Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA
Programa de Mestrado – PROMES
Mestrado Profissional de Materiais

EXAME DE DEFESA:

REAPROVEITAMENTO DE PALLETS INDUSTRIAIS PARA PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

ALUNA:
VERA CRISTINA MARCZUK

ORIENTADORA:
DR.ª DANIELLA REGINA MULINARI

Sumário

- Justificativa
- Objetivo
- Introdução
- Materiais e Métodos
- Resultados
- Conclusão

JUSTIFICATIVAS

- Diminuir os danos ao meio ambiente;
- Materiais mais resistentes;
- Competição com os materiais tradicionais; e
- Maior proteção e segurança dos animais de estimação.

Objetivo Geral

Desenvolver um compósito de polipropileno reforçado com fibras provenientes de pallets industriais que obtenha características mecânicas para viabilizar seu uso em caixas para transportes de animais.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Preparar os compósitos PP reforçados com fibras de pallets industriais: misturador termocinético e moldagem por injeção;
- Estudar composições variáveis das fibras na matriz;
- Estudar a influência do uso de agente compatibilizante; e
- Caracterizar os compósitos para avaliar a aplicação futuras em caixas de transporte de animais.

INTRODUÇÃO

Caixa de Transporte para animais – Funcionalidades:

- Viajar no carro;
- Circulação de ônibus intermunicipais no país;
- Viagens de aviões.

INTRODUÇÃO

COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRAS NATURAIS

- Materiais ecologicamente corretos;
  - a crescente perspectiva de economia de energia por meio da redução de peso dos componentes;

Mercedes e as fibras naturais

BMW e as fibras naturais

  - os aspectos ligados à recuperação das matérias-primas;
  - Vantagens das fibras naturais comparadas as fibras sintéticas.

INTRODUÇÃO

VANTAGENS DAS FIBRAS NATURAIS COMPARADAS AS FIBRAS SINTÉTICAS:

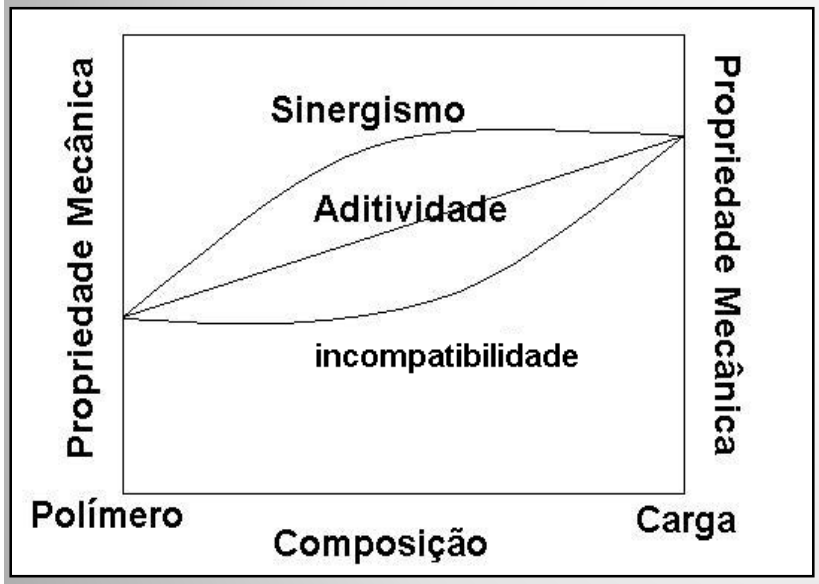
- **são produzidas por fontes renováveis;**
- **melhor capacidade de isolação térmica e sonora;**
- **baixo custo;**
- **baixa densidade;**
- **não são prejudiciais à saúde;**
- **são biodegradáveis;**
- **menos abrasivas ao equipamento de processamento; e**
- **podem ser incineradas.**

DESVANTAGENS:

- **fraca adesão em seu estado natural a inúmeras matrizes; e**
- **tendência de formar aglomerados durante o processamento.**

INTRODUÇÃO

PREPARAÇÃO DOS COMPÓSITOS

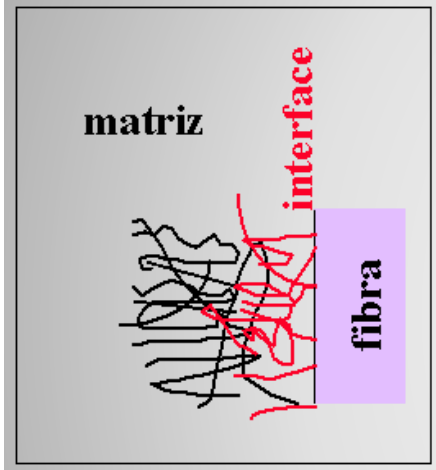


Possíveis comportamentos de propriedades de um material compósito em função da composição dos componentes

- ESTABILIDADE TÉRMICA DAS FIBRAS
- DISPERSÃO DAS FIBRAS NA MATRIZ
- FRAÇÃO VOLUMÉTRICA
- INTERFACE FIBRA/MATRIZ
- PROCESSAMENTO

INTRODUÇÃO

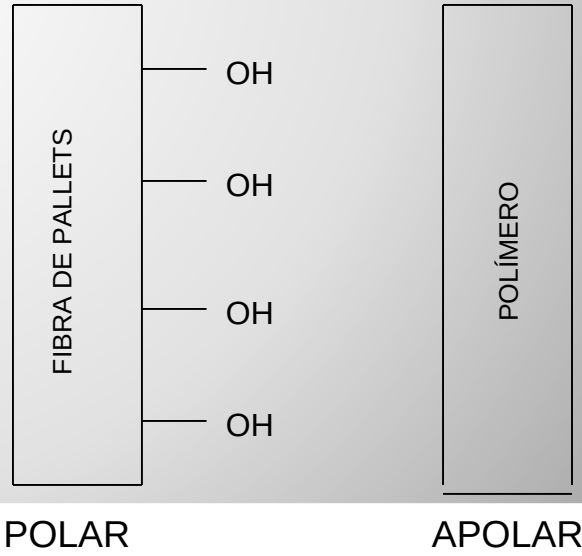
TRATAMENTO E MODIFICAÇÃO QUÍMICA DOS MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS



INTERFACE

- Grau de contato (molhabilidade)
- Forças coesivas (adesividade)

- **A interface é a região onde ocorre o contato entre os componentes do compósito;**
- **A região interfacial é responsável pela transferência da solicitação mecânica da matriz para o reforço.**



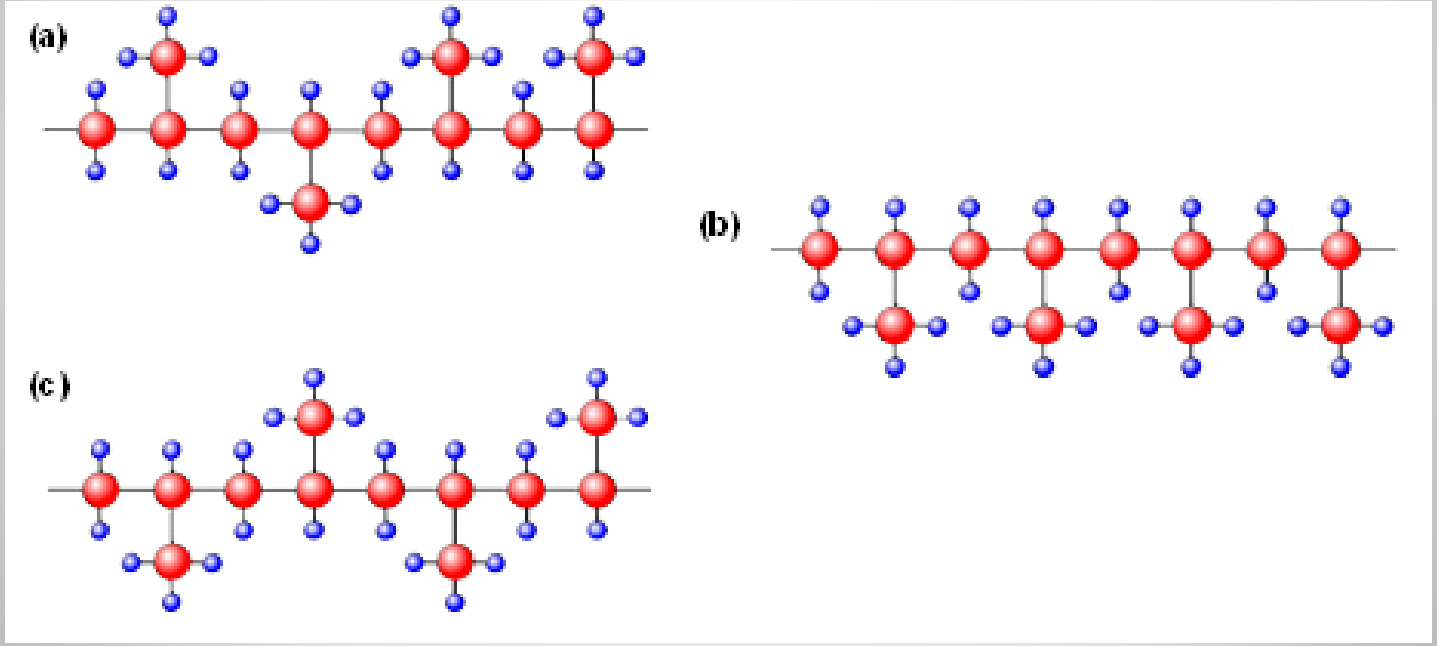
INTRODUÇÃO

POLIPROPILENO COMO MATRIZ POLIMÉRICA

- Mantém a integridade estrutural do compósito;
- Versátil;
- Facilidade de processamento;
- Reciclável; e
- Boa resistência ao impacto.

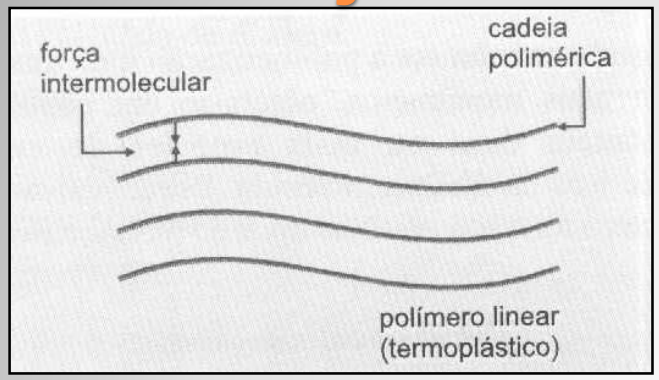
INTRODUÇÃO

Polipropileno

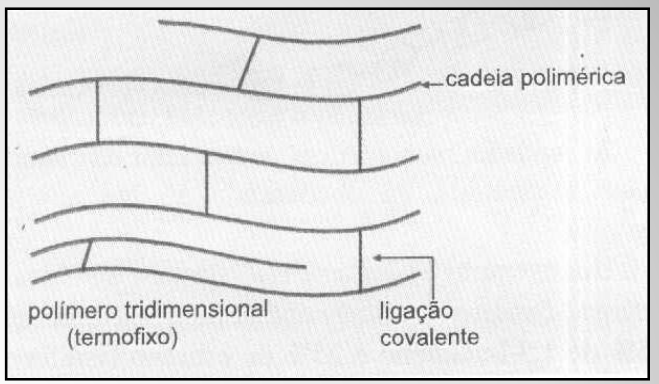


Estrutura isoméricas: polipropileno atático (a); polipropileno isotático (b); polipropileno sindiotático (c). (CUNHA, 2010)

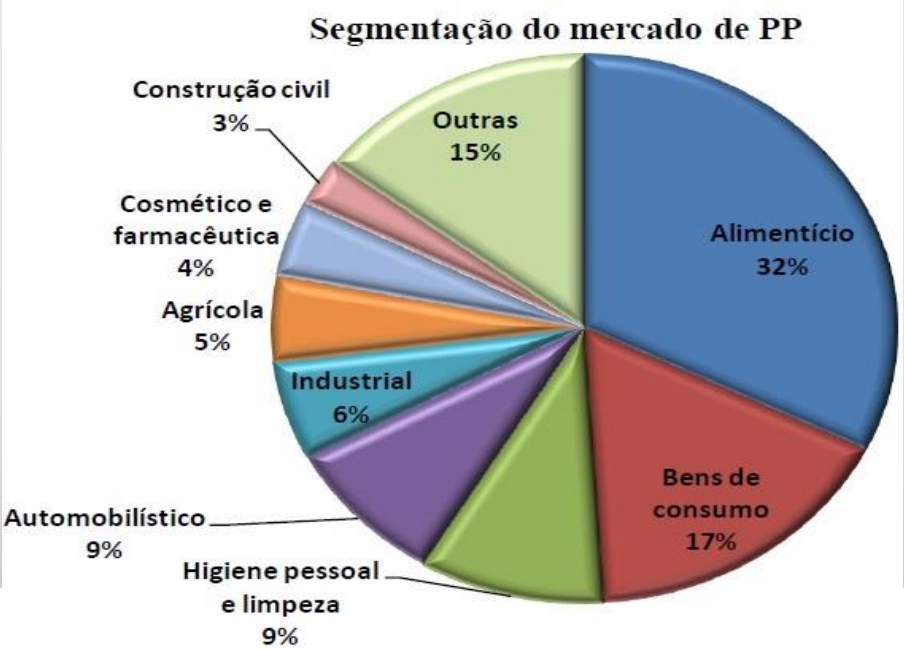
INTRODUÇÃO



Termoplásticos



Termorrígidos



PROCESSAMENTO DOS COMPÓSITOS

- Misturador termocinético; e
- Máquina injetora.

Misturador termocinético

Máquina injetora

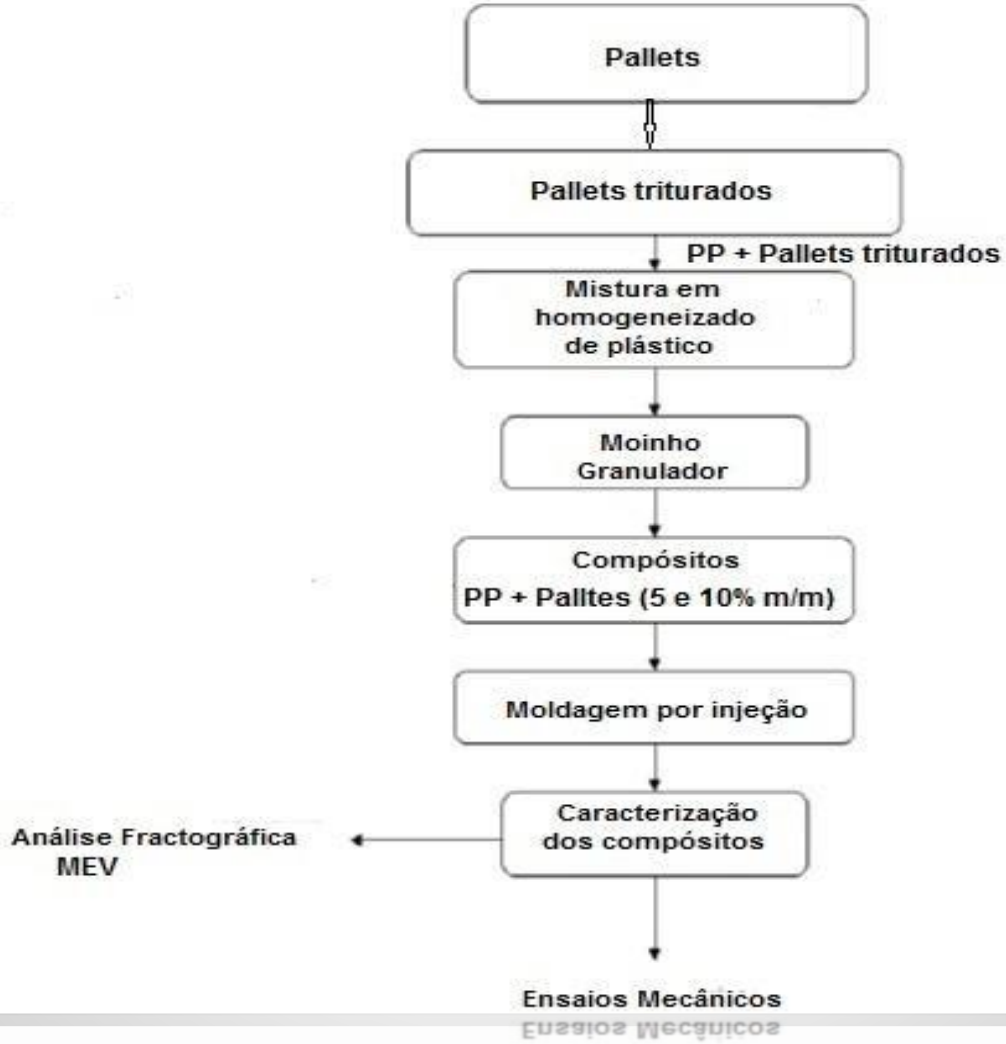
PROPRIEDADES MECÂNICAS

- Tração
- Flexão
- Impacto
- Dureza

ESTUDO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

- Exposição ao intemperismo acelerado

MATERIAIS E MÉTODOS



MATERIAIS E MÉTODOS

Plaina de Baldan

Fibras em flocos

Fibras trituradas e peneiradas com 10 e 28 mesh.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização das Fibras Provenientes dos Pallets Industriais

Difratometria de Raios X (DRX)

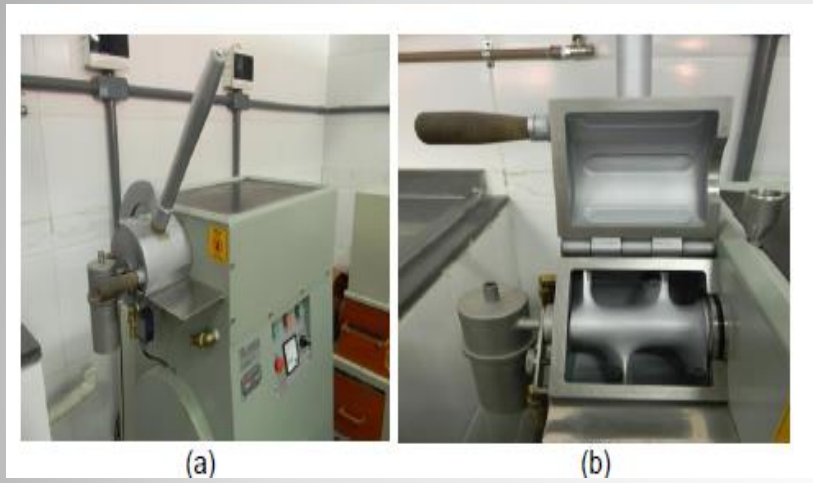
- Estrutura física;
- Parâmetros de rede; e
- Espaçamento interplanar.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

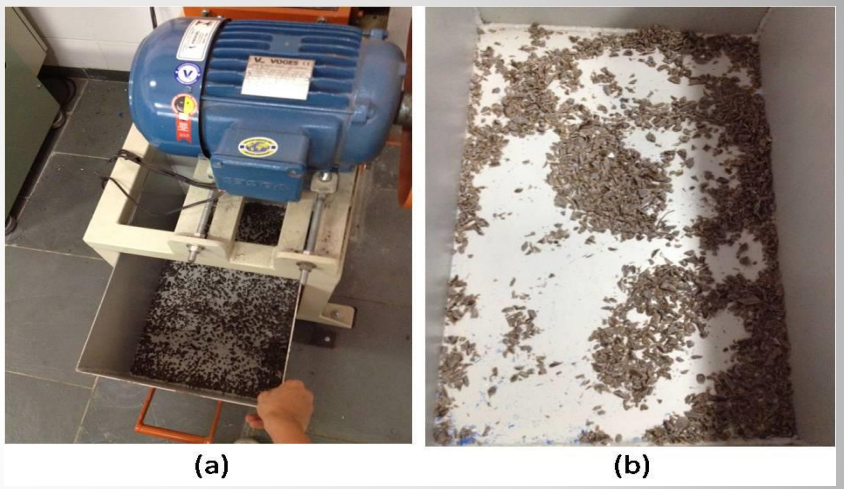
- Morfologia; e
- Aspectos superficiais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Processamento para a obtenção do compósito



Homogeneizador termocinético



Moinho granulador

Material obtido após a mistura

Máquina Injetora

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição dos compósitos de PP reforçados com fibras

Amostra	Quantidade de PP (% m/m)	Quantidade de reforço (% m/m)	Quantidade de PP-g-MAH (% m/m)
PP	100	--	--
CP5%	95	5	--
CP10%	90	10	--
CPA5%	85	5	10
CPA10%	80	10	10

CP (compósitos PP reforçados com fibras de pallets *in natura*); CPA (compósitos PP reforçados com fibras de pallets *in natura e* compatibilizados com PP-g-MA)

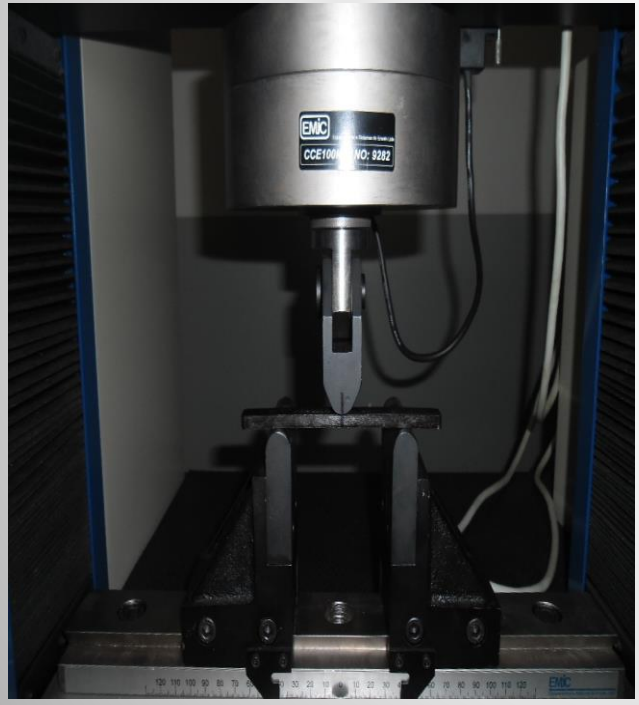
MATERIAIS E MÉTODOS

ENSAIO DE TRAÇÃO

ENSAIO DE IMPACTO

MATERIAIS E MÉTODOS

ENSAIO DE FLEXÃO



ENSAIO DE DUREZA

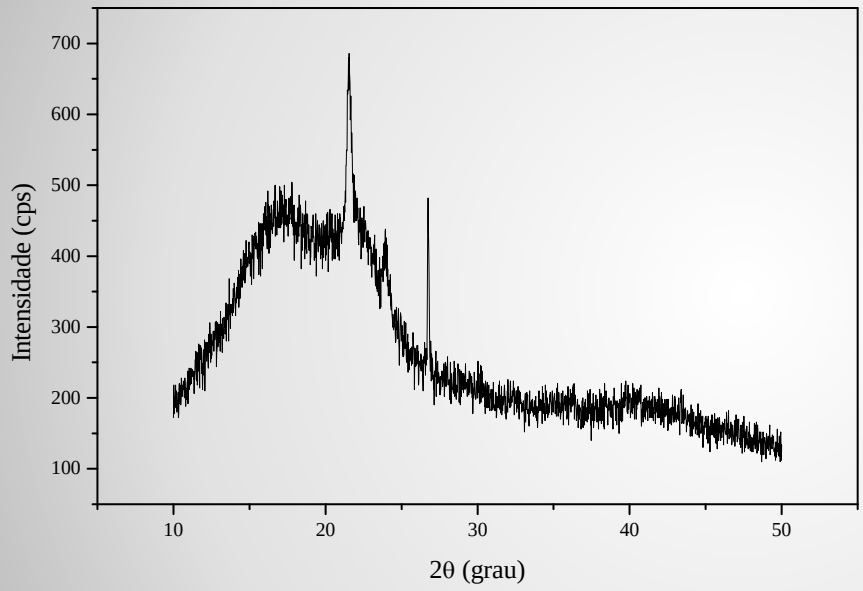
MATERIAIS E MÉTODOS
ESTUDO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Corpos de provas imersos em água

MATERIAIS E MÉTODOS
EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO ACELERADO

Câmara de intemperismo acelerado marca Equilan

DIFRATOMETRIA DE RAIOS-X



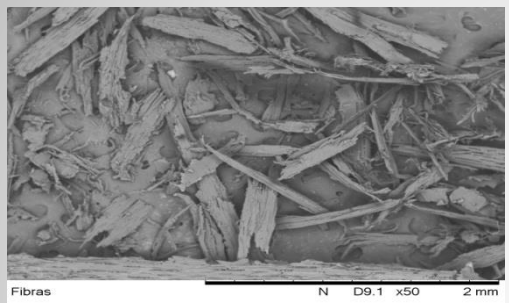
Difratograma de Raios-X das fibras provenientes de pallets industriais

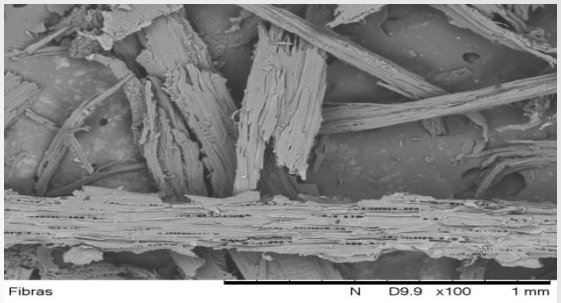
Índices de cristalinidade das fibras provenientes de pallets industriais

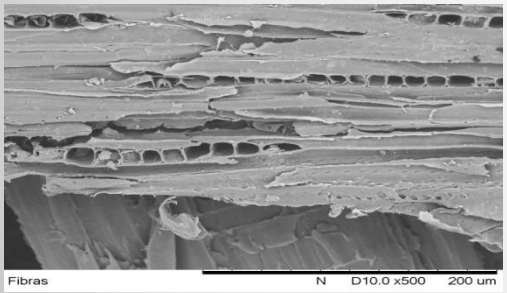
MATERIAL	I_{am}	$I_{(002)}$	I_C
FIBRA *IN NATURA*	480,35	673,13	27,6%

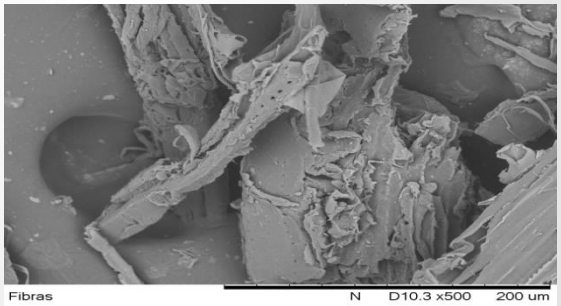
RESULTADOS

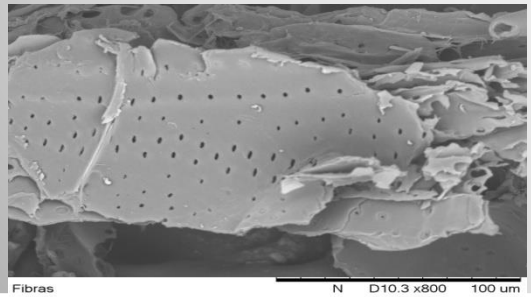
MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

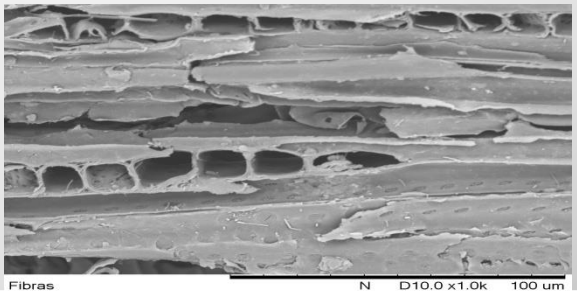






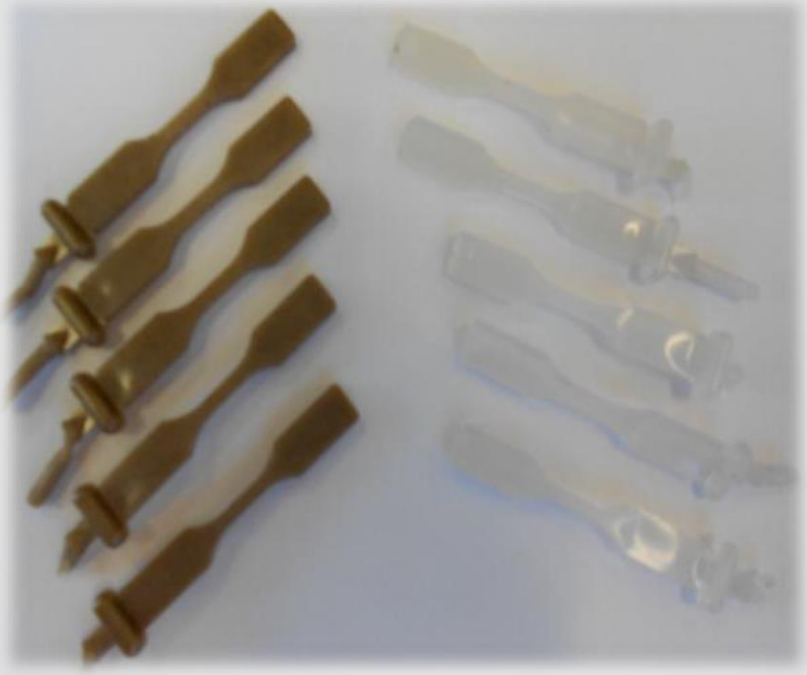






RESULTADOS

OBTENÇÃO DOS COMPÓSITOS



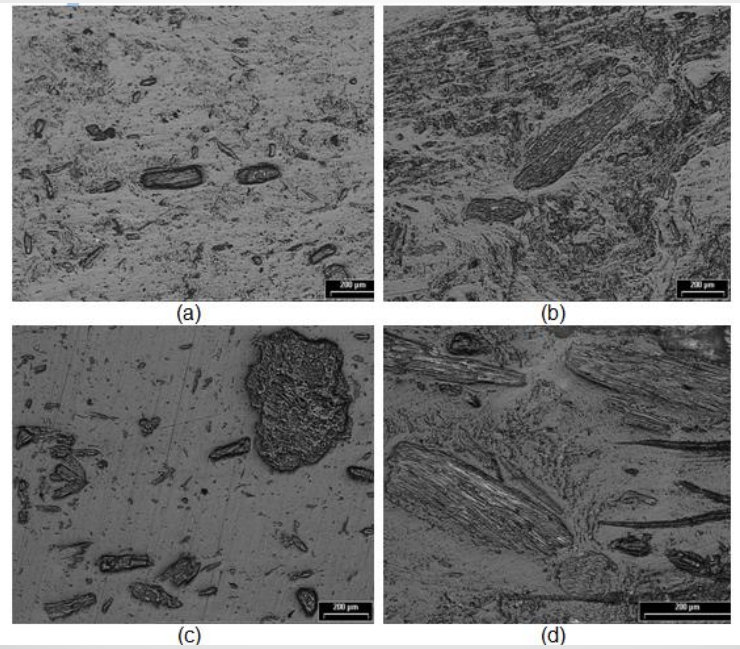
Corpos de prova obtidos para os ensaios mecânicos

RESULTADOS

MICROSCOPIA ÓPTICA

Dimensões das fibras antes e após a mistura com PP.

Tipos de fibras	***Antes da mistura***		***Após a mistura***	
	C (µm)	***D (µm)***	***C (µm)***	***D (µm)***
Pinus (pallets)	190 - 900	10 -30	100 – 550	5 – 20



MO dos compósitos: a) CP5%- 50X; (b) CP10%- 50X; (c) CPA5%- 50X; (d) CPA10%- 50X.

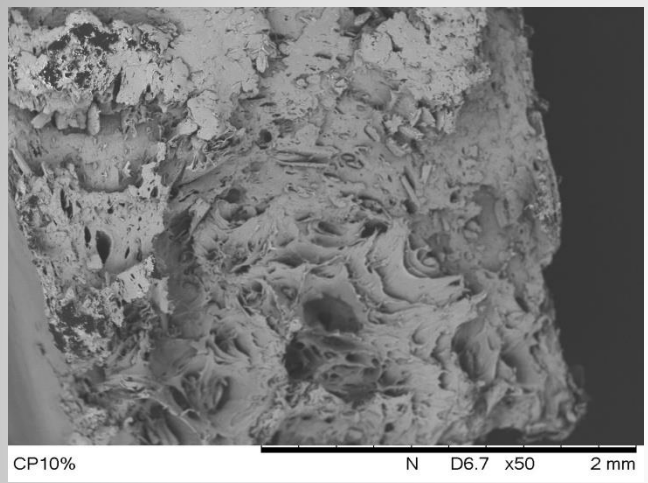
RESULTADOS

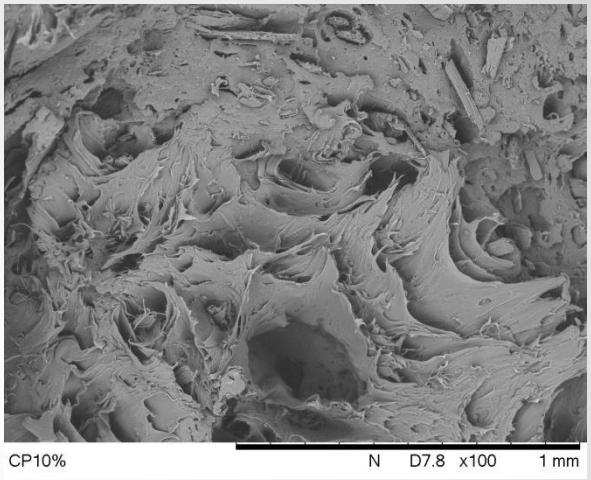
ENSAIOS DE TRAÇÃO

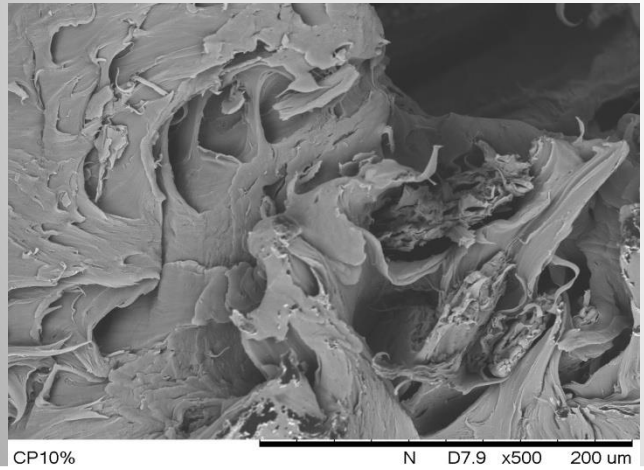
Valores do limite de resistência à tração

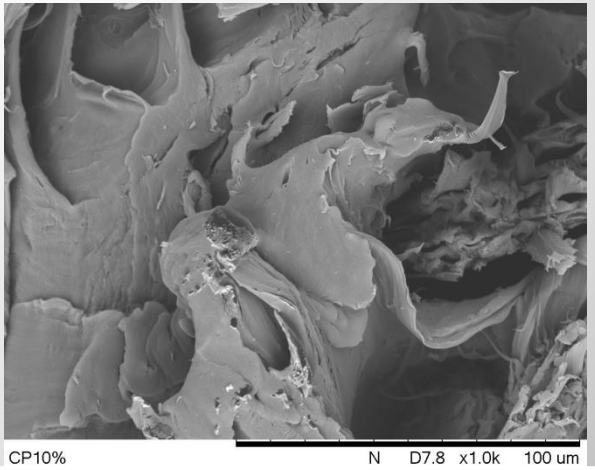
AMOSTRAS	***Alongamento (%)***	***Limite de resistência à tração (MPa)***	***Tensão de Escoamento (MPa)***	***Módulo de Elasticidade (MPa)***
PP	26,41 ± 3,9	25,15 ± 1,4	14,62 ± 1,28	1018,2 ± 55,8
CP5%	26,74 ± 2,1	21,9 ± 1,4	12,82 ± 0,72	879,1 ± 31,2
CP10%	23,91 ± 2,65	22,3 ± 1,4	14,49 ± 0,37	990,3 ± 59,4
CPA5%	24,65 ± 0,65	27,3 ± 0,3	16,84 ± 0,48	1189,8 ± 70,2
CPA10%	21,62 ± 1,77	26,8 ± 0,75	17,15 ± 0,86	1361,5 ± 89,5

MEV DOS COMPÓSITOS APÓS ENSAIOS DE TRAÇÃO









RESULTADOS

ENSAIOS DE FLEXÃO

AMOSTRAS	Resistência à flexão (MPa)	Módulo de Elasticidade (MPa)
PP	28,4 ± 12,9	**824,8 ± 46,6**
CP5%	40,45 ± 4,9	**1176 ± 184,8**
CP10%	33,8 ± 1,1	**1153 ± 52,4**
CPA5%	29,6 ± 2,9	**933,1 ± 106,8**
CPA10%	**38,2 ± 3,1**	**1377 ± 147,8**

RESULTADOS

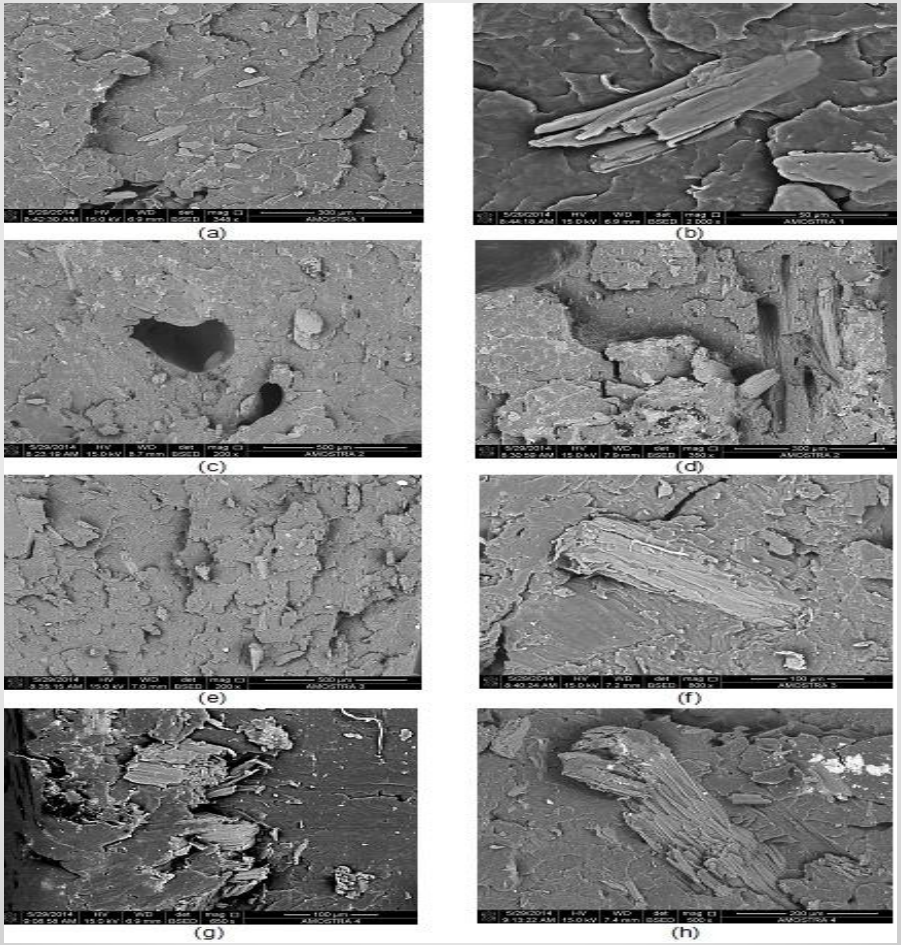
ENSAIOS DE IMPACTO

Valores do limite de resistência ao impacto

AMOSTRAS	***Energia (J)***	***Resistência ao Impacto (kJ/m²)***
PP	4 ± 0,2	45,1 ± 0,2
CP5%	4 ± 0,3	50,6± 0,9
CP10%	3,75 ± 0,1	47,9 ± 0,6
CPA5%	4 ± 0,2	51,5± 1,1
CPA10%	3,75 ± 0,2	54,7± 1,1

RESULTADOS

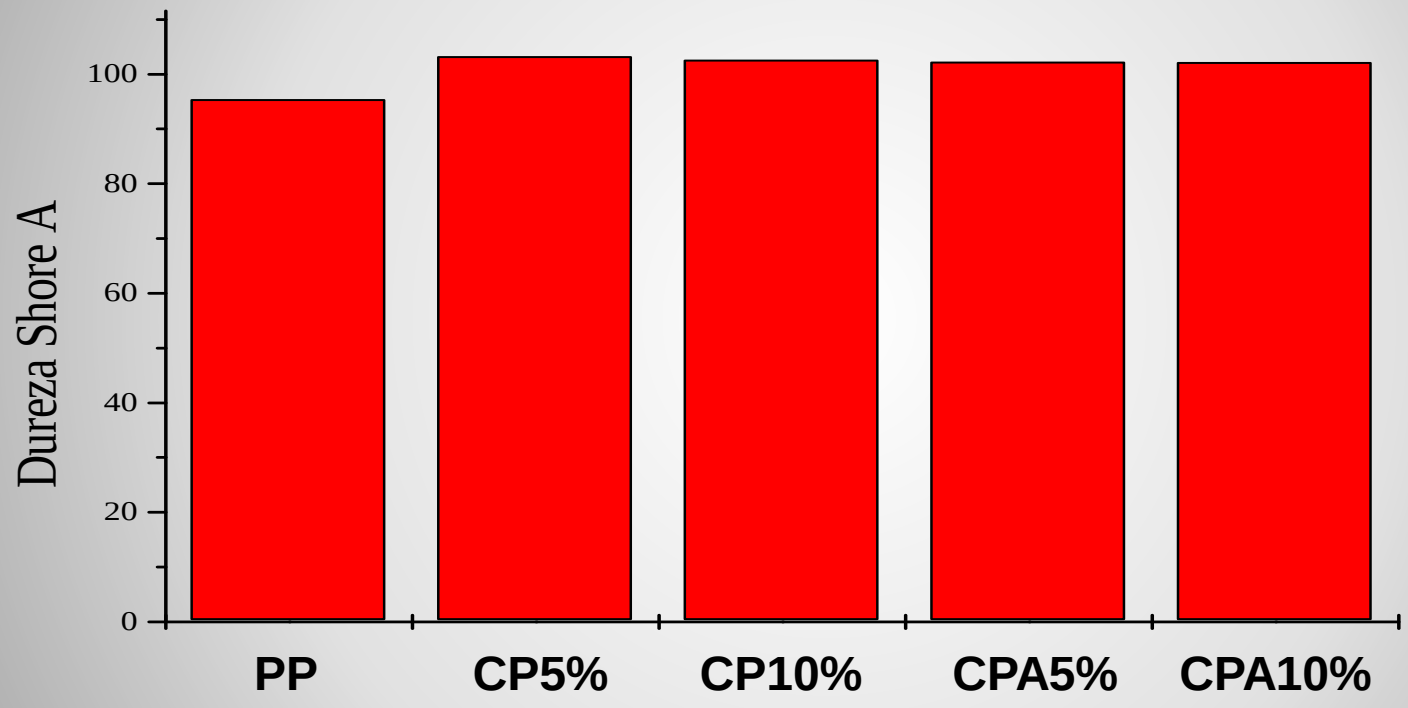
ANÁLISE DE FRATURA



MEV dos compósitos após o ensaio de impacto: (a, b) CP5%; (c, d) CP10%; (e, f) CPA5%; (g, h) CPA10%.

RESULTADOS

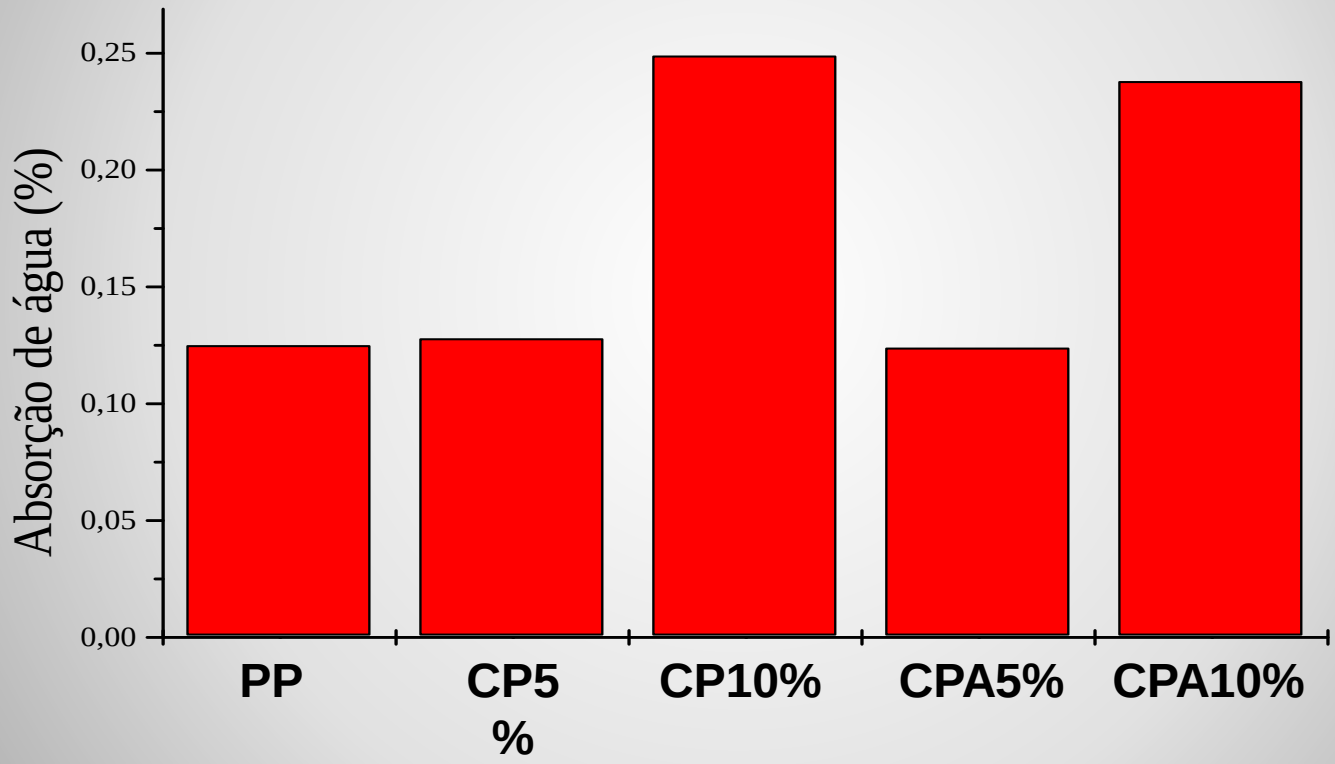
ENSAIOS DE DUREZA



Dureza Shore A do PP puro e dos compósitos

RESULTADOS

ESTUDO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA



Absorção de água do PP puro e dos compósitos

RESULTADOS

EXPOSIÇÃO AO INTEMPERISMO ACELERADO

AMOSTRAS	Resistência à tração antes do intemperismo (MPa)	Resistência à tração após o intemperismo (MPa)
PP	25,15 ± 1,4	**26,6± 0,5**
CP5%	21,9 ± 1,4	**20,3 ± 0,2**
CP10%	22,3 ± 1,1	**20,6 ± 0,8**
CPA5%	27,3 ± 0,3	**22,4 ± 1,2**
CPA10%	**26,8 ± 0,8**	**24,8 ± 1,9**

CONCLUSÕES PRELIMINARES

CARACTERIZAÇÃO DAS FIBRAS:

- As fibras provenientes dos pallets industriais apresentaram característica de um material semicristalino e com o índice de cristalinidade inferior quando comparados a outras fibras;
- A morfologia das fibras evidenciou uma superfície homogênea, a qual não contribuiu para interação fibra/ matriz;

CARACTERIZAÇÃO E OBTENÇÃO DOS COMPÓSITOS:

- o uso da moldagem por injeção foi interessante, pois tornou o processo rápido e reprodutível fazendo com que seja perfeitamente viável o uso deste material em escala industrial;
- com a adição de fibras na matriz de PP e o agente compatibilizante obteve-se um material com até 10% menos polímero e com propriedades mecânicas viáveis para determinadas aplicações do PP, em que o custo e o módulo elástico são mais importantes que a ductilidade.
- no ensaio de absorção de água, a adição de PP-g-MAH influenciou nos resultados, pois os mesmos apresentaram menor percentual de absorção quando comparados aos demais compósitos;
- a exposição ao intemperismo acelerado nos compósitos não afetou as propriedades mecânicas;

Com base nesses resultados conclui-se que as fibras provenientes de pallets industriais podem ser aplicados em matrizes poliméricas para um futuro desenvolvimento de um novo material (caixa de transporte de animais), criando assim um material sustentável.