar como uma carga de enchimento.

O estudo comparativo das propriedades dos compósitos com Madeira de Mandacaru e Madeira de Eucalipto mostraram melhores resultados para os materiais obtidos com Eucalipto. Este resultado pode ter sido influenciado pela composição química das madeiras e a afinidade como anidrido maleico, utilizado como agente de compatibilização entre as fases.

A densidade dos compósitos não é influenciada pelo tipo de madeira ou concentração.

De maneira geral, em uma análise comparativa entre o mandacaru, eucalipto e o PEAD puro, verificou-se que existe vantagem do uso da fibra do mandacaru como carga de enchimento, devido o mandacaru possui excelentes características como fácil crescimento, fácil cultivo e manejo, baixo custo. Este compósito ainda pode ser amplamente explorado na substituição de outros materiais, como por exemplo, para produção de joias.

## **10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

O mandacaru é um material possuidor de ricas propriedades ainda pouco exploradas, o campo para estudos é bastante amplo e abrangente. Este trabalho pode ser visto como um ensaio que comprova as inúmeras possibilidades de uso da madeira do mandacaru e deixa um campo aberto para futuros estudos de forma aprofundada.

Tendo como base os resultados obtidos e os aspectos observados durante essa pesquisa sugerem-se:

- Explorar e ampliar os estudos relacionados à sua composição química (madeira);
- Realização de teste de impacto, o que não ocorreu durante o período de caracterização do material;
- Ampliar os estudos do mandacaru como fibra de reforço para compósitos com polímeros testando outras matrizes e compatibilizantes;
- Estudos sobre a fabricação de produtos em escala industrial podem contribuir para um maior incentivo ao uso deste material, proporcionando o desenvolvimento sustentável para a região do semiárido.

## 11. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de. *Caatinga – Biodiversidade e qualidade de vida*. 2001. Disponível em:

<[http://www.etnobotanicaaplicada.com.br/pt/livros/Caatinga\\_Biodiversidade\\_Qualidade\\_de\\_Vida.pdf](http://www.etnobotanicaaplicada.com.br/pt/livros/Caatinga_Biodiversidade_Qualidade_de_Vida.pdf)>. Acesso 15 nov. 2013.

AMÉRICO, Leandro. Eco-Design e a Utilização de Materiais Alternativos Renováveis: o Bambu e sua Inter-relação com o Design. 2009. 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (II SBDS). São Paulo. Disponível em:

<<http://portal.anhemi.br/sbds/anais/SBDS2009-018.pdf>>. Acesso: ag. 2014.

AMORIM, Gustavo. Síntese e caracterização mesoporosos de sílica. 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás.

AQUINO, Regina - Desenvolvimento de compósitos de fibras de piaçava da espécie *attalea funifera* mart e matriz de resina poliéster. 2003. Tese (Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense – Uenf Campos dos Goitacazes – Rio de Janeiro. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/pdf/po/v20n3/aop\\_0539.pdf](http://www.scielo.br/pdf/po/v20n3/aop_0539.pdf)>. Acesso mar. 2015.

ARAÚJO, Joyce Rodrigues de. Compósitos de Polietileno de Alta Densidade Reforçados com Fibra de Curauá obtidos por Extrusão e Injeção. 2009. Tese (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Química Inorgânica. Campinas. Disponível em:

<<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/000470731.pdf>>. Acesso: 07 dez. 2014.

AZEVEDO, Joyce Batista. Desenvolvimento e caracterização de compósitos PBAT – amido/casca de arroz. 2013. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia.

BATISTA, Alberto, et al. - Estudo de Identificação dos Produtos Tradicionais com Tipicidade e Potencialidades Econômicas. 2008. Disponível em:

<<http://www.cetrad.info/static/docs/documentos/115.pdf>>. Acesso 20 nov.2013.

BELLINI, Ugo Leandro. Caracterização e alterações na estrutura anatômica da madeira do eucalyptus grandis em três condições de desfilamento de painéis MDF. 2007. Dissertação (Mestrado Recursos Florestais). Universidade de São Paulo.

CALLISTER, William Jr. - Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2012.

CARDOSO, José Romero Araújo. Desertificação no semiárido. 2010. Eco-Debate - Cidadania & Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/>>. Acesso: 05 fev. 2015.

CAVALCANTI, Nilton de Brito. RESENDE, Geraldo Milanez de. Consumo do mandacaru (cereus jamacaru p. Dc.) por caprinos na época da seca no semi-árido de Pernambuco. 2016. Revista Caatinga (UFERSA). Disponível em: <<file:///C:/Users/Jacqueline/Downloads/99-374-1-PB.pdf>>. Acesso: 19 mar. 2015.

CONTI, José Bueno. O conceito de desertificação. 2009. EcoDebate Cidadania & Meio Ambiente. São Paulo. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br/2009/07/11/o-conceito-de-desertificacao-artigo-de-jose-bueno-conti/>. Acesso: 31 maio 2014.

DAVET, Aline. Estudo Fitoquímico e Biológico do Cacto – Cereus Jamacaru De Candolle, Cactaceae. 2005. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/1921/disserta?sequence=1>>. Acesso: 24 jul. 2014.

DELGADO, Patricia Santos. “O bambu como material eco-eficiente: caracterização e estudos exploratórios de aplicações”. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) REDEMAT.

DIAS, Suellen Lisboa; et al. Avaliação Mineral do Mandacaru com e sem Espinhos. 2008. II Congresso Norte-Nordeste de Química. Disponível em:

<<http://www.annq.org/congresso2008/resumos/Resumos/T48.pdf> >. Acesso: 19 nov. 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/>>. Acesso em 20 nov. 2013.

EMPARN - Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte. Utilização e manejo do xique-xique e mandacaru como reservas estratégicas de forragem. 2007. Documento 33. Natal-RN. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000017722.PDF>>. Acesso: 01 abril 2015.

GONÇALVES, Fabrício Gomes; et al. Estudo de Algumas Propriedades Mecânicas da Madeira de um Híbrido Clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. 2009. Revista *Árvore*. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010067622009000300012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010067622009000300012&script=sci_arttext)>. Acesso: 23 nov. 2013.

LEMONS, Alessandra Luiza de. MARTINS, Ricardo M. Desenvolvimento e Caracterização de Compósitos Poliméricos à Base de Poli(Ácido Lático) e Fibras Naturais. 2014. Revista *Polímeros*. Disponível em: <<http://revistapolimeros.org.br/doi/10.4322/polimeros.2014.047>>. Acesso 07 out. 2014.

LIBERATO, Maria Cândida. Estudo taxonômico de plantas do jardim botânico tropical. Dicotiledóneas dialipétalas de ovário ínfero. 2013. Revista de Ciência Agrária. Disponível em: <<http://www.scielo.oces.mctes.pt/pdf/rca/v31n1/v31n1a22.pdf>>. Acesso: 21 nov. 2013.

LIMA et al. - Utilização do Mandacaru (*Cereus jamacaru*) como Biomassa Adsorvente de Gasolina Presente em Corpos d'água. 2014. Encontro Brasileiro sobre Adsorção – Guarujá - São Paulo. Disponível em: <[http://www2.unifesp.br/home\\_diadema/eba2014/br/resumos/R0120-1.PDF](http://www2.unifesp.br/home_diadema/eba2014/br/resumos/R0120-1.PDF)>. Acesso em: 3 de março 2015.

LUCENA, C.M.; Costa, G.M.; Sousa, R.F.; Carvalho, T.K.N.; Marreiros, N.A.; Alves, C.A.B.;Pereira, D.D.; Lucena, R.F.P. Uso e conhecimento de cactáceas no município de São Mamede (Paraíba, nordeste do Brasil). 2012. BioFar - Revista de Biologia e Farmácia. Disponível em: <<http://sites.uepb.edu.br/biofar/download/v-especial-2012/USO%20E%20CONHECIMENTO%20DE%20CACT%3%81CEAS%20N%20MUNIC%3%8DPIO%20DE%20S%3%83O%20MAMEDE%2018-08-2012.pdf>>. Acesso: 30 de abr. 2015.

L'OCCITANE em Provence. Linha Mandacaru. Disponível em: <<http://br.loccitane.com/mandacaru,43,2,38222,0.htm>>. Acesso: 14 set. 2013.

MARINELLI, Alessandra L. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. 2008. Scielo Brasil. São Carlos-São Paulo. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v18n2/a05v18n2>>. Acesso 11 março 2015.

MENDES, Benedito Vasconcelos. Uma Estratégia de Desenvolvimento Sustentável para o Nordeste. Projeto Áridas. Disponível em: <<http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/attachments/597/%81ridasGT1144USOECONSERVA%3%87%3%ODABIODIVERSIDADE.pdf>>. Acesso: 03 out. 2013.

MENEZES, Edith Oliveira. Informações, causas da seca, regiões atingidas, foto, falta de chuvas, problemas – Seca no Nordeste. Disponível em: <[http://www.suapesquisa.com/geografia/seca\\_nordeste.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/seca_nordeste.htm)>. Acesso: 15 nov. 2013.

MORAES, José Nilton , DRUMOND, Marcos Antônio – Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Mandacaru. 2009. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma\\_caatinga/arvore/CONT000g79856tg02wx5ok0wtedt39zqb403.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g79856tg02wx5ok0wtedt39zqb403.html)>. Acesso 28 agost. 2014.

NUNES, Juracy. Mandacaru, um remédio paliativo. 2012. Eco Debate – Cidadania & Meio Ambiente. Disponível em:

<<http://www.ecodebate.com.br/>>. Acesso: 22 dez. 2012

PEREIRA, Magnum de Sousa; NOGUEIRA, Fuad Pereira; SENA, Liana Maria Mendes. Produção e plantio de mudas nativas da caatinga através de sementes. 2009. Ceará. Disponível em:

<<http://www.acaatinga.org.br/wp-content/uploads/2010/09/Cartilha-producao-mudas1.pdf>>. Acesso 18 nov. de 2013.

REVISTA DA MADEIRA - Características Intrínsecas da Madeira, ed. 59 - 2001

Disponível em:

<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=4&subject=Caracter%EDsticas&title=Caracter%EDsticas%20Intr%EDnsecas%20da%20Madeira](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=4&subject=Caracter%EDsticas&title=Caracter%EDsticas%20Intr%EDnsecas%20da%20Madeira)>. Acesso janeiro 2016.

RUDIO, Franz Victor. Introdução de Pesquisa Científica. 15 ed. Petrópolis. Vozes, 1990.120 p.

SILVA, Aline de Oliveira; et al. Caracterização físico química da polpa e casca de frutos do mandacaru (*Cereus jamacaru*). Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB. Disponível em:

<[http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/Poster\\_761.pdf](http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/Poster_761.pdf)>. Acesso: 05 set. 2013.

SILVA, Emanuel da Silva; et al. Plantar árvores para colher fruto. 2011. Groecologia na Barborema. Disponível em:

<<http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2011/11/Cartilha-Plantar-%C3%A1rvores-para-colher-o-futuro.pdf>>. Acesso 27 nov. 2013.

SANTOS, Z. I. G. Estudo do comportamento de fratura em compósitos polímero/madeira (WPC's) através do método EWF. Tese de doutorado. Departamento de Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Campina Grande, 2012.

TARGINO, Amorim Neto. Estudo de Compósitos Poliméricos Biodegráveis de Poli-hidroxitirato (phb), poli  $\epsilon$ -caprolactona (pcl) e pó de madeira). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial, 2011.

TROLEIS, Adriano Lima. SANTOS, Ana Cláudia Ventura dos. Estudos do Semiárido. 2ª ed. Natal-RN. Editora da UFRN. 2011. Disponível em: [http://sedis.ufrn.br/bibliotecadigital/site/pdf/geografia/Est\\_Sem\\_Livro\\_WEB.pdf](http://sedis.ufrn.br/bibliotecadigital/site/pdf/geografia/Est_Sem_Livro_WEB.pdf)> Acesso junho 2015.