

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

JESSYKA MEIERJÜRGEN MELO

CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO PRODUZIDO COM DIFERENTES  
FRAÇÕES DE PÓ DE MADEIRA E POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

São Paulo

2015

JESSYKA MEIERJÜRGEN MELO

CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITO PRODUZIDO COM DIFERENTES  
FRAÇÕES DE PÓ DE MADEIRA E POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia de Materiais.

Prof. Dr. Mauro Cesar Terence.

São Paulo

2015

M528c Melo, Jessyka Meierjürgen

Caracterização de compósito produzido com diferentes frações de pó de madeira e polietileno de alta densidade. / Jessyka Meierjürgen Melo - 2015.

57f.: il., 30 cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Materiais) –  
Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo,  
2015.

Orientação: Mauro Cesar Terence

Bibliografia: f. 54-57

1. PEAD. 2. Pó de madeira. 3. Compósitos. I. Título.

CDD 620.192

JESSYKA MEIERJÜRGEN MELO

CARACTERÍSTICAS DE COMPÓSITO PRODUZIDO COM DIFERENTES  
FRAÇÕES DE PÓ DE MADEIRA E POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE

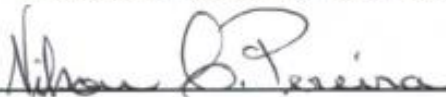
Dissertação apresentada à Universidade  
Presbiteriana Mackenzie como requisito parcial  
para a obtenção do título de Mestre Profissional  
em Engenharia de Materiais.

Aprovado em 15 de junho de 2015.

  
BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Mauro César Terence - Orientador  
Universidade Presbiteriana Mackenzie



---

Prof. Dr. Nilson Casimiro Pereira  
Universidade Presbiteriana Mackenzie



---

Prof. Dr. Valdir Canavel  
Faculdades Integradas de Guarulhos

Aos meus pais, Francisco Neri Melo e Roswitha Meierjürgen, por sempre apoiarem as minhas decisões, me ensinarem e estarem comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Mauro Cesar Terence, por todos os ensinamentos durante essa pesquisa.

Aos meus pais, Francisco e Roswitha, pois se não fossem por eles não teria me tornado o que sou hoje.

As minhas irmãs, Jhoryka e Rommy, e ao meu marido, Thiago Nogueira de Rezende, por sempre estarem comigo.

À empresa DuPont do Brasil, por doar todo polietileno de alta densidade (PEAD) utilizado neste trabalho.

Ao Antônio Carlos Pacobello, por doar toda madeira utilizada neste trabalho.

Aos técnicos do laboratório Luís Henrique Silveira e Abner Cabral, pela disposição em todos os momentos.

Aos professores do Mestrado Profissional em Engenharia de Materiais da Universidade Presbiteriana Mackenzie que contribuíram para a minha formação acadêmica.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo destacar o estudo de desenvolvimento de compósito polimérico responsável com o meio ambiente e com o crescimento da reciclagem de materiais, a partir da utilização de polietileno de alta densidade (PEAD) com pó de madeira de eucalipto, proveniente da fabricação de móveis. O estudo iniciou a partir de uma pesquisa bibliográfica onde foram analisados os principais fatores que envolvem o tema em questão, destacando o conceito de polímero, das fibras sintéticas, a presença do pó de madeira, seus compósitos a fim de identificar e conhecer o problema em questão. O estudo desenvolveu-se a partir de ensaios mecânicos, morfológico e reológico, dos compósitos com as concentrações de 5, 10 e 20% de madeira em relação à matriz polimérica, a fim de caracterizar e comparar os materiais obtidos. Notou-se que durante os estudos as amostras com pó de madeira apresentaram maior desempenho mecânico comparado a amostra de PEAD puro. Baseado neste contexto, este estudo foi desenvolvido visando assim analisar as possibilidades frente a produção do compósito de PEAD a partir de diferentes concentrações de pó de madeira.

Palavras-Chave: PEAD; pó de madeira; compósitos.

## ABSTRACT

The present work aimed to highlight the study of polymeric composite development to be responsible with the environment and with the growth of the recycling of materials, from the use of high-density polyethylene (HDPE) with eucalyptus wood dust from the manufacturing furniture. The study started from a literature search where were analyzed the factors involving the subject in question, highlighting the concept of polymer, synthetic fibers, wood dust presence, and composites to identify and understand the problem in issue. Mechanical, morphological and rheological tests were done with composites with concentrations of 5, 10 and 20% of wood dust in relation to the polymer matrix in order to characterize and compare the obtained materials. It was noted that during the study samples with wood dust had higher mechanical performance compared to pure HDPE sample. Based on this context, this study was developed to analyze the possibilities ahead so the production of HDPE composite from different wood dust fractions.

Keywords: *HDPE; wood dust; composites.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1	Fórmula química do PE .....	17
Figura 2	Obtenção do PE - polimerização do etileno .....	18
Figura 3	Fibra de seda obtida do bicho da seda. ....	19
Figura 4	Fibra de algodão .....	20
Figura 5	Formação de tecido através dos fios de trama e de urdume .....	22
Figura 6	Não-Tecido.....	22
Figura 7	Algumas das aplicações do Tyvek®.....	23
Figura 8	Símbolos de embalagem plástica.....	29
Figura 9	PEAD em formato de rolo .....	30
Figura 10	Durômetro do Tipo Shore D .....	39
Figura 11	Geometria e Dimensões Típicas para Ensaio de Tração .....	42
Figura 12	Micrografia do PEAD puro (33x).....	52
Figura 13	Micrografia do PEAD puro (500x).....	52
Figura 14	Micrografia do PEAD com 5% de pó de madeira (200x) .....	53
Figura 15	Micrografia do PEAD com 10% de pó de madeira (170x) .....	53
Figura 16	Micrografia do PEAD com 10% de pó de madeira (450x) .....	54
Figura 17	Micrografia do PEAD com 20% de pó de madeira (30x) .....	54
Figura 18	Micrografia do PEAD com 20% de pó de madeira (150x) .....	55

## LISTA DE FOTOGRAFIA

Fotografia 1	PEAD em formato de rolo.....	31
Fotografia 2	Bandejas com Pó de Madeira (estufa) .....	31
Fotografia 3	Pedaços de Tyvek® em Tamanho Mediano.....	32
Fotografia 4	Pedaços de Tyvek® em Tamanho Pequeno .....	32
Fotografia 5	PEAD Aglutinado.....	33
Fotografia 6	PEAD com 5% de pó de madeira aglutinado .....	33
Fotografia 7	PEAD com 10% de pó de madeira aglutinado .....	34
Fotografia 8	PEAD com 20% de pó de madeira aglutinado .....	34
Fotografia 9	Equipamento de moinho de facas .....	35
Fotografia 10	Grupo de amostras após moagem .....	35
Fotografia 11	Máquina Injetora ROMI 65R.....	36
Fotografia 12	Equipamento Tinius Olsen Extrusion Plastometer .....	37
Fotografia 13	Amostras do grupo 0%.....	38
Fotografia 14	Equipamento universal Q-Test 65.....	40
Fotografia 15	Equipamento Tinius Olsen .....	40
Fotografia 16	PEAD com 20% de pó de madeira usado no ensaio de tração.....	41
Fotografia 17	Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) .....	43
Fotografia 18	Fratura encontrada nas amostras .....	48

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Comparação dos Resultados do Ensaio de Índice de Fluidez .....	44
Gráfico 2	Comparação dos Resultados do Ensaio de Dureza.....	45
Gráfico 3	Valores de Resistência à Flexão (MPa) .....	47
Gráfico 4	Comparação dos Resultados do Ensaio de Impacto.....	48
Gráfico 5	Tensão máxima.....	50
Gráfico 6	Alongamento na ruptura.....	50
Gráfico 7	Módulo de Young .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição dos grupos de amostras .....	33
Tabela 2	Perfil de temperaturas .....	36
Tabela 3	Valores Médios do Ensaio de Índice de Fluidéz.....	44
Tabela 4	Valores Médios do Ensaio de Dureza .....	45
Tabela 5	Valores Médios do Ensaio de Flexão .....	46
Tabela 6	Valores Médios do Ensaio de Resistência ao Impacto.....	47
Tabela 7	Valores Médios do Ensaio de Tração.....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS

EPI	Equipamento de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MFI	<i>Melt Flow Index</i>
MDF	<i>Medium density fiberboard</i>
MM	Massa molar
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PELBD	Polietileno linear de baixa densidade
PEUAPM	Polietileno de ultra alto peso molecular
PEUBD	Polietileno de ultra baixa densidade
PET	Poli(tereftalato de etileno)
PIB	Produto Interno Bruto
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Poli(cloreto de vinila)
TNT	Tecido não-tecido
WPC	<i>Wood plastic composites</i>
WWF	<i>Wood waste flour</i>

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	OBJETIVOS .....	15
1.1.1.	<b>Objetivo Geral</b> .....	15
1.1.2.	<b>Objetivo Específico</b> .....	15
2.	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
2.1	POLÍMEROS .....	16
2.1.1	<b>Termorrígidos</b> .....	16
2.1.2	<b>Termoplásticos</b> .....	16
2.1.3	<b>Polietileno (PE)</b> .....	17
2.1.4	<b>Polietileno de alta densidade (PEAD)</b> .....	18
2.2	FIBRAS TÊXTEIS .....	19
2.2.1	<b>Fibras naturais</b> .....	19
2.2.2	<b>Fibras sintéticas</b> .....	20
2.2.2.1	Tecido não-tecido .....	21
2.3	PÓ DE MADEIRA.....	24
2.3.1	<b>Eucalyptus Grandis</b> .....	25
2.4	COMPÓSITOS .....	26
2.4.1	<b>Compósito de madeira e PEAD</b> .....	26
2.5	RECICLAGEM.....	27
2.5.1	<b>Tipos de reciclagem</b> .....	28
2.5.2	<b>Símbolos de reciclagem</b> .....	28
3.	<b>MATERIAS E MÉTODOS</b> .....	30
3.1	MATERIAIS .....	30
3.2	MÉTODOS .....	31
3.2.1	<b>Preparação dos Corpos de Prova</b> .....	34
3.2.2	<b>Índice de Fluidez</b> .....	36
3.2.3	<b>Ensaio de Dureza</b> .....	38
3.2.4	<b>Ensaio de Flexão</b> .....	39
3.2.5	<b>Ensaio de Resistência ao Impacto</b> .....	40
3.2.6	<b>Ensaio de Tração</b> .....	41
3.2.7	<b>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</b> .....	42

4.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	44
4.1	ÍNDICE DE FLUIDEZ .....	44
4.2	ENSAIO DE DUREZA .....	45
4.3	ENSAIO DE FLEXÃO .....	46
4.4	ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO.....	47
4.5	ENSAIO DE TRAÇÃO .....	49
4.6	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	52
5.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
6.	<b>SUGESTÕES</b> .....	57
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a grande quantidade de materiais de difícil degradação tem provocado sérios problemas ambientais, sociais e legais, e a busca de tecnologia considerada ecologicamente correta (produtos menos poluentes e impactantes) tem se tornado uma grande preocupação.

Segundo Golveia (2012) o aumento de resíduos está diretamente relacionado ao aumento do consumo e da criação de novos materiais sintéticos. Ou seja, a quantidade de resíduo gerado está diretamente associada ao crescimento populacional, aumentando assim a geração de lixo. Além disso, com a criação de materiais sintéticos e o desenvolvimento de novos produtos com estruturas complexas e comumente não degradáveis cada vez mais nota-se que os materiais apresentam um alto potencial de agressão ao meio ambiente e ao homem.

Segundo a norma NBR-10004/04 os resíduos sólidos e semissólidos são resultados das atividades provenientes da comunidade, podendo ser de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, entre outros. Também incluem resíduos provenientes de sistemas de tratamento de água, os quais são considerados inviáveis para o lançamento em rede pública.

Os polímeros sintéticos e os naturais modificados têm contribuído muito para a poluição ambiental, principalmente quando se refere aos danos causados pelos resíduos urbanos. Desse modo, ao invés de se desenvolver um novo polímero, que pode ou não apresentar as propriedades desejadas, pesquisas e desenvolvimento vêm sendo direcionadas para a modificação de polímeros já existentes, resultando em compósitos poliméricos, através da incorporação de cargas. (KARLA, DILMA, 2007)

Atualmente, produtos feitos de materiais reciclados oferecem resistência, durabilidade e rentabilidade equivalente àqueles feitos de materiais virgens. As fibras, por exemplo, podem servir de reforço para os compósitos, contribuindo para a resistência mecânica do material. A utilização do pó de madeira e plástico na confecção de novos produtos ecológicos surge como uma forma de solucionar o problema do acúmulo de resíduos, pois além de eliminar sua propriedade de agente



impactante e poluente, transforma um produto que antes era resíduo em matéria prima para a indústria, agregando valor ao mesmo. (KARLA, DILMA, 2007)

A produção de novos materiais com reutilização de resíduos é considerada como uma nova tendência, explica Yamaji (2004), pois se trata de produtos ecologicamente corretos, os quais reduzem o custo de produção e conseqüentemente aumenta o número de interessados. Mas principalmente porque o mesmo visa o reaproveitamento de resíduos, aplicados em diversas possibilidades de materiais, contribuindo assim para a redução do desperdício, diminuição do impacto ambiental e valorização da própria matéria prima.

No entanto, para que isso realmente seja possível, deve-se estudar e ensaiar novas opções que possam substituir os materiais sem a perda da qualidade no produto final. A variedade de materiais que podem ser combinados para a produção de compósitos é imensa.

O compósito de plástico-madeira ou, em inglês, *wood plastic composites* (WPC), popularmente conhecido como madeira plástica, é um material sólido com uso idêntico aos da madeira fabricado a partir da reciclagem de vários tipos de polímeros e é conhecido há muitos anos. É utilizado o pó da madeira como carga para estes polímeros. O pó de madeira, além de diminuir o custo do material, é uma solução que respeita o meio ambiente, ajuda a eliminar o lixo plástico e desmatamento desnecessário das florestas. Quando a fibra natural promove um caráter de reforço para os materiais termoplásticos, o desempenho desse material é melhorado. (CASTRO, OLIVEIRA, 2006)

Frente a este contexto, este estudo teve como objetivo caracterizar mecânica, reológica e morfologicamente o compósito polimérico utilizado a partir de polietileno de alta densidade (PEAD) e pó da madeira de eucalipto.

## **1.1 OBJETIVO**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste estudo é obter e caracterizar mecânica, reológica e morfologicamente o compósito polimérico, a partir de:

- Polietileno de alta densidade (PEAD), fornecido pela empresa DuPont do Brasil localizada na cidade de Barueri (SP). Disponível no mercado como equipamento de proteção individual (EPI) e com o nome de DuPont™ Tyvek®.
- Pó de madeira de Eucalyptus Grandis, fornecido pela empresa Marcenaria Fartura localizada na cidade de São Sebastião da Gramma (SP).

### **1.1.2. Objetivo Específico**

Como objetivos específicos para este estudo será realizado:

- Estudo das propriedades dos compósitos poliméricos de PEAD e pó de madeira de eucalipto nas concentrações de 5, 10 e 20%;
- Avaliar as possibilidades técnicas de produção e as vantagens do compósito polímero.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. POLÍMEROS

A palavra polímero vem do grego (poli é muitos, mero é partes) e significa repetição de muitas unidades de um composto químico. A reação química que conduz a formação de polímeros é a de polimerização (CANEVAROLO, 2002).

Quanto ao seu comportamento térmico, os polímeros são divididos em dois grupos: termorrígidos e termoplásticos.

#### 2.1.1 Termorrígidos

Os polímeros termorrígidos (ou termofixos) são materiais que uma vez fundidos não podem ser moldados novamente, impossibilitando a sua reciclagem mecânica.

Normalmente, são materiais mais duros quando comparados aos termoplásticos (CHOI, RUDIN, 2015).

A baquelita (resina de fenol-formaldeído), material utilizado na produção de cabo de frigideira, é um exemplo de plástico termorrígido (duro e não condutor térmico) (MCMURRY, 2012).

#### 2.1.2 Termoplásticos

Segundo Fonseca (2005) os polímeros termoplásticos se fundem e, por meio de processos reversíveis, podem ser reprocessados várias vezes pelo mesmo ou diferente processo de transformação, tornando-os recicláveis. Esta é considerada a principal vantagem frente a sua aplicação.

Como exemplos, podem ser citados: polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), poli(cloreto de vinila) (PVC), poliestireno (PS), polipropileno (PP), poli(tereftalato de etileno) (PET) (MANO, 2001).

Estes polímeros apresentam propriedades que, aliadas com sua grande diversidade de aplicações, aumenta cada vez mais o seu consumo (SPINACÉ & PAOLI, 2005).

No item 2.1.3 será caracterizado o PEAD, bem como suas vantagens para aplicação deste estudo.

### 2.1.3 Polietileno (PE)

Conforme Kotz, Treichel e Weaver (2005), polietileno (ou polieteno) é quimicamente o polímero mais simples. Para melhor compreensão deste contexto, este polímero pode ser representado pela cadeia  $(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n$ , como destacado na Figura 1.

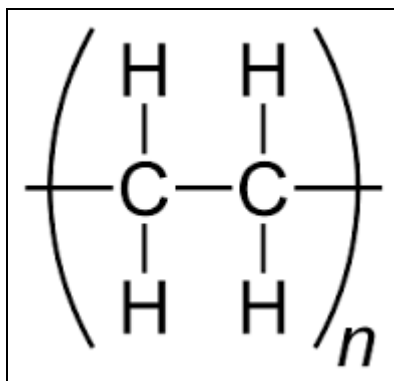


Figura 1: Fórmula química do PE.

Fonte: Kotz; Treichel; Weaver (2005, p. 455).

Segundo Coutinho et. al. (2003), o PE é considerado parcialmente cristalino, flexível, cujas propriedades são acentuadamente influenciadas pela quantidade relativa das fases amorfa e cristalina. É também um dos plásticos mais usados na indústria e obtém-se pela polimerização do etileno (ou eteno).

O processo de polimerização do etileno é representado através da Figura 2.

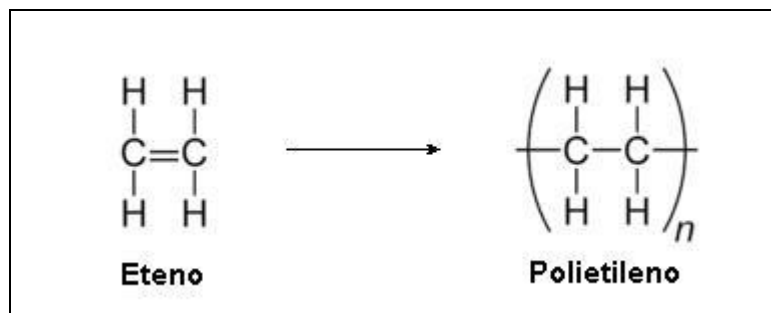


Figura 2: Obtenção do PE (polimerização do etileno).

Fonte: Coutinho et. al. (2003, p. 57).

O polietileno é largamente utilizado devido às suas características estruturais e suas propriedades consideradas diferenciadas (COUTINHO, et al., 2003).

Cinco tipos diferentes de polietileno podem ser produzidos:

- Polietileno de baixa densidade (PEBD);
- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- Polietileno linear de baixa densidade (PELBD);
- Polietileno de ultra alto peso molecular (PEUAPM);
- Polietileno de ultra baixa densidade (PEUBD) (CORRÊA, GONÇALVES, 2014).

#### 2.1.4 Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

Atualmente diversos pesquisadores vem trabalhando sobre formas de controle da degradação do PEAD durante seu processo. Sua degradação ocorre em qualquer estágio, ou seja, desde o início de sua produção até o seu descarte final. (DE PAOLI, 2008).

A linearidade das cadeias e a alta densidade do PEAD fazem com que a sua orientação e o empacotamento das cadeias sejam mais eficientes. Com isso, as forças de Van der Waals (intermoleculares) agem com mais intensidade e a sua cristalinidade é maior, comparado com o PEBD (MCMURRY, 2012).

Devido a sua cristalinidade, o PEAD é translúcido e mais duro e resistente, comparado com o PEBD que, por ser menos cristalino, é transparente e mais flexível (LOPES, LOPES, 2009).

O PEAD é utilizado em segmentos da indústria de transformação de plásticos, abrangendo os processamentos de moldagem por sopro, extrusão e moldagem por injeção. Pelo processo de injeção, o PEAD é utilizado na produção de brinquedos, potes e baldes, assentos sanitários, caixas d'água, etc.

No item 2.2 serão caracterizadas as fibras têxteis, bem como sua importância para melhor compreensão deste estudo.

## 2.2. FIBRAS TÊXTEIS

Toda fibra têxtil é um polímero e a sua classificação é dividida em dois grupos conforme a sua origem: fibras naturais ou sintéticas (FORUM TÊXTIL, 2014).

### 2.2.1 Fibras naturais

As fibras naturais são retiradas da natureza e a sua classificação é dividida em três grupos, conforme a sua origem:

- Animal: são obtidas a partir de pelos (lã) e secreções (seda) animais.



Figura 3: Fibra de seda obtida do bicho da seda.  
Fonte: CPT (2015).

- Mineral: são extraídas de rochas (basalto e amianto).

- Vegetal: são obtidas a partir de sementes e frutos (algodão e coco), caules (linho, rami, abacá, cânhamo, juta e malva) e folhas (sisal e caroá) (FORUM TÊXTIL, 2014).



Figura 4: Fibra de algodão.

Fonte: Lunelli (2015).

Segundo Kuasne (2008) antigamente a maioria das fibras eram obtidas a partir de produtos naturais e no final do século XVIII os Ingleses conseguiram fabricar um tecido composto por fios de algodão e linho, o qual se deu o nome de “juline”.

### 2.2.2 Fibras sintéticas

Segundo Mano (2001) as fibras sintéticas foram desenvolvidas com o objetivo de copiar e melhorar as características e propriedades das fibras naturais. À medida que suas aplicações foram crescendo, elas se tornaram uma necessidade. Assim, as fibras abasteceram um mercado de demanda garantida e de exigências de qualidade crescentes. Onde os vestuários começaram a ser confeccionados com maior rapidez e menor custo. Atualmente, o uso das fibras sintéticas é bastante difundido, abrangendo todos os segmentos da indústria têxtil.

Em 1884 o químico francês Hilaire de Charbonnet patenteou uma seda artificial com o nome seda de Chardonnay. Mas como o produto era muito inflamável, logo foi retirado do mercado. Dez anos mais tarde, os químicos ingleses Charles Cross, Edward Bevan e Clayton Beadle patentearam um método seguro de fabricar seda artificial, que se tornou conhecido como Rayon Viscose. E em 1910, ocorreu a

primeira produção em escala comercial nos Estados Unidos através da American Viscose Company. (FORUM TÊXTIL, 2014)

Em 1935, a empresa DuPont patenteou o Nylon. A primeira produção comercial nos Estados Unidos aconteceu em 1939. Atualmente, é a segunda fibra sintética mais utilizada nos Estados Unidos, atrás apenas do poliéster. (FORUM TÊXTIL, 2014)

Mais tarde, já em 1941, criou-se a primeira fibra de poliéster, chamada Terylene. A primeira produção comercial aconteceu em 1953, também nos Estados Unidos e através da empresa DuPont. (FORUM TÊXTIL, 2014)

Roupas especiais, como o uniforme de astronautas, vestes dos corredores de Fórmula 1, vestimentas de proteção e roupas de mergulho submarino também são produzidas com polímeros especiais, que possuem as propriedades desejadas, em cada caso (FÓRUM TÊXTIL, 2014).

Este tipo de fibra encontra-se presente em boa parte dos tecidos, seja através de misturas ou na forma pura. Está presente em diversos tecidos, podendo ser utilizado tanto no segmento de lingerie, como em linhas esportivas e até mesmo nos vestuários mais finos e elegantes. Nota-se ainda que sua aplicação é de grande importância, uma vez que oferece produtos com maior qualidade (LIMA, 2008).

Através do processo de fiação, as fibras são transformadas em fios e tecidos e são empregadas em peças de vestuários, roupas de cama e vestimentas de proteção.

#### 2.2.2.1 Tecido não-tecido

A indústria têxtil emprega fibras para a produção de dois tipos de tecido: o de textura regular e o de textura irregular. No primeiro caso, as fibras cortadas são torcidas, formando fios contínuos. Os fios dispostos no sentido horizontal são chamados de trama. Já os fios dispostos no sentido vertical, de urdume, conforme Figura 5. Juntos, resultam em tecidos, como: panos e malhas (MANO, 2001).



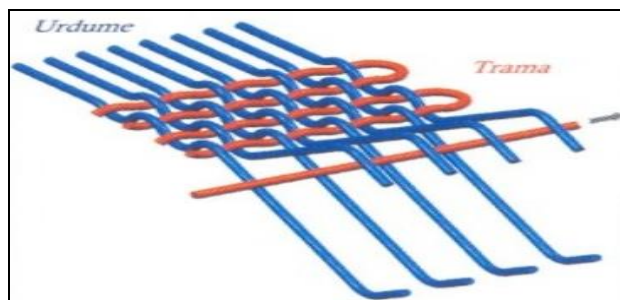


Figura 5: Formação de tecido através dos fios de trama e urdume.  
Fonte: Mano (2001, p. 35).

No segundo caso, as fibras cortadas são distribuídas irregularmente sobre telas, formando mantas, feltros ou tecido não-tecido (em inglês, *non-woven fabric*). (MANO, 2001)

O tecido não-tecido (a sigla TNT), conforme a norma NBR-13370/02, é uma estrutura plana, flexível e porosa. Constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso. Consolidados por processo mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) e combinações destes.

Ou seja, segundo Mano (2001) o tecido não-tecido é produzido a partir de fibras desorientadas que são aglomeradas e fixadas, não passando pelos processos têxteis mais comuns que são fiação e tecelagem ou malharia, conforme Figura 6.

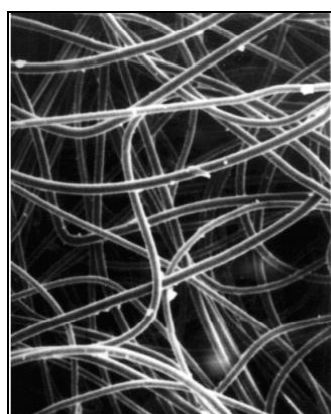


Figura 6: Tecido Não-Tecido.  
Fonte: Mano (2001, p. 43).

Existem várias tecnologias para se fabricar um não-tecido. De modo geral, a indústria papelreira, a têxtil (fiação e acabamento) e a do plástico, influenciaram muito nas tecnologias hoje existentes (DUPONT, 2014).

De acordo com DuPont (2014) os não-tecidos basicamente podem ser classificados pelo processo de fabricação, matérias primas, características das fibras/filamentos, processo de consolidação, gramatura, processo de transformação e/ou conversão, ou associação desses elementos.

O TNT é um tecido mais barato devido a sua capacidade produtiva, além da economia gerada pelo fato de não passar pelos processos têxteis tradicionais. Fabricado pela DuPont, o Tyvek® é um não-tecido composto por fibras de PEAD. É conhecido no mercado por ser um material leve como o papel, flexível, reciclável, prático como uma resina e resistente ao rasgo, furos, água, UV e substâncias químicas. (DUPONT, 2014).

Suas aplicações mais comuns são: etiquetas, pulseiras de identificação, instruções de montagem, mapas, cartazes, envelopes, além de EPIs - Equipamento de Proteção Individual, como apresentado na Figura 7 (DUPONT, 2014).



Figura 7: Algumas das Aplicações do Tyvek®.

Fonte: DUPONT, 2014.

Segundo a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), a definição de madeira plástica (*plastic lumber*) é aplicada em produtos manufaturados com

conteúdo plástico maior que 50% em massa. A madeira plástica formada, geralmente por PEAD, e pó de madeira é chamada de “*Wood Plastic Composite*”.

### 2.3. PÓ DE MADEIRA

Assim como qualquer material e processo, o setor madeireiro também gera resíduo. O pó de madeira é proveniente de resíduos de árvores e do processo de transformação da madeira (PEREIRA; CARVALHO, PINTO, 2010).

O pó de madeira devidamente selecionado e analisado pode gerar uma alternativa que viabiliza o seu manuseio, preservando o crescimento das florestas. Na maioria dos casos, os resíduos de base florestal são desprezados ou destinados à queima para produção de energia (PEREIRA, CARVALHO, PINTO, 2010).

Este pó consiste em pequenas partículas, o qual é resultante de várias formas de processamento do material, consideradas longas, podendo variar de tamanho para tamanho, em função do próprio processo realizado (LANGE, 2008).

No sentido de melhorar o aproveitamento da madeira, pesquisas vêm sendo desenvolvidas para diminuir o desperdício na colheita florestal e utilizar o material rejeitado, de forma a produzir produtos com maior valor agregado, como os produtos feitos de madeira reconstituída (PEREIRA, CARVALHO, PINTO, 2010).

Ressalta-se a importância da destinação do pó de madeira para os mais variados usos, por meio de redução do consumo de matérias primas na fonte, recuperação do material e reutilização do resíduo (PEREIRA, CARVALHO, PINTO, 2010).

O pó de madeira compreende em um complexo de substâncias o qual apresenta teor de variação de acordo com o tipo de árvore e sua localização geográfica (BAHIA, 2001).

A madeira possui propriedades singulares que a tornam o emprego obrigatório em diversos campos, pois pode ser utilizado como um reforço particulado, o qual é realizado através de um processamento de beneficiamento, no

entanto, o mesmo acaba sendo rejeitado pela indústria madeireira. Este material é composto por composição polimérica natural e pode ser facilmente encontrado na indústria de móveis (SOARES, 2006).

*Eucalyptus Grandis* é a espécie florestal mais plantada no Brasil e é utilizada para produção de celulose e papel, painéis de fibra e aglomerado, combustível industrial e doméstico e produtos de serraria.

### 2.3.1 *Eucalyptus Grandis*

O *Eucalyptus Grandis* é uma das espécies mais plantada no mundo e considerada uma das madeiras mais versáteis e indicadas para uso múltiplo. No Brasil, as árvores do gênero *Eucalyptus* adaptaram-se perfeitamente às condições relativas aos solos e ao clima (SILVA, 2011).

Segundo Silva (2011) *Eucalyptus Grandis* é uma espécie nativa do norte de Nova Gales do Sul e da Costa Sul de Queensland, na Austrália.

Essa espécie de árvore apresenta boa forma e massa específica ideal para produção de móveis, por ser considerada medianamente leve e fácil de ser trabalhada em operações de usinagem (ROCHA, 2004).

Segundo Souza et. al. (2004) o *Eucalyptus Grandis* é considerado uma espécie florestal plantada no Brasil, o qual apresenta alto potencial produtivo. Este tipo de material vem sendo aplicado nas indústrias de papel e celulose, painéis de fibras e aglomerados. Outras aplicações deste produto podem ser nos combustíveis industriais e domésticos, além dos produtos de serraria.

Essa madeira é leve e com muita facilidade para se trabalhar, por isto vem sendo empregado no Brasil com maior frequência, podendo ainda ser utilizado em operações de usinagem, o qual apresenta baixa estabilidade dimensional e com boa permeabilidade. Souza et. al (2004) em estudo explica que este tipo de madeira é versátil, porém a mesma causa problemas de empenamento e secagem, considerado este um dos pontos negativos frente a sua aplicação.

Esta espécie apresenta vários pontos positivos, principalmente por superar o incremento volumétrico, o qual apresenta condições ambientais adequadas, cuja

plasticidade genética é favorável, utilizado na clonagem de árvores selecionadas, como resalta os autores, Mora e Garcia (2000).

Os materiais compósitos são aplicados desde simples artigos utilizados no dia a dia, como fibras orgânicas, até em produtos de alta tecnologia, como no segmento aeroespacial.

## 2.4 COMPÓSITOS

Compósito é a combinação de dois ou mais materiais distintos e combinados para formar um novo material. Os produtos assim obtidos distinguem-se de outros materiais por associarem as melhores qualidades de cada constituinte, apresentando propriedades peculiares, como baixa massa específica, grande estabilidade dimensional e grande resistência à corrosão (MACIEL, 2001).

Os materiais que constituem um compósito são classificados por material do tipo matriz e do tipo carga ou reforço.

O material matriz envolve a carga, é responsável pela estrutura do compósito e tem origem cerâmica, metálica ou polimérica. Já o material carga é responsável por fornecer resistência e evidenciar as propriedades desejadas, podendo ser, por exemplo, uma fibra, madeira ou mineral.

### 2.4.1 Compósito de madeira e PEAD

Matérias primas e tecnologias de produção vem sendo pesquisadas e desenvolvidas para geração de novos produtos. A crescente preocupação com o meio ambiente e em proteger as florestas de desmatamentos desnecessários, introduziu a madeira no desenvolvimento de novos compósitos reforçados (MACIEL, 2001).

O compósito de madeira com polímeros já é conhecido e utilizado no mercado através da tecnologia de Woodstock®, destinado a indústria automobilística (revestimentos de lateral de porta, teto, porta e carpete) e dos painéis MDF (*medium*

*density fiberboard*), destinados a indústria moveleira (fundo de gaveta, pés e tampo de mesa) e civil (piso e rodapé) como ressalta Correa et. al. (2003).

O processo mais comum na fabricação do compósito de madeira e polímero consiste na incorporação da fibra com a matriz para, então, o produto final ser moldado através de uma injetora.

Hillig, Iwakiri, Andrade e Zattera (2008), estudando as propriedades dos compósitos de HDPE e madeiras de *Pinus taeda*, aglomerada, MDF e *Eucalyptus grandis*, concluíram que fibras de espécie de madeira diferente apresentam diferentes características e propriedades, influenciando no compósito produzido.

## 2.5 RECICLAGEM

Antes da década de 50, a sociedade era bastante resistente a se desfazer de pertences antigos. As pessoas compravam alimentos por volume (não em pacotes), e consertavam tudo que pudesse ser reutilizado. Os governos incentivavam os cidadãos a doar materiais, como jornais velhos, vasilhames e restos de alumínio (STRASSER, 2000).

Esse cenário mudou a partir da década de 50, com o desenvolvimento econômico e de novas tecnologias. E uma quantidade maior da sociedade passou a ter condições de adquirir bens e serviços cada vez mais diversificados.

Entre as décadas de 50 e 70, as pessoas deixaram de trocar ou reutilizar os seus utensílios velhos e começaram a simplesmente jogar fora, substituindo por outros novos. A maior parte dos bens eram produzidos rapidamente e vendidos a preços acessíveis.

A cultura de bens “descartáveis” criou problemas que começaram a se tornar evidentes com o aumento da população mundial, da produção de embalagens e, conseqüentemente, da quantidade de lixo produzido (STRASSER, 2000).

Reciclagem trata-se de um processo de reutilização e transformação de um material sem utilidade em uma matéria-prima e é essencial na gestão de resíduos. A reciclagem proporciona a redução do consumo de matérias primas, a necessidade

de tratamento convencional de lixo e o custo de produção, além de gerar novos empregos. A reciclagem de produtos descartados consiste em três processos:

- 1- Coleta: separação dos resíduos de acordo com o seu material.
- 2- Revalorização: o material separado passa por um processo que faz com que ele volte a ser matéria prima.
- 3- Transformação: o material transformado em matéria-prima volta a ser produto.

Os centros urbanos tem dificuldades em conseguir locais para depositar o lixo, fazendo a reciclagem se apresentar como uma solução economicamente viável e ambientalmente correta (CEMPRE, 2015).

### 2.5.1 Tipos de reciclagem

Existem três tipos de reciclagem:

- Energética: transforma o plástico em energia térmica e elétrica, permitindo que o plástico seja aproveitado como combustível.
- Mecânica: transforma os plásticos em pequenos grânulos, que podem ser utilizados na produção de novos materiais. O processo passa pelas etapas de coleta dos plásticos descartados, separação, triagem e limpeza.
- Química: reprocessa os plásticos transformando-os em materiais petroquímicos básicos, que servem de matéria-prima para a criação de produtos de alta qualidade. Requer uma triagem minuciosa, para eliminação das impurezas (COLTROL, DUARTE, 2013).

### 2.5.2 Símbolos de reciclagem

Em 1988 a Sociedade da Indústria de Plásticos adotou uma nomenclatura de códigos para os plásticos. Os símbolos de reciclagem se tornaram uma importante comunicação para os consumidores conseguirem identificar se a embalagem é

reciclável, auxiliando na separação e encaminhamento correto para as recicladoras (COLTRO, GASPARINO, QUEIROZ, 2008).

Os símbolos de reciclagem de embalagens plásticas são constituídos por um número no centro de um triângulo formado por três setas apontadas em sentido horário e a sigla dos polímeros: 1 Polietileno Tereftalato (PET); 2 Polietileno de Alta Densidade (PEAD); 3 Policloreto de Vinila (PVC); 4 Polietileno de Baixa Densidade (PEBD); 5 Polipropileno (PP); 6 Poliestireno (PS); e 7 outros, como mostra a Figura 8.



Figura 8: Símbolos de embalagem plástica.

Fonte: CEMPRE (2015).



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico em livros, artigos científicos e em sites especializados da internet que tratam sobre o tema, onde primeiramente a pesquisa iniciou com base detalhada nos elementos necessários.

Para o desenvolvimento da parte experimental foram obtidos compósitos de PEAD reciclado com pó de madeira nas concentrações de 5, 10 e 20% em relação à matriz polimérica. Os compósitos obtidos foram caracterizados por meio de ensaios mecânicos (ensaios de dureza, flexão, impacto e tração), morfológico (Microscopia eletrônica de varredura) e reológico (Índice de fluidez).

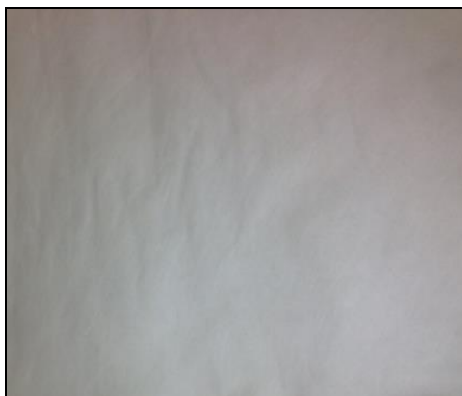
#### 3.1 MATERIAIS

Para produção dos compósitos estudados neste trabalho, foi utilizado pó de madeira *Eucalyptus Grandis*, fornecida pela empresa Marcenaria Fatura, localizada na cidade de São Sebastião da Grama – SP, e polietileno de alta densidade (PEAD) em forma de tecido não-tecido, disponível no mercado com o nome de DuPont™ Tyvek® (material leve, flexível, reciclável, impermeável e resistente ao rasgo), fornecido pela empresa DuPont do Brasil, localizada na cidade de Barueri - SP, em forma de rolo como mostra a Figura 9 e a Fotografia 1.



Figura 9: PEAD em formato de rolo.

Fonte: DuPont (2014).



Fotografia 1: PEAD em formato de rolo.

Fonte: Próprio Autor (2014).

No item 3.1.1 será detalhado como a preparação dos corpos de prova compostos por PEAD e pó de madeira foi realizada.

### 3.2. MÉTODOS

Para a fabricação dos corpos de prova, o pó de madeira foi separado dos resíduos indesejados (que eventualmente foram ensacados juntos) através de uma peneira de malha com espessura tipo 100 e depois o mesmo foi armazenado em uma estufa, como apresentado na Fotografia 2.



Fotografia 2: Bandejas com pó de madeira armazenado em estufa.

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para facilitar o manuseio do PEAD, foi utilizada uma tesoura para corte em pequenos pedaços do Tyvek® em forma de rolo, como apresentam as Fotografia 3 e 4.



Fotografia 3: Pedaços de Tyvek® em tamanho mediano.

Fonte: Próprio Autor (2014).

A Fotografia 4 mostra pedaços de Tyvek® em tamanho pequeno, o qual foi utilizado para esta dissertação.



Fotografia 4: Pedaços de Tyvek® em tamanho pequeno.

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para a realização deste estudo o pó de madeira foi retirado da estufa, os quais foram separados em quatro grupos com proporção de massa seca de 5%, 10% e 20%, como apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 - Composição dos grupos de amostras

Composição (%)	
PEAD - Tyvek® puro	Pó de madeira
100	0
95	5
90	10
80	20

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para a realização desta pesquisa, o PEAD e o pó de madeira foram aglutinados devidamente nas proporções como mostrado na Tabela 1. Foi utilizado um aglutinador composto por duas facas rotativas inseridas na parte interior de uma câmara cilíndrica.

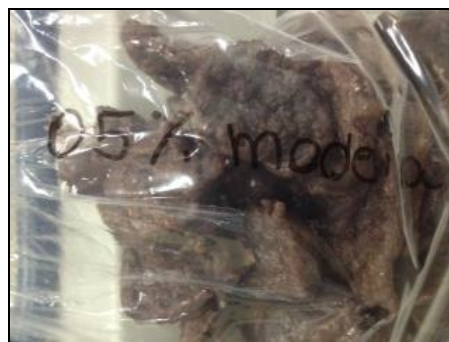
A Fotografia 5 apresenta o grupo com 100% de PEAD aglutinado, utilizado neste estudo.



Fotografia 5: PEAD aglutinado.

Fonte: Próprio Autor (2014).

As Fotografia 6, 7 e 8 apresentam os grupos com PEAD e 5, 10 e 20% de pó de madeira aglutinados, respectivamente.



Fotografia 6: PEAD com 5% de pó de madeira aglutinado.

Fonte: Próprio Autor (2014).



Fotografia 7: PEAD com 10% de pó de madeira aglutinado.  
Fonte: Próprio Autor (2014).



Fotografia 8: PEAD com 20% de pó de madeira aglutinado.  
Fonte: Próprio Autor (2014).

### 3.2.1 Preparações dos Corpos de Prova

Utilizou-se um moinho modelo MGHS 4/180 de série A23/99 no processo de moagem dos respectivos grupos. Após a aglutinação, o material foi colocado na abertura de alimentação localizada na parte superior do moinho de facas conforme apresentado na Fotografia 9.



Fotografia 9: Equipamento de moinho de facas

Fonte: Próprio Autor (2014).

A Fotografia 10 apresenta um dos grupos de amostras após o processo de moagem.



Fotografia 10: Grupo de amostras após moagem.

Fonte: Próprio Autor (2014).

Já com relação ao processo de transformação escolhido para moldar os corpos de prova para que os ensaios mecânicos fossem feitos, utilizou-se de injeção através do equipamento denominado de ROMI PRIMAX 65R, de acordo com a norma ASTM D 5638.

As amostras dos quatro grupos foram fundidas dentro do cilindro de injeção através do calor, onde foram injetadas nos devidos moldes para reprodução dos corpos de prova e depois resfriado. Com relação à temperatura, esta foi estabelecida de forma suficiente para manter a forma bem como as dimensões necessárias. As temperaturas de cada etapa do processo de moldagem por injeção estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Perfil de temperaturas

Temperaturas (°C)			
Bico	Zona de dosagem	Zona de compressão	Zona de carregamento
210	200	170	160

Fonte: Próprio Autor (2014).

A Fotografia 11 apresenta a injetora onde se realizaram os corpos de prova.



Fotografia 11: Máquina Injetora ROMI 65R.

Fonte: Próprio Autor (2014).

A seguir será detalhado o método de caracterização reológica (índice de fluidez), mecânica (ensaio de dureza, flexão, impacto e flexão) e morfologicamente (MEV) do compósito polimérico estudado.

### 3.2.2 Índice de Fluidez

O índice de fluidez (a sigla MFI e em inglês *Melt Flow Index*) é considerado como um valor medido entre a taxa de extrusão de um material fundido em condições específicas de temperatura com a devida pressão estabelecida, através de um tubo aquecido posicionado verticalmente sobre uma balança. É um método preciso e de baixo custo, porém o mesmo visa obter maior controle e monitoração laboratorial (DIGITROL, 2014).

Segundo Pereira (2003) o índice de fluidez visa obter características de propriedade de fluxo dos polímeros, o qual apresenta simplicidade além de maior agilidade técnica para sua determinação.

Para a realização deste ensaio foi utilizado o método com base na normalização estabelecida pela ASTM D1238.

Define-se como a massa de polímero em gramas, o qual passou durante 10 minutos através de uma fieira com um diâmetro e comprimento específicos, quando aplicada a dada pressão e temperatura (PEREIRA, 2003).

Desta forma definiu-se o MFI baseado em dezoito amostras de cada grupo de 5, 10 e 20% de pó de madeira, o qual passaram por meio do processo em plastômetro Tinius Olsen Extrusion Plastometer (modelo MP993 A).

A Fotografia 12 apresenta o equipamento o qual se realizou este ensaio.

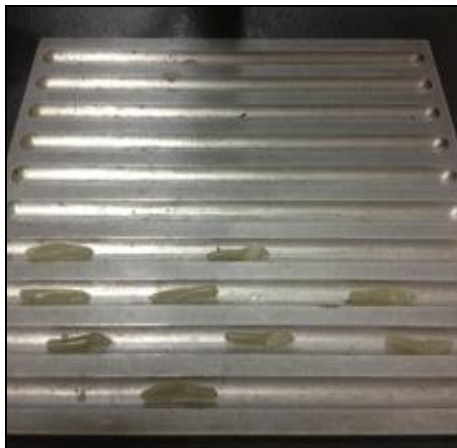


Fotografia 12: Equipamento Tinius Olsen Extrusion Plastometer.

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para melhor compreensão a Fotografia 13 apresenta uma amostra do grupo com 100% de PEAD, como se destaca a seguir.





Fotografia 13: Amostras do grupo com 100% de PEAD.  
Fonte: Próprio Autor (2014).

### 3.2.3 Ensaio de Dureza

A dureza pode ser descrita como a característica de um material sólido, que expressa sua resistência a deformações permanentes. Ou seja, quanto maior for a resistência à deformação por penetração de outro corpo, maior será a dureza do material. (MORASSI, 2013).

Os instrumentos mais comuns são: Durômetro Shore A para materiais mais flexíveis e o Durômetro Shore D para materiais mais rígidos (MORASSI, 2013).

Para a realização deste ensaio utilizou-se do equipamento tipo Durômetro Shore D e as amostras foram submetidas a uma penetração do indentador (uma ponta de metal duro) por tempo pré-determinado. Quanto mais duro for o material, menos o indentador irá penetrar na amostra.

Segundo a norma ASTM D 2240, para determinação da dureza, foi realizado o ensaio com vinte amostras para cada grupo de 5, 10 e 20%.

Na Figura 10 destaca-se o equipamento utilizado.



Figura 10: Durômetro do tipo Shore D

Fonte: Mitutoyo (2014).

Segundo Caraschi e Leão (2002), foi possível identificar os PEAD e PEBD através do ensaio de dureza, mostrando característica particular do polietileno comparado com os demais polímeros. Já os valores de dureza Shore D para o PEAD puro e para o PEAD reciclado não apresentaram variações significativas.

### 3.2.4 Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão em três pontos consiste na aplicação de uma carga em uma única direção sobre o corpo de prova, medindo o quão rígido é o material através da curvatura final (5% de deflexão) ou até mesmo o seu rompimento (NORMA ASTM D 790).

Para a realização deste estudo determinou-se a rigidez de cinco amostras para cada grupo de 5, 10 e 20% através do equipamento de ensaio universal Q-Test 65, apresentado na Fotografia 14, seguindo a norma ASTM D 790.



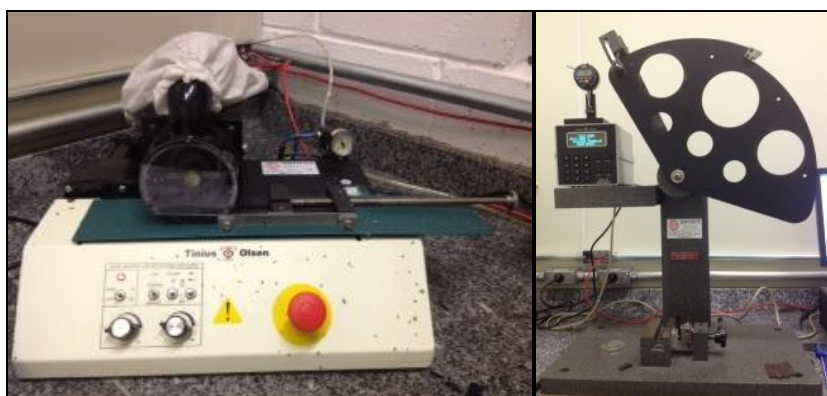
Fotografia 14: Equipamento Universal Q-Test 65.

Fonte: Próprio Autor (2014).

### 3.2.5 Ensaio de Resistência ao Impacto

O ensaio de impacto é utilizado para caracterizar a resistência ao impacto de um determinado material. Um pêndulo é elevado a uma posição pré-determinada, onde adquire uma energia inicial e, durante o seu percurso, impacta o corpo de prova provocando-lhe uma fratura (MORASSI, 2013).

Utilizou-se de dez amostras para cada grupo. O ensaio foi feito através da norma ASTM D 256 e do equipamento Tinius Olsen, apresentado na Fotografia 15.



Fotografia 15: Equipamento Tinius Olsen.

Fonte: Próprio Autor (2014).

Segundo Souza (2004) o ensaio de impacto é mais comum para avaliar e qualificar a tenacidade do impacto de um material. Com relação ao ensaio de impacto, este depende também de sua orientação, ou seja, do seu corpo de prova em relação à direção de laminação de uma chapa, uma vez que apresenta diferenças no formato de grãos laminados para cada direção.

### 3.2.6 Ensaio de Tração

Ensaio que determina os valores de resistência à tração, alongamento à ruptura e módulo de elasticidade do material. É aplicada gradualmente uma carga ao corpo de prova através de duas garras. Estas se afastam e promovem o rompimento do corpo de prova (MORASSI, 2013).

Então, determina-se a força exigida para esta ruptura e o alongamento do corpo no momento da ruptura. O ensaio de tração permite a obtenção de dados úteis para a caracterização mecânica do material, como o Módulo de Elasticidade (MORASSI, 2013).

Utilizou-se de oito amostras para cada grupo. O ensaio foi feito através da norma ASTM D 638 e do equipamento de ensaio universal Q-Test 65. A Fotografia 16 apresenta o corpo de prova do grupo com 20% de pó de madeira, utilizado para os ensaios de tração.



Fotografia 16: PEAD com 20% de pó de madeira usado no ensaio de tração.  
Fonte: Próprio Autor (2014).

A Figura 11 representa a geometria e dimensões típicas de corpo de prova para ensaios de tração em polímeros, como explica Canevarolo (2002).

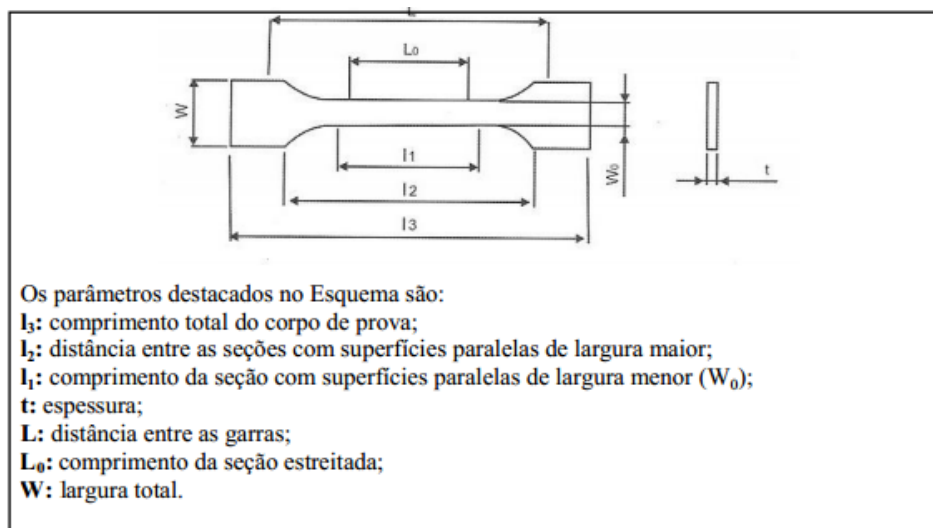


Figura 11: Geometria e dimensões típicas para ensaio de tração.

Fonte: Canevarolo (2002).

### 3.2.7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Segundo Goldestein (2002) a Microscopia Eletrônica de Varredura, representada pela sigla MEV, é um estudo de estruturas superficiais que utiliza de elétrons para obtenção de melhor resolução de imagens, apresentando-se altamente versátil.

Este tipo de microscópio é considerado eficiente e versátil, o qual se propõe rápidas informações sobre a sua morfologia, bem como identificação dos elementos químicos. Este tipo de ensaio permite ampliar cerca de 2000 vezes acima do valor real.

Para a realização deste ensaio e observação da superfície, as amostras dos quatro grupos foram fraturadas em nitrogênio líquido. Utilizou-se uma cobertura fina de ouro nas superfícies de fratura para melhorar a condutividade. A microestrutura de cada amostra foi analisada com o uso dos aumentos em: 30X, 33X, 150X, 170X, 200, 450X e 500X. A Fotografia 17 apresenta o equipamento supracitado.



Fotografia 17: Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).  
Fonte: Próprio Autor (2014).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ÍNDICE DE FLUIDEZ

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos através do ensaio de Índice de Fluidez realizado nas amostras.

Tabela 3 – Valores Médios do Ensaio de Índice de Fluidez

<b>Grupo</b>	<b>Média do MFI (g/10min)</b>	<b>Viscosidade (Pa.s)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
PEAD puro	0,71	1,41	0,01
5%	1,03	0,97	0,04
10%	0,92	1,09	0,02
20%	0,82	1,22	0,05

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para melhor compreensão comparativa entre os grupos, abaixo se destaca o Gráfico 1.

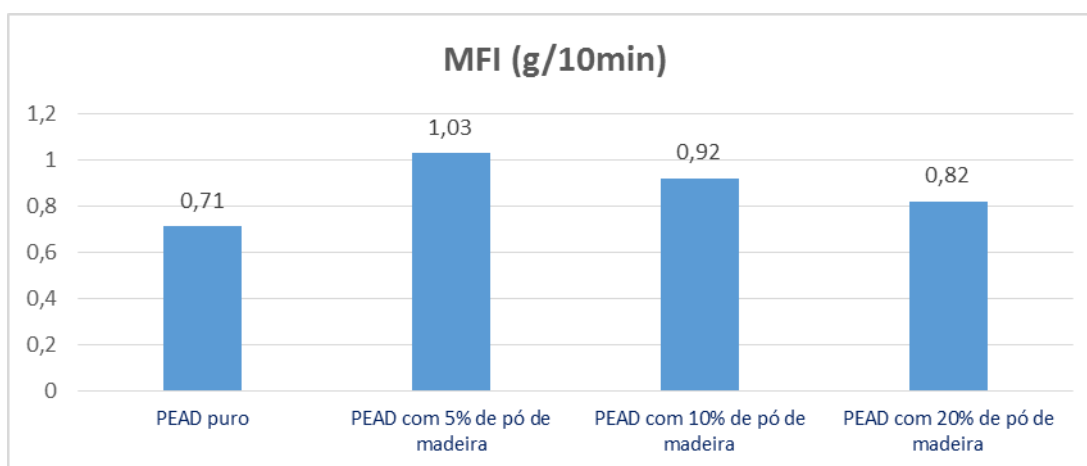


Gráfico 1: Comparação dos Resultados do Ensaio de Índice de Fluidez.

Fonte: Próprio Autor (2014).

O compósito reforçado com 5% de pó de madeira apresenta 1,03 g/10min, a maior fluidez. E a partir do Gráfico 1, pode-se concluir que todos os compósitos reforçados com pó de madeira apresentaram maior fluidez, ou seja, menor

viscosidade quando fundido. No entanto, este acréscimo é menos acentuado para as concentrações mais elevadas de madeira.

Como o aumento da viscosidade está diretamente relacionada com a elevação da massa molar (MM) e das forças intermoleculares, consegue-se estimar maior MM nos compósitos de 10% e 20% de pós de madeira, através do decréscimo de fluidez.

## 4.2 ENSAIO DE DUREZA

A Tabela 4 apresenta a média dos resultados de dureza e desvio padrão.

Tabela 4 – Valores Médios do Ensaio de Dureza

<b>Grupo</b>	<b>Shore D</b>	<b>Desvio Padrão</b>
PEAD puro	51,1	0,998
5%	53,5	1,336
10%	52,8	1,400
20%	51,7	1,016

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para melhor compreensão comparativa entre os grupos, abaixo se destaca o Gráfico 2.

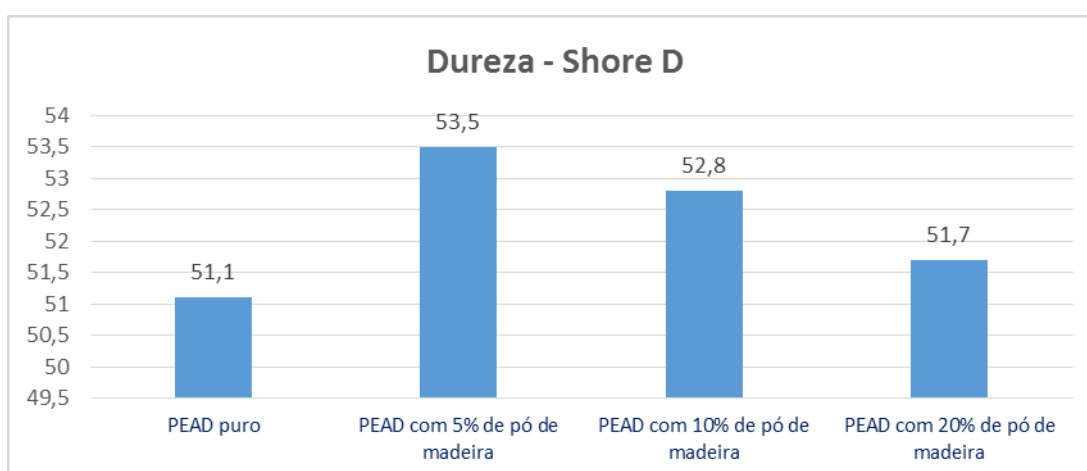


Gráfico 2: Comparação dos Resultados do Ensaio de Dureza

Fonte: Próprio Autor (2014).



A partir do ensaio de dureza, pode-se concluir que os compósitos reforçados com madeira apresentaram maior rigidez comparado com o PEAD puro. O compósito reforçado com 5% de pó de madeira apresenta 53,50 shore D, a maior rigidez dentre os grupos.

Portanto, com base nos resultados destacados, nota-se que o pó de madeira provoca um aumento na energia (força) entre as ligações químicas, fazendo com que os compósitos de tornem materiais mais resistentes à deformações permanentes.

#### 4.3. ENSAIO DE FLEXÃO

A Tabela 5 e o Gráfico 3 apresentam os resultados obtidos para o ensaio de resistência à flexão.

Tabela 5 – Valores Médios do Ensaio de Flexão

<b>Grupo</b>	<b>Resistência à flexão (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
PEAD puro	18,05	0,26
5%	19,10	0,43
10%	25,40	1,57
20%	25,22	0,45

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para melhor compreensão comparativa entre os grupos, abaixo se destaca o Gráfico 3.

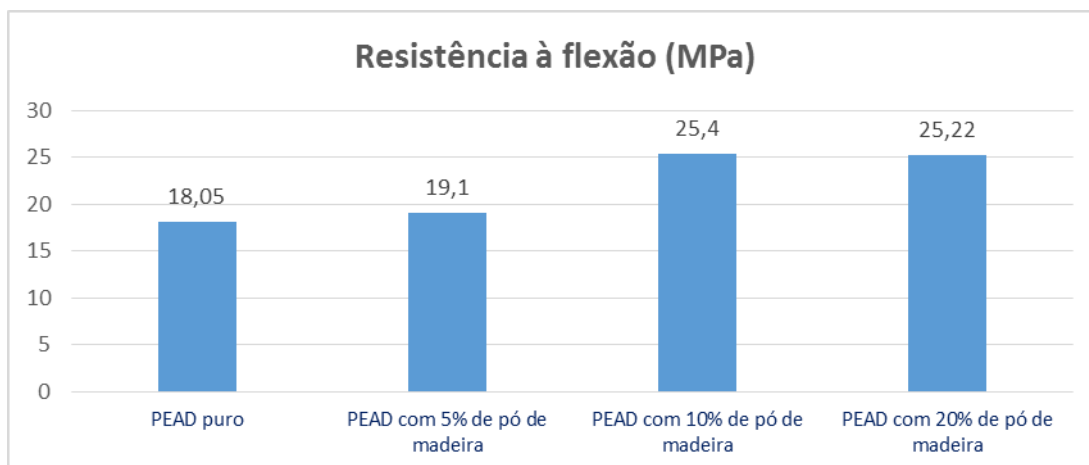


Gráfico 3: Valores de Resistência à Flexão (MPa).

Fonte: Próprio Autor.

O compósito reforçado com 10% de pó de madeira apresenta 25,22 MPa, a maior resistência à flexão. A partir do Gráfico 3, pode-se constatar que a resistência à flexão aumenta com a fração de pó de madeira nos compósitos. E então, supõe-se que há boa adesão entre a fibra e o PEAD.

#### 4.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO

Como resultados do ensaio de resistência ao impacto, apresenta-se a Tabela 6 com as médias da energia absorvida, energia de ruptura e desvio padrão.

Tabela 6 - Valores médios do ensaio de resistência ao impacto

<b>Grupo</b>	<b>Energia absorvida (J)</b>	<b>Energia de ruptura (kJ/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
PEAD puro	1,14	35,08	4,95
5%	0,60	18,01	1,59
10%	0,54	16,57	1,56
20%	0,37	11,28	0,64

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para melhor compreensão comparativa entre os grupos, abaixo se destaca o Gráfico 4.

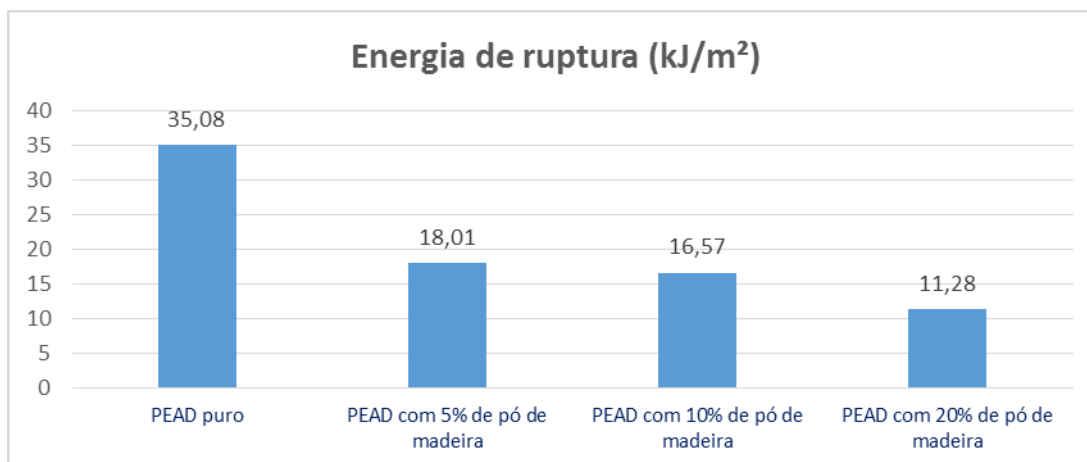


Gráfico 4: Comparação dos Resultados do Ensaio de Impacto.

Fonte: Próprio Autor (2014).

Pode-se observar que todos os compósitos reforçados com pó de madeira apresentaram diminuição na quantidade de energia absorvida por m<sup>2</sup>.

Nota-se que o grupo de PEAD puro foi o que absorveu maior quantidade de energia, com diferença maior até mesmo que entre os compósitos com pó de madeira. Quanto maior for a energia absorvida, menos frágil será o comportamento do material à solicitação mecânica.

Um material é considerado mais frágil quando o mesmo sofre fratura ao longo de toda sua superfície plana, e mais dúctil quando sofre fratura de uma forma denteada, como são apresentados os corpos de prova na Fotografia 18.



Fotografia 18: Fratura encontrada nas amostras

Fonte: Próprio Autor (2014).

Sendo assim, ao analisar o Gráfico 5, pode-se observar que os compósitos estudados apresentam comportamento mais frágil quando comparados com a Fotografia 18 que apresenta a sua fratura.

Como a fibra do pó de madeira pode proporcionar falhas (vazios) no compósito, o uso de um compatibilizante poderia ser uma alternativa para aumentar a capacidade de absorção de energia no impacto e melhorar a ligação interfacial entre a carga e a matriz polimérica, uma vez que possuem polaridade invertida.

#### 4.5. ENSAIO DE TRAÇÃO

Como resultados do ensaio de tração, apresenta-se a Tabela 7 com as médias e desvio padrão da tensão máxima, do alongamento na ruptura e do módulo de Young.

Tabela 7 - Valores médios do ensaio de tração

<b>Grupo</b>	<b>Tensão máxima (MPa)</b>	<b>Alongamento na ruptura (%)</b>	<b>Módulo de Young (MPa)</b>
PEAD puro	17,029 ± 0,40	53,387 ± 24,39	921,022 ± 377,17
5%	22,838 ± 0,57	90,958 ± 42,03	1457,114 ± 204,18
10%	23,088 ± 0,51	63,916 ± 14,12	1986,668 ± 371,45
20%	22,600 ± 1,47	25,120 ± 7,27	2928,761 ± 726,34

Fonte: Próprio Autor (2014).

Para melhor compreensão comparativa entre os grupos, abaixo se destacam os Gráficos 5, 6 e 7.

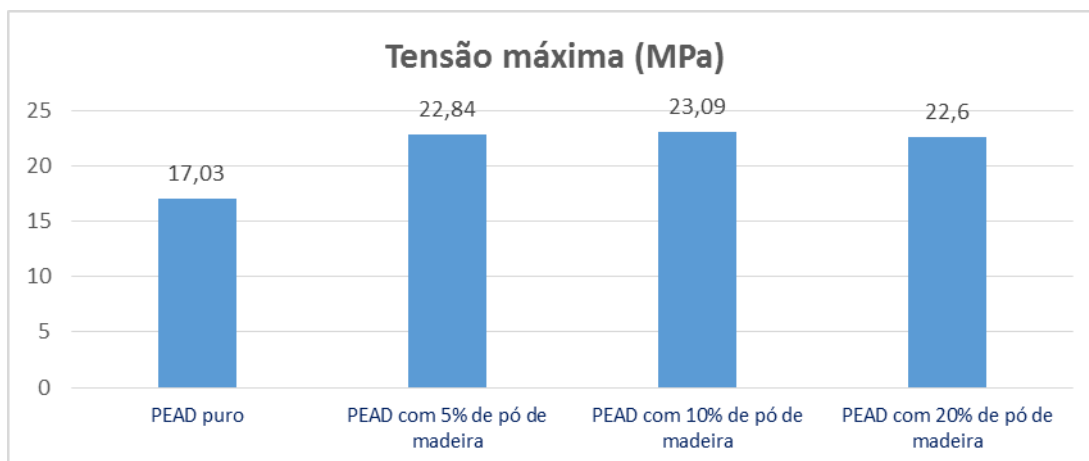


Gráfico 5: Tensão máxima

Fonte: Próprio Autor (2014).

A partir do Gráfico 6 da tensão máxima, pode-se concluir que todos os compósitos reforçados com pó de madeira apresentaram maior valor de tensão máxima do que o PEAD puro. O compósito reforçado com 10% de pó de madeira apresenta 23,09 MPa, o maior valor de tensão máxima.

O aumento da fração de pó de madeira de 5% para 10% provocou um acréscimo no valor de tensão máxima. Já o aumento da fração de pó de madeira de 10% para 20% provocou uma redução no valor de tensão máxima.

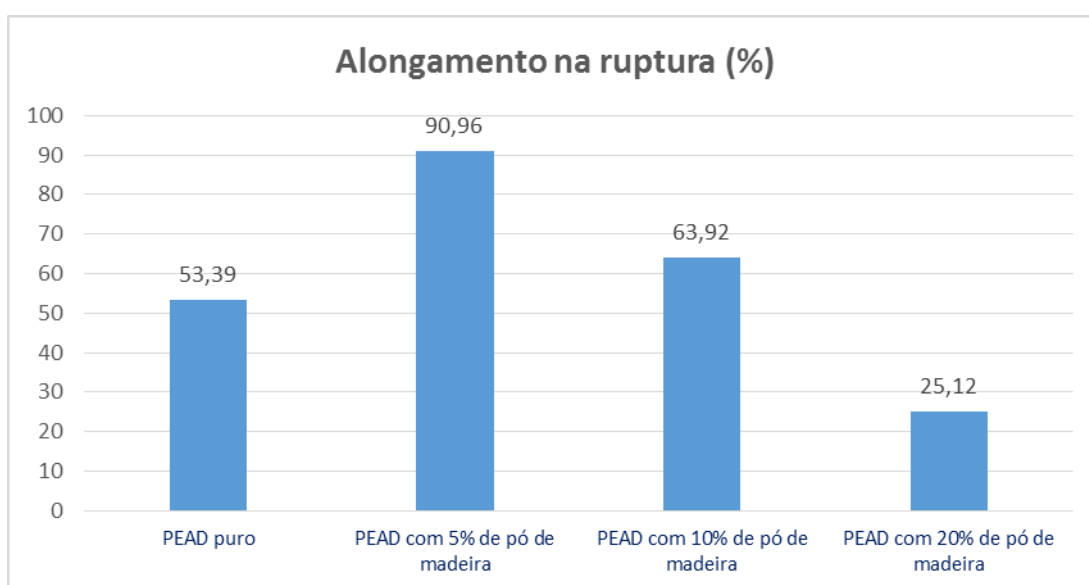


Gráfico 6: Alongamento na ruptura

Fonte: Próprio Autor (2014).

A partir do alongamento na ruptura, pode-se concluir que os compósitos reforçados com 5% e 10% de pó de madeira apresentaram maior alongamento na ruptura do que os demais grupos. O compósito reforçado com 5% de pó de madeira apresenta 90,96% de alongamento na ruptura, o maior valor. Já o com 20%, apresenta menor alongamento na ruptura.

Conforme eleva-se a fração de pó de madeira, ocorre um aumento na área interfacial entre a matriz hidrofóbica e a carga hidrofílica e, também, de áreas irregularmente dispersas. Gerando falhas (vazios) no compósito e um comportamento menos flexível e, conseqüentemente, diminuindo o alongamento na ruptura.

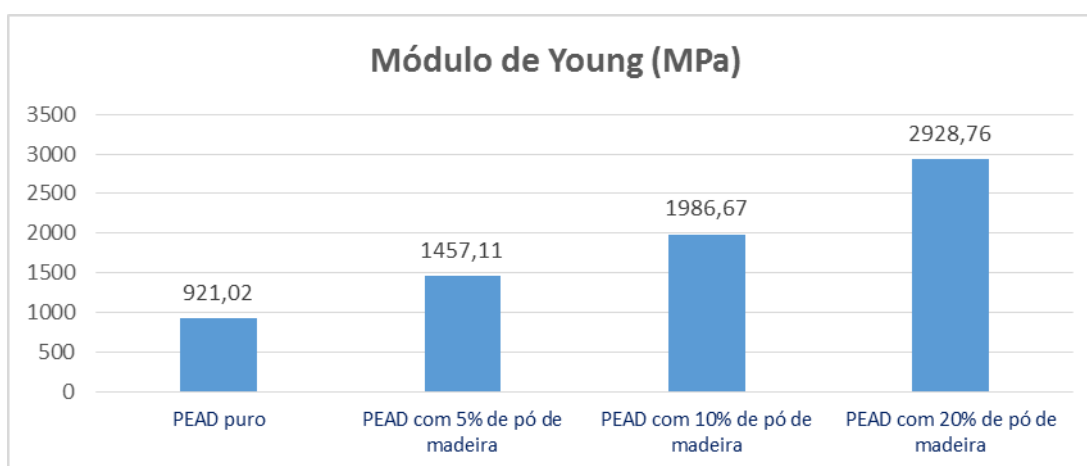


Gráfico 7: Módulo de Young

Fonte: Próprio Autor (2014).

A partir do Módulo de Young, pode-se concluir que todos os compósitos reforçados com pó de madeira apresentaram maior valor de Módulo de Young do que o PEAD puro. O compósito reforçado com 20% de pó de madeira apresenta 2928,76 Mpa, o maior valor de Módulo de Young. O aumento da fração pó de madeira aumenta o módulo de Young, que melhora a adesão fibra-matriz, aumenta a rigidez e o nível de cristalinidade.

De uma forma geral, o aumento da fração de fibras aumenta as propriedades de tensão máxima e o módulo de Young, porém diminui o alongamento na ruptura.

#### 4.6. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Com relação aos ensaios de microscopia eletrônica de varredura notou-se que o grupo com PEAD puro distribui-se de forma homogênea. Não se observou regiões com descontinuidades através de vazios nas amostras deste grupo, como apresentam as Figuras 12 e 13.

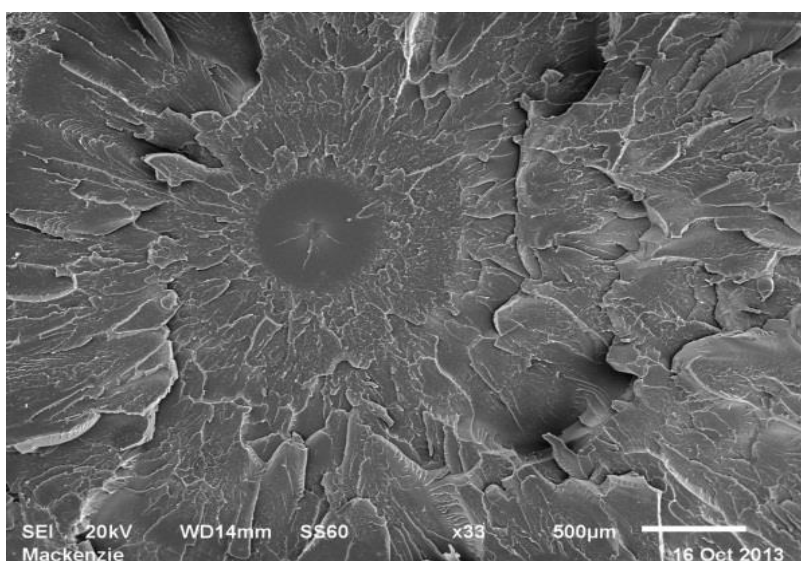


Figura 12: Micrografia do PEAD puro (33x).

Fonte: Próprio Autor (2013).

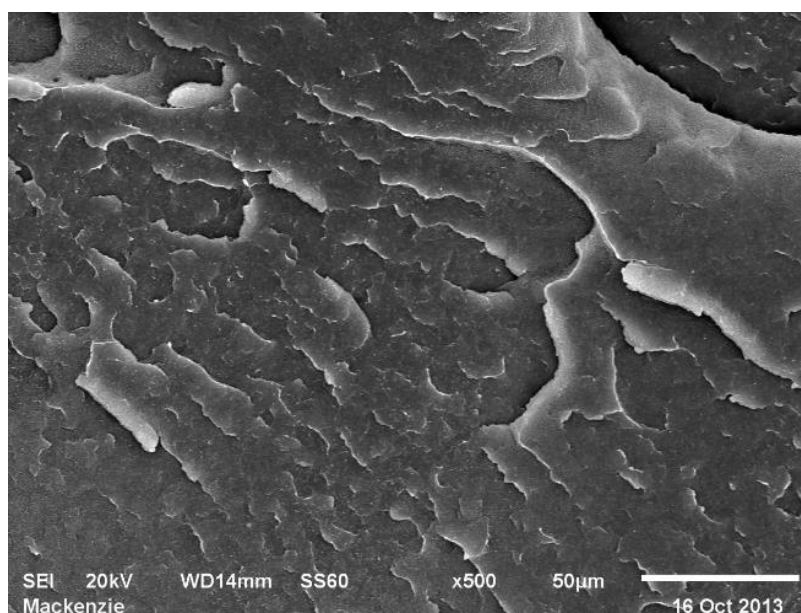


Figura 13: Micrografia do PEAD puro (500x).

Fonte: Próprio Autor (2013).

Já através dos grupos com 5, 10 e 20% de pó de madeira apresentaram características morfológicas semelhantes e pode-se perceber claramente que não ocorreu uma boa adesão da matriz polimérica à fibra, podendo ser observado que aparentemente as fibras de madeira foram arrancadas.

As Figuras 16, 17 e 18 apresentam as lacunas formadas pelas fibras arrancadas. E as Figuras 14 e 15 apresentam as fibras desprendidas.

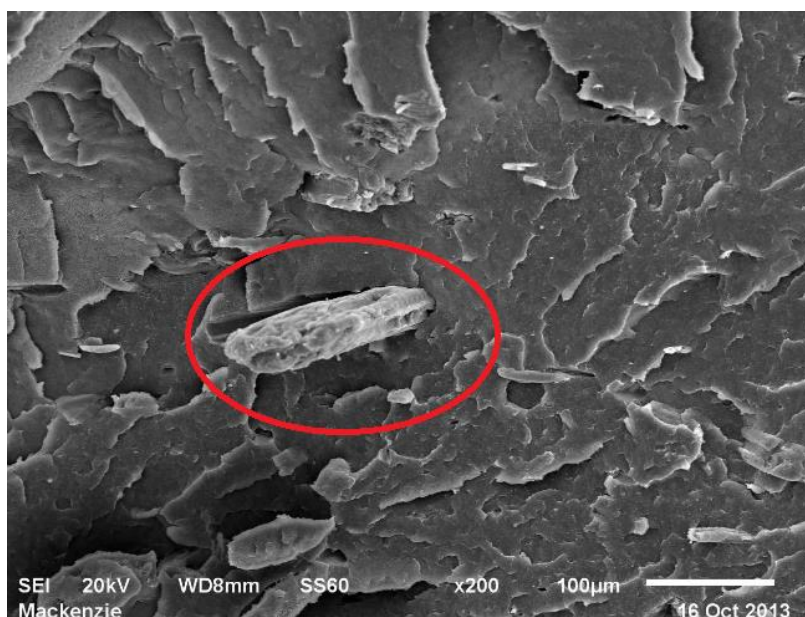


Figura 14: Micrografia do PEAD com 5% de pó de madeira (200x).  
Fonte: Próprio Autor (2013).

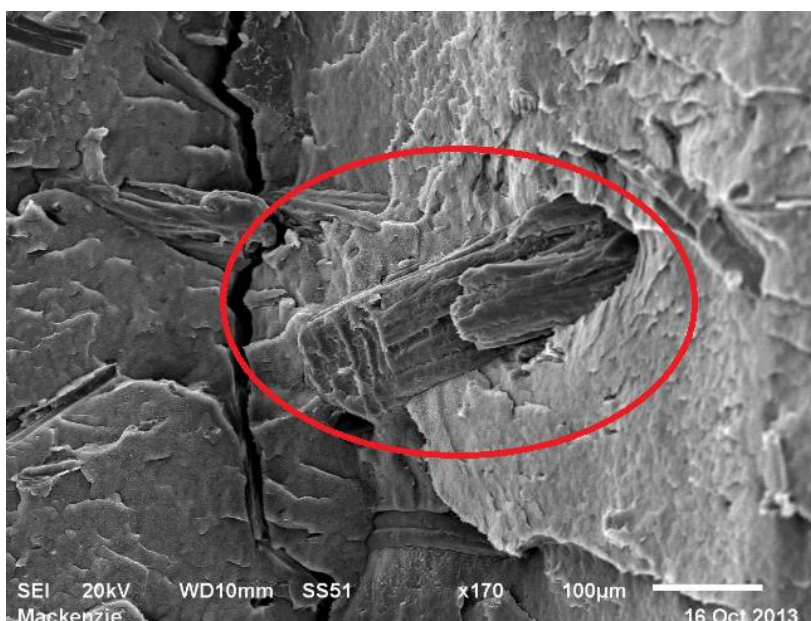




Figura 15: Micrografia do PEAD com 10% de pó de madeira (170x).

Fonte: Próprio Autor (2013).

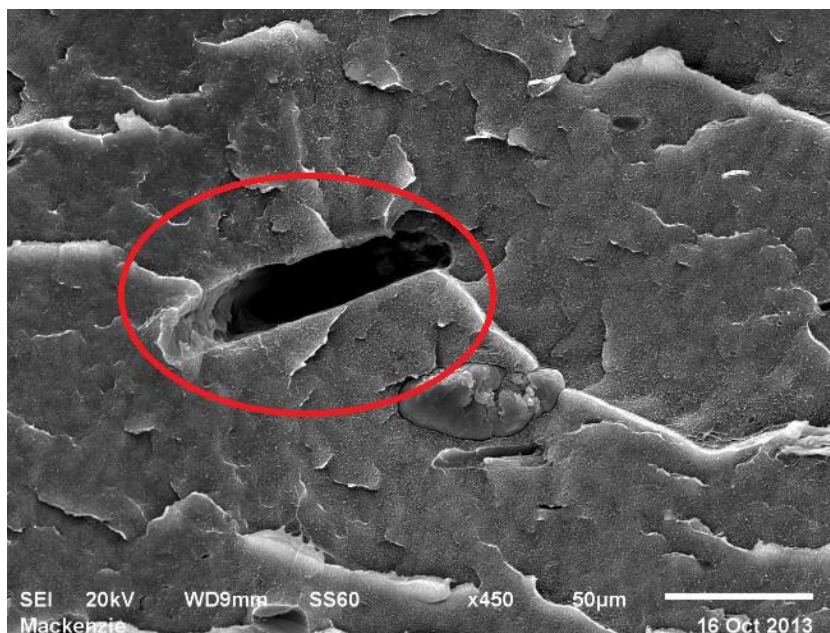


Figura 16: Micrografia do PEAD com 10% de pó de madeira (450x).

Fonte: Próprio Autor (2013).

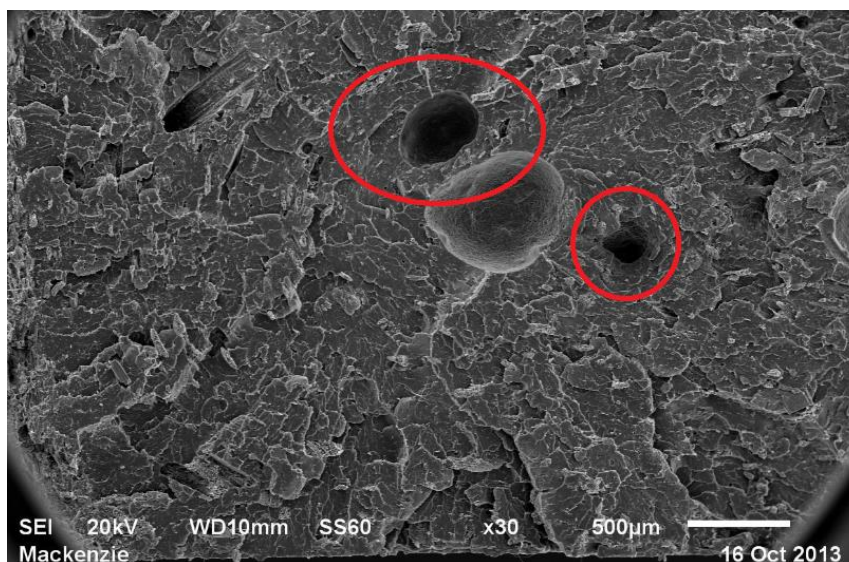


Figura 17: Micrografia do PEAD com 20% de pó de madeira (30x).

Fonte: Próprio Autor (2013).

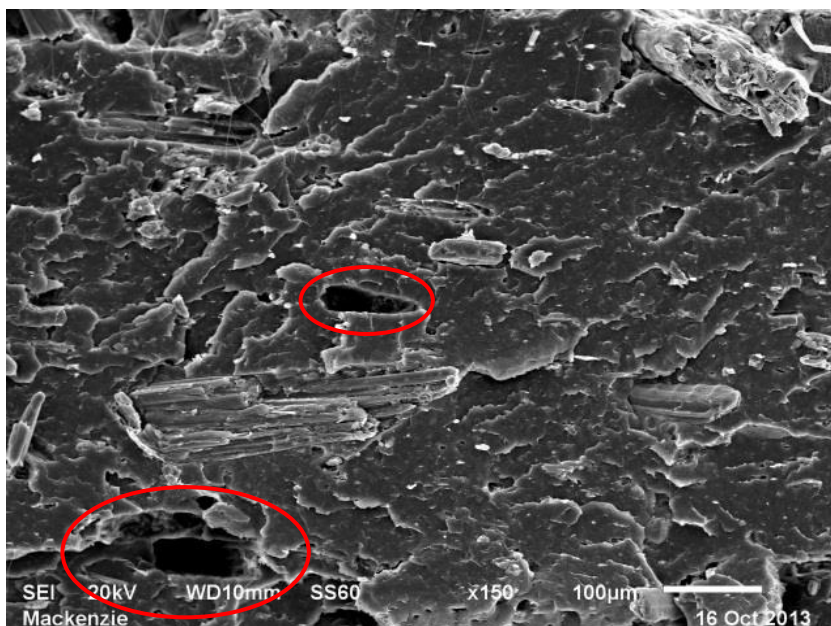


Figura 18: Micrografia do PEAD com 20% de pó de madeira (150x).  
Fonte: Próprio Autor (2013).

Santos (2011), estudando as micrografias dos compósitos de polipropileno e madeiras de *Pinus* com e sem compatibilizante, conclui que há diferença entre os compósitos e que o compatibilizante provoca maior aderência e homogeneidade entre as fibras e a matriz. E que a incompatibilidade entre as fibras naturais hidrofílicas e as matrizes hidrofóbicas é o principal problema de compósitos de fibra natural e polímero.

Sendo assim, entende-se que poderia acontecer uma melhor adesão se houvesse a utilização de um compatibilizante entre o pó de madeira e o PEAD.

## 5. CONCLUSÕES

Após estes ensaios, notou-se que os materiais provenientes de pó de madeira e plásticos por meio das combinações apresentadas para os respectivos grupos é considerada como uma estratégia eficiente, contribuindo respectivamente para minimização do uso de materiais alternativos e ou descartados contribuindo assim para redução do impacto ambiental, uma vez que os mesmos mostraram-se tão eficientes como o material puro. Outro ponto relevante é que os materiais reciclados apresentam durabilidade e rentabilidade podendo ser produzido com menor custo.

Além disso, com base nos ensaios realizados, conclui-se que a utilização de pó de madeira na fabricação de novos compósitos apresentou melhores resultados do que o PEAD puro.

Desta forma, observou-se que o resultado obtido com este estudo é satisfatório, uma vez que os resultados apresentam que ao adicionar as devidas proporções de pó de madeira utilizando-se o polímero PEAD como matriz, o mesmo resulta em acréscimo frente as resistências mecânicas, constatado ainda através dos testes de tração, flexão, dureza e impacto

Os objetivos de avaliar a viabilidade da utilização de pó de madeira para a manufatura de compósito com o PEAD como matriz polimérica e caracterizado para diferentes grupos de corpo de prova foi alcançado, o que permite assim que as empresas estudem alternativas para realizarem o reaproveitamento de materiais provenientes destes materiais

## 6. SUGESTÕES

- Como a DuPont produz equipamento de proteção individual (EPI) através do não tecido Tyvek®, sugere-se que seja observado a validade de armazenamento ultrapassada das vestimentas não contaminadas, para a fabricação dos compósitos estudados.
- Utilizar um compatibilizante na produção dos compósitos estudados e comparar com os resultados obtidos.
- Utilizar outros materiais que oferecem maior durabilidade e avaliar as propriedades mecânicas dos compósitos estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.370. Tecido Não Tecido. Publicado em: 28/02/02. Disponível em: <<http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=62423>> Acesso em: 14 Dezembro, 2014.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL. Norma AST D256. Disponível em: <[www.ast.org/standard/D256.htm](http://www.ast.org/standard/D256.htm)> Acesso em: 23 Dezembro, 2014.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL. Norma AST D638. Testing Machine. Disponível em: <[http://www.benttram.com/Standard\\_ASTMD638.html?gclid=CK3r97WI-8ICFfEF7AoduEkAvQ.pdf](http://www.benttram.com/Standard_ASTMD638.html?gclid=CK3r97WI-8ICFfEF7AoduEkAvQ.pdf)> Acesso em: 23 Dezembro, 2014.

ASSOCIAÇÃO INTERNACIONAL. Norma ASTM D790. Disponível em: <<http://www.astm.org/Standards/D790.htm>> Acesso em: 12 Dezembro, 2014.

BAHIA, Silva Helena Arias. Câncer e exposições ocupacionais no setor madeireiro, na região Norte do Brasil. 2001. 94f. Dissertação (Mestrado Interinstitucional em Saúde Pública) - FIOCRUZ/Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade Federal do Pará, 2001.

BALZER, PaLoava Santos. Estudo da Utilização de Pó de Madeira em Composto de Poli (Cloreto de Vinila), Reciclados. UNISOCIES, 2014.

CALIL JÚNIOR, C.; MINÁ, A.J.S. Vibração transversal: um método eficiente para classificação de peças estruturais de madeira. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.2, p.335-8, 2003.

CALLISTER, William D. Ciência e Engenharia de Materiais. Uma Introdução. 40ª Edição, 2008.

CANEVAROLO JR., Sebastião V. Ciência dos polímeros. Editora Atlas, 2002.

CASTRO, Ana Cristina; OLIVEIRA, Edmar et al. O desenvolvimento sustentável e as implicações da produção mais limpa: um estudo de caso no setor moveleiro. 2006. Disponível em: <[http://www.fap.com.br/artigo\\_exaluna.pdf](http://www.fap.com.br/artigo_exaluna.pdf)>. Acesso em: 6 abr. 2015.

CARASCHI, Jose Claudio; LEAO, Alcides Lopes. Avaliação das propriedades mecânicas dos plásticos reciclados provenientes de resíduos sólidos urbanos. (Artigo Científico) *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 6, p. 1599-1602, 2002.

CHOI, P.; RUDIN, A. Ciência e Engenharia de Polímeros. 3ª edição. Elsevier Editora Ltda, 2015.

COLTROL, L.; DUARTE, L. C. Reciclagem de embalagens plásticas flexíveis: contribuição da identificação correta. (Artigo Científico) *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 23, n.1. 2013.

COLTRO, L.; GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. (Artigo Científico) *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 18, n.2. 2008.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE). Disponível em: <<http://cempre.org.br/>> Acesso em: 20 Junho, 2015.

CORREA, C. A.; FONSECA, C. N. P.; NEVES, S.; RAZZINO, C. A.; HAGE Jr. Compósitos Termoplásticos com Madeira. (Artigo Científico) *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 13, n.3, p. 154-165. 2003.

CORRÊA, L. O.; GONÇALVES, M. T. T. Estudo da Usabilidade do Polietileno de Ultra Alto pela Análise da Força de Corte. 1º edição. Duque de Caxias: Espaço científico livre projetos editoriais, 2014.

COUTINHO, F. M. B. Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações. (Artigo Científico) *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 13, n.1. 2003.

CPT: Centro de Produções Técnicas. Bicho-da-seda: a seda. Acesso em: <<http://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/bicho-da-seda-a-seda>> Acesso em 21 de Junho, 2015.

DIGITROL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA. Indicadores de Temperatura. 2014. Publicado em: <<http://www.digitrol.com.br/indice-de-fluidez/plastometro-de-extrusao-para-medicao-de-indice-de-fluidez-dynisco.php>> Acesso em: 12 de Dezembro 2014.

DUPONT. Histórico da Empresa e Produtos. Disponível em: <[www.dupont.com.br/produtos-e-servicos/fabrics-fibers-nonwovens.html](http://www.dupont.com.br/produtos-e-servicos/fabrics-fibers-nonwovens.html)> Acesso em: 04 Dezembro 2014.

DUTRA G; SOARES A.L; CARLETTO M.R; Eração e reaproveitamento de resíduos na indústria madeireira. UTFPR 2010.

FONSECA, F. M. C. Desenvolvimento e caracterização de compósitos à base de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) reciclado e fibras vegetais. 2005. 133f. Dissertação de Mestrado. Redemat, UFOP/CETEC/UEMG, Ouro Preto, 2005

FORUM TÊXTIL. História das Fibras. Disponível em: <[www.forumtextil.com.br/fibrahist.htm](http://www.forumtextil.com.br/fibrahist.htm)> Acesso em: 23 Dezembro, 2014.

GARCIA A. Ensaio dos Materiais. Livros técnicos e científicos Editora Atlas, 2000.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDESTEIN, F. Portal do Microscópio. Estudo e Informações Detalhadas Sobre Equipamentos. Publicado em: 2002. Disponível em: <<http://fap.ifsc.usp.br/~nandast/mev.html>> Acesso em: 13 Dezembro, 2014.

GOLVEIA, Nelson et al. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. (Artigo Científico) *Ciência Saúde Coletiva*, v.17, n.6. 2012.

HILLIG, E.; IWAKIRI, S.; ANDRADE, M. Z.; ZATTERA, A. J. Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (HDPE) e serragem da indústria moveleira. (Artigo Científico) *Árvore*, v. 32, n.2. 2008.

KARLA, I. R.; DILMA, A. C.; Compósitos de polietileno reciclado e partículas de madeira de reflorestamento tratadas com polietileno modificado. (Artigo Científico) *Polímeros*, v.18, n.1. 2008.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P.; WEAVER, G. C. Chemistry & Chemical Reactivity. 1º edição. Thomson Brooks, 2005.

KUASNE, Ângela. Fibras Textis. Apostila, Arangua, 2008. Disponível em: <[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila\\_fibras.pdf](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila_fibras.pdf)> Acesso em 23 Dezembro, 2014.

LANGE, Jette Bornholdt. Effects of wood dust: inflammation, genotoxicity and cancer. 2008, 116f. Thesis (Doctored in Occupational Health) - Faculty of Health Science at the University of Copenhagen, Denmark, 2008.

LEAL, Maria Fatima Mendes. A Qualidade de Vida na Indústria Madeireira na Região Amazônica. Publicado em: Ago/2005. Disponível em: < <http://www.amazon.com.br>>. Acessado em: 18 de Dezembro de 2014.

LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos da metodologia científica. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

LOPES, M. P.; LOPES, M. L. A Durabilidade dos Geossintéticos. Norprint, 2009.

LUNELLI. Algodão, a fibra que é tendência. Acesso em: < <http://www.lunelli.com.br/blog/algodao-a-fibra-natural-que-e-tendencia.html> > Acesso em 21 de Junho, 2015.

MACIEL, A. da S. Chapas de partículas aglomeradas de madeira de *Pinus elliotti* ou *Eucalyptus grandis*, em mistura com poliestireno e polietileno tereftalato. 2001, 115p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.2001.

MANO, Eloisa Biasotto e MENDES, Luís Cláudio. Introdução a Polímeros. 2º edição. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MCMURRY, J. Química Orgânica. 8º edição. Cengage Learning, 2012.

MITUTOYO, Sul Americana. Histórico da Empresa. Catálogo de Produtos e Equipamentos. Acesso em: <[www.mitutoyo.com.br/catalogo-produto.pdf](http://www.mitutoyo.com.br/catalogo-produto.pdf)> Acesso em 14 de Dezembro, 2014.

MONTENEGRO, R. S. P.; ZAPORSKI, J.; RIBEIRO, M. C. M. Polietileno de alta densidade. Disponível em: <[www.bnds.gov.br/conhecimento/relato/peadx.pdf](http://www.bnds.gov.br/conhecimento/relato/peadx.pdf)> Acesso em: 23 Novembro, 2014.

MORA, A. L. GARCIA, C. H. A Cultura do Eucalipto no Brasil. São Paulo. 2013. 136, p.

MORASSI, ODAIR JOSE. Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros. São Paulo. SBS. 2000. 112, p. Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/sms/files/file/apostila\\_pol%C3%ADmeros\\_0910082013\\_site.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/apostila_pol%C3%ADmeros_0910082013_site.pdf)> Acesso em: 09 Abril, 2015.

NETO, A. T.; Estudo de compósitos poliméricos biodegráveis de poli-hidroxibutirato(phb), poli  $\epsilon$ -caprolactona (pcl) e pó de madeira). 2011. 85p. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial.) Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Salvador.2011.

OLIVEIRA, Evelyn; OLIVEIRA, Emily; COSTA, Raissa. Madeira plástica. 2013. 11, p. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-technico/downloadsDT/Mjc2Nzg=>> Acesso em: 09 Abril, 2015.

PASCOE, R. D.; O'CONNELL, B.; Waste Management. Ed. Thours, 2003.

PEREIRA, Nilson Casemiro. Fabricação de tubos e perfis termoplásticos reforçados, a partir de polímeros reciclados, para atender à comunidade de baixa renda, em aplicações na construção civil ou agricultura. Projeto de Pesquisa, 2003. Disponível em: < [www.mackenzie.com.br/7503.98.html](http://www.mackenzie.com.br/7503.98.html)> Acesso em 23 Novembro, 2014.

PEREIRA, A.; CARVALHO, L.; PINTO, A. Resíduo de madeira: limites e possibilidades de seu uso como matéria-prima alternativa, 2010. Disponível em: <<http://blogs.anhembri.br/congressodesign/anais/artigos/69847.pdf>>. Acesso em: 09 Novembro 2014.

RICK, U.; JENNY, T.; RUSTER, U. Plástico Industrial. Ed. Atica, 2002.

ROCHA, F. T.; FLORHEIM, S. M. B.; COUTO, H. T. Z. Variação das dimensões dos elementos anatômicos da madeira de árvores de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden aos sete anos. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 43-55, 2004.

ROMERO, L.; VIEIRA, J.; MARTINS, R. MEDEIROS, L. Relato setorial: Fibras artificiais e sintéticas. 1995. Disponível em: <[www.bndes.gov.br/export/default-galerias/fibras.pdf](http://www.bndes.gov.br/export/default-galerias/fibras.pdf)> Acesso em: 04 Novembro, 2014.



SANTOS, Lucas Pereira. Otimização da preparação de polipropileno maleatado via extrusão reativa para reforço mecânico em compósitos. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, 2011.

SENAI. Apostila de Soldagem. Coleção Tecnológica, Séries, 2007.

SILVA, J. C. Eucalipto: a madeira do futuro. Revista da Madeira, edição especial, 2011. 114p.

SOARES, M. A. Reciclagem de Plásticos. Curso de Pós Graduação. UNICASTELO, São Paulo, 2006.

SOUZA, S.A. Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos. Fundamentos Teóricos e Práticos. 9ª Edição, Editora: Edgard, 2004.

SOUZA, C.R. et al. Comportamento da Acácia Mangium e de Clones de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla em plantios experimentais na Amazônia Central. Scientia Forestalis, n.65, p.95-101, 2004.

SPINACÉ M.A.S; PAOLI M.A. A Tecnologia da Reciclagem de Polímeros. Quim. Nova, Vol. 28, No. 1, 65-72, 2005.

STRASSER, Susan. Waste and want: a social history of trash. 1ª Edição, 2000.

TEIXEIRA, G. Avaliação e Metodos de Aprendizagem. Editora Atica, 2008.

TINIUS EQUIPAMENTS. Histórico e Catálogo de Produtos. Disponível em: <<http://www.tiniusolsen.com/catalogo.pdf>> Acesso em: 04 Dezembro, 2014.

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE. Laboratório de Ensaio Mecânicos. Disponível em: <[www.mackenzie.br/bibliotecas/normas.pdf](http://www.mackenzie.br/bibliotecas/normas.pdf)> Acesso em: 23 Dezembro, 2014.

YAMAJI, F. M. Produção De Compósito Plástico-Madeira a Partir de Resíduos da Indústria Madeireira. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004, p. 192. Disponível em: <[http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf\\_dr/2004/t174\\_0203-D.pdf](http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao/defesas/pdf_dr/2004/t174_0203-D.pdf)> Acesso em: 03 Novembro, 2014.