



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**COMPORTAMENTO DAS FIBRAS AGROENERGÉTICAS DE COCO BABAÇU
EM MATRIZES POLIMÉRICAS**

Aluno: Frederico Borges de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Valdés Serra

Palmas - TO

2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(CIP)**
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do
Tocantins**

- A447c Almeida, Frederico Borges de.
Comportamento das Fibras Agroenergéticas de Coco
Babaçu em Matrizes Poliméricas. / Frederico Borges de
Almeida. - Palmas, TO, 2017.
147 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal
do Tocantins - Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-
Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2017.
Orientador: Juan Carlos Valdés Serra
1. Resíduos Agroenergéticos. 2. Fibras do Coco Babaçu. 3.
Materiais Compósitos. 4. Ensaio Mecânico em Materiais
Compósitos. I. Título

CDD 333.7

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS - A reprodução total ou parcial, de
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado
desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº
9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha
catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITARIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**COMPORTAMENTO DAS FIBRAS AGROENERGÉTICAS DE COCO BABAÇU
EM MATRIZES POLIMÉRICAS**

Aluno: Frederico Borges de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Valdés Serra

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Tocantins
como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Mestre em
Agroenergia (Processos de obtenção
de biocombustíveis e avaliação de
aproveitamento de seus resíduos.).

Palmas - TO

2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROENERGIA**

**COMPORTAMENTO DAS FIBRAS AGROENERGÉTICAS DE COCO BABAÇU
EM MATRIZES POLIMÉRICAS**

ALUNO: _____

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente:

Prof. Dr. Juan Carlos Valdés Serra

Universidade Federal do Tocantins- UFT

Examinadores:

Prof. Dr. Raydel Lorenzo Reinaldo

Universidade Federal do Tocantins- UFT

Prof. Dr. Joel Carlos Zukowski Júnior

Universidade Federal do Tocantins- UFT

Data da Defesa: ____ / ____ / ____

(ASSINATURA DO ORIENTADOR)

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus familiares que potencializaram a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que por este longo e árduo caminho me apoiaram e acreditaram em meu sonho:

A Deus por me conceder vida e saúde para seguir em frente.

Ao meu orientador, Dr. Juan Carlos Valdés Serra que contribuiu significativamente para a construção desta dissertação e que sem a sua colaboração o desenvolver desta ficaria comprometido.

Aos meus amados pais, João Batista de Almeida e Nauremi Nunes Borges de Almeida que desde sempre me nortearam em etapas importantes da minha vida e nesta não fora diferente.

A minha vó Ana da Silva Almeida, que sempre olhou os meus cadernos para saber o que eu andava fazendo durante minha vida de estudante e que diante de cada olhada sempre me incentiva a mais.

O que dizer de vocês, minha irmã Janaína Borges de Almeida, meu cunhado Wesley Rodrigues Farias e meus sobrinhos Cauê Rodrigues de Almeida e Ana Luísa Rodrigues de Almeida? Agradeço pela coragem que me deram em dias de luta para seguir sempre de cabeça erguida em busca dos meus sonhos.

A minha Irmã Luana Nunes Borges Viana Camelo, ao meu cunhado Sandro Faquin, ao meu sobrinho Caio Nunes Viana Faquin, que compartilharam comigo momentos especiais em que nestes, as trocas de experiências me fortaleceram e impulsionaram mais ainda meus sonhos rumo às realizações.

A você minha noiva Brenda Victória R. S. e Souza te agradeço por ser um vetor importante nestes momentos e me incentivar pela busca incessante do conhecimento.

No decorrer da graduação construímos uma família dotada de pessoas que abraçam as causas uns dos outros e que nesta mutualidade os elos edificados ganham limites de escoamento que tendem ao infinito: Amanda Sousa e Julianne Cutrin, sou extremamente grato por deixarem brotar esta árvore genealógica e por dividirem comigo esta aventura de mergulhar no mundo do desconhecido e de lá sair com os instintos cognitivos mais aguçados.

Aos técnicos dos Laboratórios que me auxiliaram durante os ensaios e na utilização dos materiais: Alexandre e Jesiel.

A Universidade Federal do Tocantins por ceder o Laboratório de Materiais Compósitos.

A Faculdade Católica do Tocantins por ceder o Laboratório de Materiais de Construção.

A Universidade Federal de Goiás por ceder o Laboratório Multiusuário de Microscopia.

Ao Centro Luterano de Palmas por ceder o Laboratório de Materiais de Construção.

RESUMO

O coco babaçu é um agente em potencial na geração de produtos, tendo como exemplo o biodiesel, o seu processamento, além dos produtos, geram resíduos dos quais podem ser direcionados para locais que acondicionam resíduos comuns ou serem aproveitados, estes resíduos têm um percentual de fibras relevante para a fabricação materiais compósitos. Diante do exposto, este trabalho produziu um material compósito reforçado com fibras residuais agroenergéticas do coco babaçu em diferentes matrizes poliméricas e com tratamentos diferentes da fibra. O material compósito foi produzido com percentual de 45% de matriz polimérica e 55% de fibras, sob a combinação de fibras que foram tratadas de formas distintas, de dois tamanhos diferentes e estruturadas juntamente com três matrizes poliméricas, resultando assim em 12 materiais compósitos de traços distintos. As fibras utilizadas para a construção do material compósito foram utilizadas *in natura* e lavadas ambas após sofrem desfibrilamento, a homogenização com as matrizes poliméricas foi realizada em uma argamassadeira automática. Após homogeneização, as fibras e a matriz polimérica foram moldadas à compressão em um molde prismático, dando origem então aos materiais compósitos. Os corpos de prova para os testes de densidade, tração, flexão, compressão, absorção de água foram originados com dimensões normatizadas. Os materiais compósitos obtidos foram submetidos à testes de densidade, tendo como resultado parcial 1,39g/cm³; tração, tendo como resultado parcial 38,40Kgf/cm²; flexão, tendo como resultado parcial 152,08N; compressão, em que seus resultados variaram entre 6,84Mpa e 22,40Mpa; absorção de água em 2h, em que seus resultados variaram entre 25,52% e 54,62%; absorção de água em 24h, em que seus resultados variaram entre 29,42% e 63,16% e a microscopia eletrônica de varredura que demonstrou um maior índice de vazios nos materiais compósitos de fibras que apresentavam dimensões inerentes à separação em peneiras de malha de 1,2mm e também foi possível verificar que os tratamentos dados à fibra não resultaram em melhoras significativas na adesão entre matriz e fibras.

Palavras-chave: Materiais compósitos; fibra de coco babaçu; resíduos agroenergéticos.

ABSTRACT

Babaçu coconut is a potential agent in product generation, having biodiesel as an example. Its processing, in addition to the products, generate waste that can be directed to places where contain common waste or even being utilized. These residues have a percentage of fibers relevant to manufacturing composite materials. Considering the above, this work produced a composite material reinforced with agroenergetic residual fibers of babaçu coconut in different polymer matrices and with different treatments of the fiber. The composite material was produced with a percentage of 45% of polymer matrix and 55% of fibers, under the combination of fibers that were treated in different ways, of two different sizes and structured together with three polymer matrices, resulting in 12 composites of different traits. The fibers used to construct the composite material were used *in natura* and both washed after defibrillation. Homogenization with the polymer matrices was conducted in an automatic mortar MI2er. After that, the fibers and the polymer matrix were compression molded into a prismatic mold and then giving rise to the composite materials. The test specimens for density, traction, flexural, compression and water absorption tests were originated with standardized dimensions. The obtained composites were subjected to density tests, with a partial result of 1.39g/cm³; traction, resulting in a partial of 38,40 kgf/cm²; flexion, partial result of 152.08N; compression, in which its results varied between 6.84Mpa and 22.40Mpa; the result in water absorption in 2h varied between 25.52% and 54.62%; water absorption in 24h ranged from 29.42% to 63.16%, and scanning electron microscopy demonstrated a higher void index in fiber composite materials that had inherent dimensions of sedimentation in mesh sieve of 1.2mm and it was also possible to verify that the treatments given to the fiber did not result in significant improvements in the adhesion between matrix and fibers.

Keywords: Composite materials; Babassu coconut fiber; Agroenergy waste

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação dos Compósitos.....	27
Figura 2: Classificação dos Compósitos.....	28
Figura 3: O Babaçu – Orbignya Phalerata.....	34
Figura 4: Corte Transversal A; Corte Longitudinal B.	35
Figura 5: Fibras do coco babaçu doadas pela empresa Tobasa Bioindustrial.....	37
Figura 6: Microscópio Eletrônico de Varredura	41
Figura 7: Fibras in natura desfibriladas.....	42
Figura 8: Fibras de Coco Babaçu desfibriladas In Natura.	42
Figura 9: Peneiramento das Fibras.	43
Figura 10: Argamassadeira Automática.	45
Figura 11: Molde utilizado para dar forma ao material compósito.....	45
Figura 12: Prensa Manual – Modelo FT 02.....	46
Figura 13: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de densidade.	47
Figura 14: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de tração.....	48
Figura 15: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de flexão.	49
Figura 16: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de compressão.	49
Figura 17: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de compressão.	50
Figura 18: Placa do material compósito dimensionada em milímetros.	52
Figura 19: Microscópio eletrônico de varredura.	53
Figura 20: Microscopia eletrônica do epicarpo do coco babaçu.....	57
Figura 21: Fibra de coco babaçu retida em peneira de 1,2 mm.	58
Figura 22: Fibra de coco babaçu retida em peneira de 2,0 mm	58
Figura 23: Corpo de prova preparado para o ensaio de densidade.....	59
Figura 24: Realização do ensaio de tração direta no material compósito.	69
Figura 25: Ensaio de Flexão em Material Compósito.....	81
Figura 26: Ensaio de compressão em material compósito.....	92
Figura 27: Ensaio de absorção de água em materialcompósito.....	103
Figura 28: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 1,2mm (ML1,2A).....	118
Figura 29: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 1,2mm (ML1,2B).....	119
Figura 30: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 1,2mm (ML1,2C).....	120
Figura 31: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 1,2mm (MI1,2A).	121
Figura 32: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 1,2mm (MI1,2B).	122

Figura 33: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 1,2mm (MI1,2C)	123
Figura 34: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 2mm (MI2A).	124
Figura 35: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 2mm (MI2B).	125
Figura 36: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 2mm (MI2C).	126
Figura 37: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 2mm (ML2A).	127
Figura 38: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 2mm (ML2B).	128
Figura 39: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 2mm (ML2C).	129

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Médias de densidade dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	61
Gráfico 2: Médias de densidade dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.....	63
Gráfico 3: Média de densidade dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	66
Gráfico 4: Médias de densidade dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C. 68	
Gráfico 5: Média de resistência a tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.....	71
Gráfico 6: Média de resistência a tração dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.73	
Gráfico 7: Média de resistência à tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	76
Gráfico 8: Média de resistência a tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.....	79
Gráfico 9: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.....	82
Gráfico 10: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	85
Gráfico 11: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	87
Gráfico 12: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.....	90
Gráfico 13: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.....	93
Gráfico 14: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	96
Gráfico 15: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	98
Gráfico 16: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	101
Gráfico 17: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	104
Gráfico 18: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	105
Gráfico 19: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.....	108
Gráfico 20: Média de absorção de água 24h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.....	109
Gráfico 21: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	111
Gráfico 22: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	112
Gráfico 23: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.....	115

Gráfico 24: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.....	116
---	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de densidade e propriedades mecânicas de fibras naturais e fibras convencionalmente utilizadas como reforço de compósitos.	30
Tabela 2: Características do epicarpo.	35
Tabela 3: Propriedades da Resina A.H GAMA 306.	38
Tabela 4: Propriedades da Resina Maxxi Ruber.	38
Tabela 5: Propriedades da Resina Farben.	38
Tabela 6: Combinações entre os tratamentos dados as fibras, os comprimentos das fibras e as matrizes poliméricas para a produção do material compósito.	44
Tabela 7: Números de corpos de prova (CP's) para cada ensaio.	51
Tabela 8: Teor de Umidade das Fibras de Coco Babaçu In Natura.	55
Tabela 9: Teor de Cinzas de Algumas Fibras.	56
Tabela 10: Massa Específica das Fibras do Coco Babaçu.	56
Tabela 11: Densidade, média da densidade e desvio padrão dos materiais compósitos Fibra In Natura 2mm.	60
Tabela 12: Análise de variância do ensaio de densidade dos materiais compósitos MI2A, MI2B E MI2C.	61
Tabela 13: Médias de densidade dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	62
Tabela 14: Densidade, os resultados da densidade, a média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	63
Tabela 15: Análise de variância do ensaio de densidade Dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	64
Tabela 16: Médias de densidade dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	Erro! Indicador não definido.
Tabela 17: Densidade, média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	65
Tabela 18: Análise de variância do ensaio de densidade dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	66
Tabela 19: Média de densidade dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	67
Tabela 20: Densidade, média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de lavada 1,2mm.	67
Tabela 21: Análise de variância do ensaio de densidade dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	68
Tabela 22: Médias de densidade dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	69
Tabela 23: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	70
Tabela 24: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	71
Tabela 25: Média de resistência a tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	72
Tabela 26: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	73

Tabela 27: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	74
Tabela 28: Média de resistência à tração dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	74
Tabela 29: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	75
Tabela 30: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	76
Tabela 31: Média de resistência a tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	77
Tabela 32: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	78
Tabela 33: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	79
Tabela 34: Média de resistência a tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	80
Tabela 35: Resistência à flexão, a média de resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	82
Tabela 36: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	83
Tabela 37: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	83
Tabela 38: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	84
Tabela 39: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	85
Tabela 40: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	86
Tabela 41: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	87
Tabela 42: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	88
Tabela 43: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	88
Tabela 44: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	89
Tabela 45: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	90
Tabela 46: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	91
Tabela 47: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	93
Tabela 48: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	94
Tabela 49: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	94
Tabela 50: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	95

Tabela 51: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	96
Tabela 52: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	97
Tabela 53: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	98
Tabela 54: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	99
Tabela 55: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	99
Tabela 56: Resistência à compressão, a média da resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	100
Tabela 57: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	101
Tabela 58: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	102
Tabela 59: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	104
Tabela 60: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm	105
Tabela 61: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.	106
Tabela 62: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	106
Tabela 63: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	107
Tabela 64: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	108
Tabela 65: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	109
Tabela 66: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.	110
Tabela 67: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	111
Tabela 68: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	112
Tabela 69: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	113
Tabela 70: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.	113
Tabela 71: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	114

Tabela 72: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	115
Tabela 73: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.....	116
Tabela 74: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.	117
Tabela 75: Resumo das Médias Obtidas nos Ensaio de Caracterização dos Materiais Compósitos.....	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores de densidade e propriedades mecânicas de fibras naturais e fibras convencionalmente utilizadas como reforço de compósitos.	30
Quadro 2: Combinações entre os tratamentos dados as fibras, os comprimentos das fibras e as matrizes poliméricas para a produção do material compósito.	44
Quadro 3: Números de corpos de prova (CP's) para cada ensaio.	51
Quadro 4: Densidade, média da densidade e desvio padrão dos materiais compósitos Fibra In Natura 2mm.	60
Quadro 5: Densidade, os resultados da densidade, a média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	63
Quadro 6: Densidade, média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	65
Quadro 7: Densidade, média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de lavada 1,2mm.	67
Quadro 8: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	70
Quadro 9: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	73
Quadro 10: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	75
Quadro 11: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	78
Quadro 12: Resistência à flexão, a média de resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	82
Quadro 13: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	84
Quadro 14: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	87
Quadro 15: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	89
Quadro 16: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	93
Quadro 17: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	95
Quadro 18: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	98
Quadro 19: Resistência à compressão, a média da resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	100

Quadro 20: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm.	104
Quadro 21: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 2mm	105
Quadro 22: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	107
Quadro 23: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.	108
Quadro 24: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	111
Quadro 25: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.	112
Quadro 26: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	114
Quadro 27: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.	115
Quadro 28: Resumo das Médias Obtidas nos Ensaio de Caracterização dos Materiais Compósitos.	130

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
2	OBJETIVOS.....	25
2.1	OBJETIVO GERAL	25
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
3	REFERENCIAL TEÓRICO	26
3.1	COMPÓSITOS.....	26
3.2	CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS	27
3.3	COMPÓSITOS REFORÇADOS COM FIBRAS VEGETAIS.....	29
3.4	MATRIZ POLIMÉRICA.....	32
3.5	O BABAÇU.....	33
3.6	FIBRAS DO COCO BABAÇU	35
4	MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1	MATERIAIS.....	37
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FIBRAS DO COCO BABAÇU	39
4.2.1	Teor de Umidade	39
4.2.2	Teor de Cinzas	39
4.2.3	Massa Específica das Fibras	40
4.2.4	Microscopia Eletrônica de Varredura das Fibras	40
4.3	PREPARO DAS FIBRAS DO COCO BABAÇU.....	41
4.4	PRODUÇÃO DOS COMPÓSITOS.....	43
4.5	CARATERIZAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS OBTIDOS	46
4.5.1	Densidade dos Compósitos	47
4.5.2	O Ensaio de Tração	47
4.5.3	O Ensaio de Flexão	48
4.5.4	O Ensaio de Compressão.....	49
4.5.5	O Ensaio de Absorção de Água.....	50
4.5.6	Microscopia Eletrônica de Varredura do Material Compósito	50
4.6	QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA PARA OS ENSAIOS	51
4.7	OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS	52
4.7.1	Prensa Universal	52
4.7.2	Microscópio Eletrônico de Varredura.....	53
4.8	TESTE ESTATÍSTICO.....	53
5	RESULTADOS	55

5.1	CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FIBRAS DO COCO BABAÇU	55
5.1.1	Teor de Umidade	55
5.1.2	Teor de Cinzas	56
5.1.3	Massa específica das Fibras	56
5.1.4	Microscopia Eletrônica de Varredura das Fibras de Coco Babaçu	57
5.2	CARATERIZAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS OBTIDOS	59
5.2.1	Análise Estatística - Densidade dos Compósitos.....	59
5.2.2	Análise Estatística - Ensaio de Tração	69
5.2.3	Análise Estatística - Ensaio de Flexão.....	80
5.2.4	Análise Estatística - Ensaio de Compressão	91
5.2.5	Análise Estatística - Ensaio de Absorção de Água	102
5.2.6	Microscopia Eletrônica de Varredura do Material Compósito Com Fibras 1,2mm.....	117
5.2.7	Microscopia Eletrônica de Varredura do Material Compósito Com Fibras de Tamanho 2mm.....	124
5.2.8	Caracterização Geral dos Materiais Compósitos Produzidos	130
5.3	DISCUSSÕES.....	138
6	CONCLUSÕES.....	140
7	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	141
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país em que o cultivo agrícola é uma atividade predominante em diversas regiões. Soja, milho, arroz, feijão, trigo, sorgo, aveia, cevada são cultivares em potencial nas regiões Centro-oeste, Norte e parte do Nordeste brasileiro (SCOLARI, 2006).

Nos últimos anos o uso de técnicas e equipamentos de ponta colocou o Brasil em um patamar potencialmente forte no que tange a produção agrícola, promovendo dinamismo para a agricultura e incentivando a produtividade no campo (FELEMA, 2013).

Parte dos produtos agrícolas está presente no mercado agroenergético destinado à produção de biocombustíveis, como é o caso do dendê, da cana-de-açúcar, o babaçu, a soja e outros produtos, assim como discorre a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo sobre a safra de 617 milhões de toneladas da cana-de-açúcar que deu origem à 18,6 milhões de m³ de etanol hidratado entre 2015 e 2016 e o Anuário Brasileiro da Agroenergia (2006), que afirma que o coco babaçu pode ser submetido à colheita o ano inteiro e o seu teor de óleo é elevado, assim, apresentando boa rentabilidade na produção de biodiesel. Nascimento et al. (2009), abordou sobre a otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por micro-ondas e demonstrou que o óleo do coco babaçu é um insumo que pode ser utilizado para a produção do biodiesel por transesterificação e que os resultados obtidos se enquadravam nos padrões impostos pelas legislações vigentes.

O Proálcool introduziu no mercado brasileiro a mistura entre gasolina e álcool fazendo do país um consumidor nato deste biocombustível, posicionando-o entre os maiores consumidores e exportadores de etanol no mundo (CHAVES; GOMES, 2014), e o biodiesel tem o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel instituído no ano de 2004 que além de incentivo comercial, posiciona o Brasil como referência mundial no setor agroenergético (RODRIGUES; ACCARINI, 2007).

O beneficiamento dos produtos agrícolas gera uma gama de resíduos que podem tomar os mais variados destinos, desde serem encaminhados para locais

que recebem resíduos comuns ou serem reaproveitados para cogeração de energia. Os resíduos orgânicos que não têm o seu gerenciamento adequado têm potencial de ocasionar poluição do meio ambiente e também riscos à saúde (LI *et al.*, 2011). As fibras vegetais estão presentes nos resíduos agrícolas e possuem características físicas que as tornam um componente interessante na construção de compósitos que requeiram estruturas de reforço. Parte dos estudos direcionados as fibras vegetais deve-se pelo fato de estarem disponíveis em grande quantidade e por possuírem alta resistência mecânica (BENTUR *et al.*, 1990).

Os compósitos são materiais que em sua estrutura requerem uma matriz e um reforço para a sua construção. Os reforços podem ser feitos de fibras sintéticas ou naturais e as matrizes dos mais diversos componentes (CALLISTER, 2001).

Existem diversos materiais que podem ter sua usualidade direcionada à constituição dos materiais compósitos. Pesquisas em desenvolvimento na linha de materiais e da tecnologia de processos permitem que plásticos reforçados sejam empregados com a função de substituir materiais convencionais (CAVALCANTI, 2010).

As fibras sintetizadas como as de vidro, carbono e aramida são utilizadas em larga escala na constituição dos materiais compósitos e estas colocam em evidência a discussão de sua origem quanto ao fato de não serem renováveis e nem biodegradáveis. Pesquisas contemporâneas buscam substitutos para estas fibras e as fibras naturais ganham notoriedade por terem vantagens como baixa densidade, custo reduzido, é reciclável, é biodegradável e tem baixo consumo de energia (JOSHI *et al.*, 2004).

Diversas pesquisas desenvolvem materiais que em sua estrutura têm fibras naturais e estas têm se tornado um importante agente de reforço por terem características como: elevada rigidez específica, resistência específica e são biodegradáveis (CHARLET *et al.*, 2009).

Os resíduos do coco babaçu geralmente são utilizados como biomassa, no qual a queima direta produz energia, fazendo com que esta ação agregue pouco valor à matéria prima (ALMEIDA, *et al.*, 2002). Diante do exposto, observa-se que dentre os resíduos agrícolas, a fibra do babaçu é um resíduo agroenergético que

pode estruturar um compósito de matriz polimérica (FRANCO, 2010) e frente a esta circunstância o presente trabalho verificou como as fibras agroenergéticas de coco babaçu se comportaram em matrizes poliméricas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir um material compósito reforçado com fibras residuais agroenergéticas do coco babaçu em diferentes matrizes poliméricas e com tratamentos diferentes da fibra.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Caracterizar as fibras do coco babaçu fisicamente e microestruturalmente.
- b. Tratar as fibras de coco babaçu em duas condições: *In natura* e lavada.
- c. Fabricar o material compósito em 3 matrizes poliméricas diferentes reforçado com as fibras do coco babaçu em 2 tamanhos com dois tratamentos distintos.
- d. Caracterizar as propriedades físicas, mecânicas e microestruturais dos materiais compósitos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 COMPÓSITOS

Os materiais compósitos têm sua origem aliada a evolução do homem devido a necessidade de adequar elementos estruturais que atendam as suas mais diversas solicitações. Diferentes autores tratam sobre a temática compósito que adiante foi abordada.

Para Lima (1987), os compósitos possuem custos relativamente baixos, estruturas satisfatórias no que tange à leveza, rigidez e resistência mecânica e tornaram materiais de sucesso por terem funcionalidades similares aos materiais tradicionais.

No que tange a definição de compósitos, Padilha (1997) ressalta que são aqueles que têm a conjugação de materiais em sua estrutura, ou seja, são materiais compostos.

Callister (2002), infere que a combinação de propriedades de materiais em fases diferentes resulta em um compósito, e este, apresenta um melhor desempenho quando comparado ao desempenho de seus componentes, caso esses fossem analisados individualmente e Ventura (2009) aponta que os materiais compósitos são estruturados por dois ou mais materiais distintos (RIOS, 2012).

A norma ASTM D3878 (2007) define os materiais compósitos como um combinado de dois ou mais materiais, insolúveis entre si e que resultam em uma substância de engenharia útil. Os compósitos têm finalidade óptica, estrutural, química e em outras áreas.

Os materiais compósitos surgem da combinação de dois ou mais materiais e o resultado desta combinação fornecerá um produto de características peculiares dos seus componentes. Os compósitos serão constituídos por materiais que apresentam fases contínuas, uma espécie de aglomerante que recebe a denominação de matriz e por materiais de fase dispersa, tais como partículas, fibras ou mantas (KUMODE; MAGALHÃES, 2011).

A junção da matriz e do reforço com a finalidade de produzir materiais compósitos suscitam inúmeras possibilidades quanto aos tipos de compósitos que

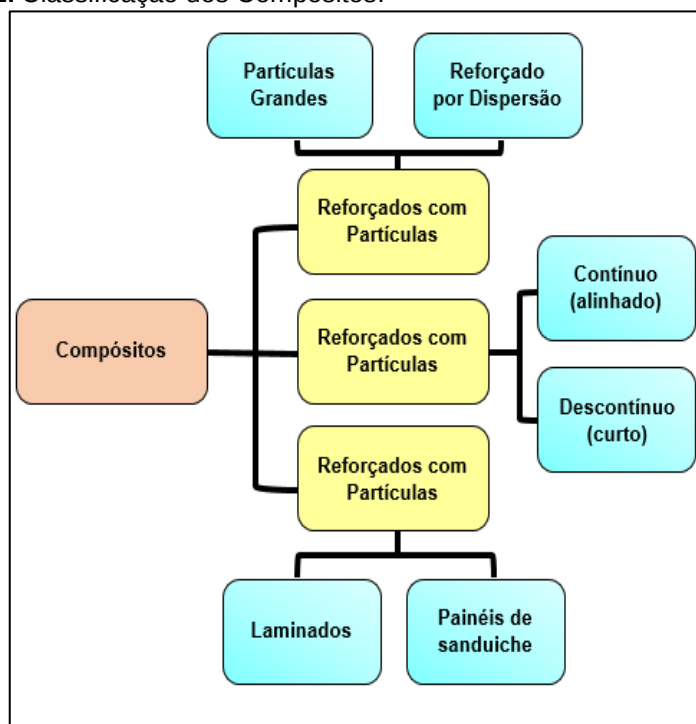
podem ser construídos, assim, dando condições que estes possam ser classificados como pode ser verificado adiante.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS

Levy e Pardini (2006), abordam que os compósitos quanto a sua estrutura e a natureza química, têm matrizes que podem ser classificadas em poliméricas, cerâmicas, carbonos e metálicas e estas têm função de edificar a fase contínua aglutinando reforços e distribuindo ou transferindo carregamentos aos quais os compósitos são submetidos.

O organograma representado na Figura 1 observa-se como Callister (2008) classifica os materiais compósitos de acordo com sua composição física.

Figura 1: Classificação dos Compósitos.

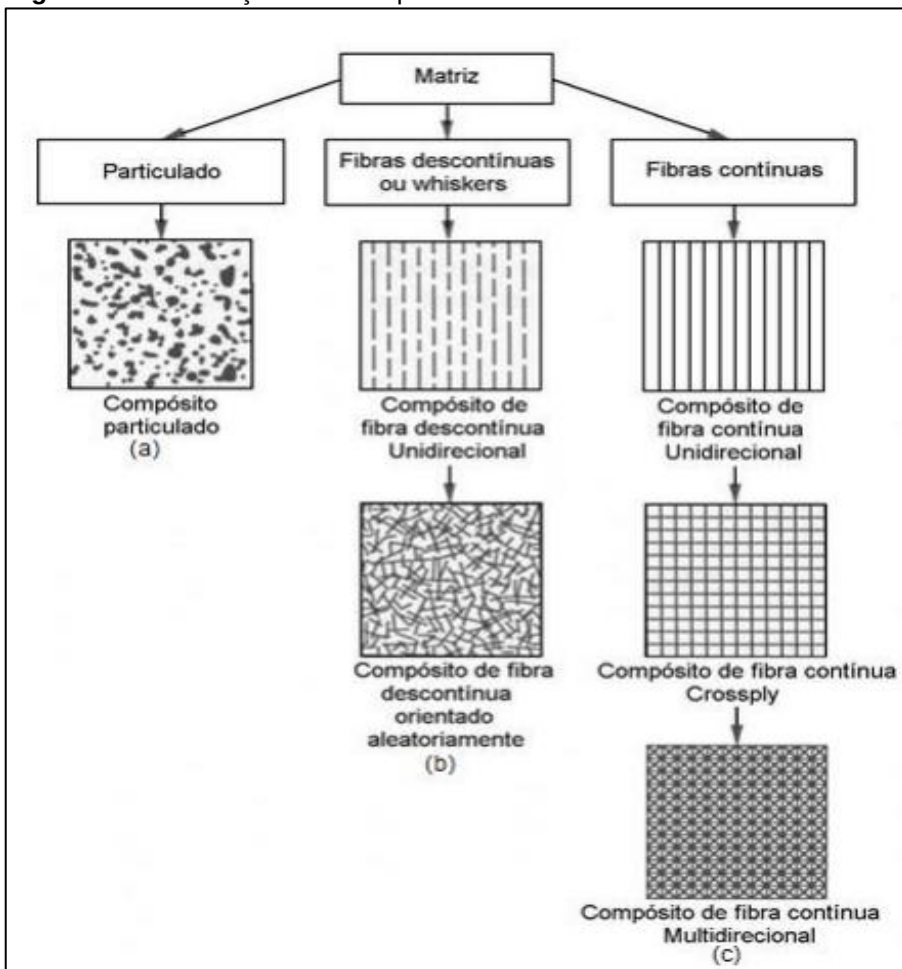


Fonte: Callister, 2008.

Compostos fibrosos ou particulados podem ser adicionados a matrizes de naturezas distintas (orgânicas ou inorgânicas, aleatoriamente ou em lâminas com orientação, resultando em materiais compósitos de diferentes estruturas e propriedades) (CALLISTER, 2008).

As fibras utilizadas nos materiais compósitos referenciam a classificação dos compósitos quanto à sua disposição conforme Figura 2 (DANIEL; ISHAI,1994).

Figura 2: Classificação dos Compósitos.



Fonte: Daniel e Ishai (1994)

Daniel e Ishai (1994), afirmam que os compósitos particulados têm partículas de dimensões variadas dentro da matriz, já os compósitos de fibras descontínuas têm fibras de pequenas dimensões dentro da matriz e os compósitos de fibras contínuas são reforçados por fibras compridas e contínuas como demonstra a Figura 2.

A classificação dos materiais compósitos se fundamenta em fatores físicos e químicos, quanto à disposição e dimensão das fibras no interior de sua matriz e estas fibras por sua vez podem ser de origem sintética ou vegetal. Sobre os compósitos dotados de fibras vegetais serão feitas abordagens a seguir.

3.3 COMPÓSITOS REFORÇADOS COM FIBRAS VEGETAIS

O homem explora os materiais compósitos há séculos, manipulando fibras naturais tais como o papiro utilizado para fazer barcos ou a palha como agente de reforço em tijolo, já as fibras sintéticas tiveram sua origem no século XIX com a produção do fenol-formaldeído reforçado com fibra de linho para fazer bakelite (VENTURA, 2009).

Após a segunda guerra mundial, os compósitos que têm em sua estrutura uma matriz polimérica e são reforçados com fibras, passaram a receber uma atenção especial e nesta mesma matriz, os que são reforçados com fibras vegetais vêm ganhando notoriedade a cunho de interesse acadêmico e industrial, por serem economicamente viáveis e por apresentarem leveza, baixa densidade e assim serem potencialmente capazes de substituir peças feitas de compósitos poliméricos convencionais ou peças que são na íntegra de plástico (LIGOWSKI *et al.* 2015).

Os compósitos de matriz polimérica reforçados com fibras sintéticas têm as fibras vegetais como agente competitivo no item de reforço junto aos compósitos, (PASSOS, 2005), estas fibras de origem vegetal, podem reforçar matrizes poliméricas de natureza termorrígida, termoplástica, biopolimérica ou de borracha e estas fibras sendo originárias de recursos naturais de origem vegetal ou animal se caracterizam como renováveis e são biodegradáveis (KOZLOWSKI; WLADYKA-PRZYBYLAK, 2003).

As fibras naturais de origem vegetal têm que ganhar notoriedade quanto ao seu uso pelo fato de existir uma diversidade de plantas disponíveis e por serem um recurso renovável. Vários países produzem fibras de origem naturais vegetais denominadas por materiais lignocelulósicos, no Brasil estas fibras apresentam uma variabilidade quanto à sua caracterização no que tange às suas propriedades químicas e físicas. Exemplos de fibras naturais nacionais temos o sisal, juta, rami, curauá, fibra de bagaço da cana-de-açúcar e soja, no quadro 1, estão os valores de densidades e propriedades mecânicas de fibras naturais e fibras convencionalmente utilizadas como reforços em compósitos (MARINELLI *et al.*, 2008).

Quadro 1: Valores de densidade e propriedades mecânicas de fibras naturais e fibras convencionalmente utilizadas como reforço de compósitos.

Fibra	Densidade (g/cm ³)	Alongamento (%)	Tensão na Ruptura (Mpa)	Módulo de Young (GPa)
Algodão	1,5-1,6	7,0-8,0	287-597	5,5-12,6
Juta	1,3	1,5-1,8	393-773	26,5
Rami	-	3,6-3,8	400-938	61,4-128
Linho	1,5	2,7-3,2	345-1035	27,6
Sisal	1,5	2,0-2,5	551,1-635	9,4-22
Fibra de Coco	1,2	3	175	4,0-6,0
Vidro E	2,5	2,5	2000-3500	70
Vidro S	2,5	2,8	4750	86
Aramida (normal)	1,4	3,3-3,7	3000-3150	63,0-67,0
Carbono (padrão)	1,4	1,4-1,8	4000	230,0-240,0
Curauauá	1,4	4,2	890-4200	50,4

Fonte: Marinelli *et al.*, 2008

Um fator determinante na desenvoltura de um compósito são as quantidades volumétricas de fibras (V_f), matriz (V_m) e vazios (V_v). Estes parâmetros de forma quantitativa definem os volumes de cada componente (fibras, matriz e vazios), em relação ao volume total de um compósito (MATTEHEWS; RAWLINGS 1994).

A desenvoltura dos compósitos híbridos, dotados de fibras sintéticas e naturais têm acréscimos em suas propriedades mecânicas e redução no que tange o processo de absorção de umidade devido á hibridização (KALASPRASAD *et al*, 1997), já a utilização de silano para tratar as fibras de piaçava para a produção de compósitos de alta densidade reciclados resultou em um material

com melhor desempenho mecânico do que aqueles compósitos tratados com solução metanólica (BONELLI, 2005).

As matrizes a base de cimento levaram ao desenvolvimento de novos materiais por meio da pesquisa, em detrimento deste tipo de matriz apresentar fragilidade e Tessaro *et al.* (2015), afirma que por tal motivo, surgiram estudos das matrizes cimentícias reforçadas com fibras metálicas, vegetais e sintéticas com o objetivo de sanar a fragilidade por elas apresentadas (ANJOS, 2002)

As fibras vegetais mais atuantes como reforços em matrizes poliméricas são: fibras de coco, sisal, juta, banana, bagaço e bambu (ROWELL *et al.*, 1997), a matriz polimérica em materiais compósitos de estrutura polímero-fibra tem a função de distribuir a tensão recebida pelo material (ISHIZAKI, 2006).

Os Compósitos de matriz poliéster reforçada com fibras contínuas e alinhadas de piaçava apresentaram um elevado aumento na tenacidade ao entalhe, medida pela energia de impacto Charpy para os compósitos que incorporavam fibras em quantidades de até 40% em peso de fibra de piaçava (MONTEIRO, 2006).

As propriedades de compósitos de tecido de juta descartado reforçando matriz de polietileno reciclado deu origem a materiais compósitos que podem ser utilizados na construção civil e em mobiliários e no que trata a resistência mecânica deste material, houve um aumento com percentuais de até 30% de tecido de juta, atingindo um valor máximo de resistência que é praticamente o dobro da resistência do polietileno sem reforço (MONTEIRO, 2006).

Em estudos sobre o comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá, seus compósitos dotados de até 20% de fibras de curauá apresentaram resistência próxima a 100Mpa (MONTEIRO *et al.*, 2006).

Tita (2002) realizou estudos sobre resistência ao impacto e outras propriedades de compósitos lignocelulósicos em matrizes termofixas fenólicas reforçadas com fibras de bagaço de cana-de-açúcar e obteve uma melhoria na adesão fibra-matriz devido ao tratamento químico nas fibras, resultado este que pôde ser observado em imagens de microscopia eletrônica.

Os materiais compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco, submetidos à verificação da resistência sob o efeito da interface fibra/matriz,

demonstraram que a rugosidade superficial das fibras de coco deu melhores condições de aderência entre fibra e resina durante a cura, melhorando a tensão superficial e por consequência uma melhor resistência do compósito (MONTEIRO *et al.*, 2006).

Paiva (1999), analisou compósitos de matriz termofixa fenólica reforçada com fibras vegetais e em fotomicrografias obtidas em microscopia eletrônica por varredura relatou que os compósitos que utilizam como reforço fibras de sisal apresentaram fibras em grande quantidade que não aderiram à matriz e estas foram liberadas devido ao impacto.

Santos (2009) efeito da forma de processamento e do tratamento da fibra de curauá nas propriedades de compósitos com poliamida-6 e demonstrou que os compósitos dotados de 20% de fibra de curuá têm desempenho que pode ser comparado à poliamida-6-6 quando reforçada com talco ou fibra de vidro.

3.4 MATRIZ POLIMÉRICA

Os compósitos de matriz polimérica são estruturados por uma matriz à base de polímero em união com outros materiais, denominados de reforços (LUZ; GONÇALVES; DEL'ARCO JUNIOR, 2007). Wollerdorfer e Bader (1998), afirmam que as matrizes poliméricas podem ser classificadas em termoplásticas, termofixas ou elastoméricas.

Os polímeros termoplásticos podem ser moldados diversas vezes, estes, quando submetidos a elevações de temperatura se fluidificam, permitindo que sejam moldados novamente e quando reduzida sua temperatura, voltam a se tornar sólidos. Os polímeros termorrígidos apresentam rigidez e não admitem mudança de fase devido a variações de temperatura. Os elastômeros são infundíveis, têm alta elasticidade e de difícil reciclagem (GORNI, 2011).

Os compósitos que em sua estrutura utilizam fibras vegetais têm geralmente como matriz os polímeros termorrígidos (poliéster, epóxi e fenólico) que por sua vez podem ser polimerizados a baixa temperatura, minimizando assim as possibilidades de deterioração das fibras (SILVA, 2011).

As matrizes poliméricas estruturam compósitos e em seu interior aglutinam fibras. As fibras vegetais frequentemente são associadas à matrizes poliméricas do tipo termorrígidas. O babaçu é um fruto que é dotado de um percentual considerável de fibras, e sobre ele foi discorrido a posteriori.

3.5 O BABAÇU

O babaçu é uma palmeira que atinge até 20m de altura, o seu tronco é simples e robusto, é encontrada isolada em florestas e áreas abertas. O babaçu é a maior fonte de óleo silvestre mundial no qual tem sua destinação para a produção de perfumes e saboaria (LORENZI, 1996).

Denominada de forma genérica por alguns botânicos, a palmeira do coco babaçu é classificada como *Orbignya Oleifera*, para outros estudiosos recebe a classificação de *O. Sepciosa*, *O. Mariana* ou *O. Phalerata* (BEZERRA, 1999).

A palmeira do babaçu produz cocos que se encontram em cachos e estes por sua vez são compostos por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas.

A fração de 15% do fruto está no epicarpo, que é formado por fibras resistentes e os outros percentuais estão divididos em 20% para o mesocarpo que é bastante utilizado na produção de alimentos (ROSA, 1986), 60% do coco está no endocarpo que pode ser utilizado para produção de álcool metílico e aproximadamente 6% é a fração destinada às amêndoas que é bastante rica em óleo (PINHEIRO; FRAZÃO, 1995; WANDECK, 1995) e Franco (2010), inferem que a amêndoa representa uma fração de 7% da massa total do fruto e as fibras, que estão localizadas no epicarpo uma fração de 11%.

Os babaçuais como demonstra a figura 3, ocupam uma área de 14,5 milhões de hectares distribuído por sete estados brasileiros (Tocantins, Piauí, Maranhão, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo e Mato Grosso) com uma produção média de 15 milhões de toneladas por ano (CARVALHO, 1984), Araújo (2000) aborda que o babaçu está distribuído por doze estados brasileiros (AM, PA, RO, MT, MS, TO, GO, MA, PI, CE, BA e MG), sendo que, a maior quantidade deles no que tange a sua concentração se reduz a três estados: Maranhão, Piauí e Tocantins.

Figura 3: O Babaçu – *Orbignya Phalerata*.



Fonte: Franco, 2010.

O babaçu tem potencial energético considerável e está presente em Estados do Brasil dos quais a ocorrência de outras biomassas é reduzida (Oliveira et al, 2013) e mesmo com este potencial, existe apenas uma empresa que utiliza integralmente o coco babaçu, a empresa Tobasa S.A detém a destilaria de álcool em escala industrial, produz óleo, sabão de coco, farinhas amiláceas, subprodutos protéicos, carvão ecológico, produtos de beleza e carvão ativado (PAVLAK et al, 2007).

Silva (2008) dissertou sobre a distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do rio cocal no Estado do Tocantins e pode concluir que a densidade do babaçu depende do tipo de manejo exercido pelos agricultores e que dependendo do manejo, sua diversidade na bacia do rio cocal pode ser eliminada ou aumentada.

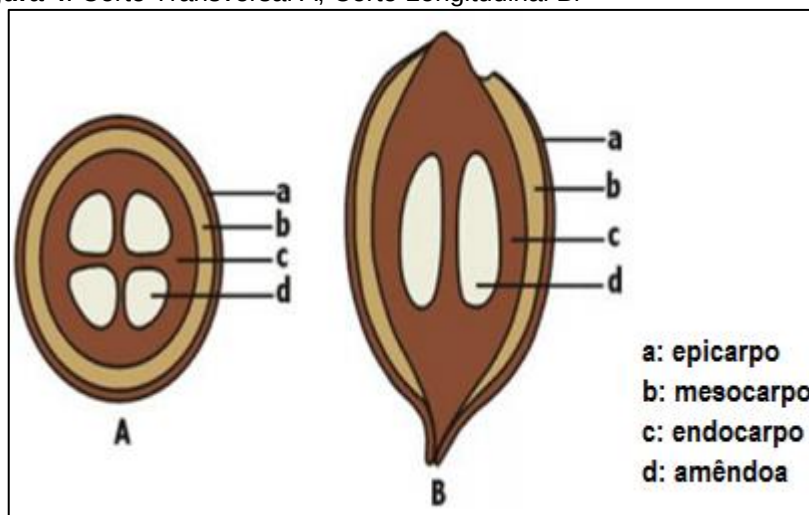
O coco babaçu está basicamente estruturado 4 partes: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa. A fibra presente no epicarpo e suas características serão tratadas adiante.

3.6 FIBRAS DO COCO BABAÇU

A palmeira do coco babaçu quando submetida à extração de cunho comercial, tem como principais produtos comerciais: o óleo extraído da amêndoa e a torta. Em percentuais, a amêndoa representa 7% de todo fruto e as fibras (epicarpo) 11% e do epicarpo, parte extrema externa do fruto, de rigidez elevada, que pode ser produzido o xaxim, estofados, embalagens, escovas, dentre outros (LIMA, 2006).

O babaçu pode ser dividido em quatro partes, como pode ser visualizado na figura 4.

Figura 4: Corte Transversal A; Corte Longitudinal B.



Fonte: Franco, 2010.

As partes do babaçu são: epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoa (FRANCO, 2010), logo, Teixeira (2002) em seu artigo biomassa de babaçu no Brasil, caracteriza o epicarpo do coco babaçu, como pode ser verificado na tabela 2.

Tabela 1: Características do epicarpo.

Característica	Valor	Erro
Voláteis	88,16%	1,51%
Carbono Fixo	9,62%	0,13%
Cinzas	2,22%	0,01%

Fonte: Teixeira, 2002.

O epicarpo é composto por fibras, encontra-se na estrutura externa do coco babaçu e equivale à 15% do peso seco do fruto, as fibras que o estruturam são resistentes e o protege.

Os resíduos lignocelulósicos, como é o caso da casa coco babaçu, onde ficam localizadas as fibras, quando descartados inadequadamente podem trazer impactos negativos ao meio ambiente (Dias, 2012)

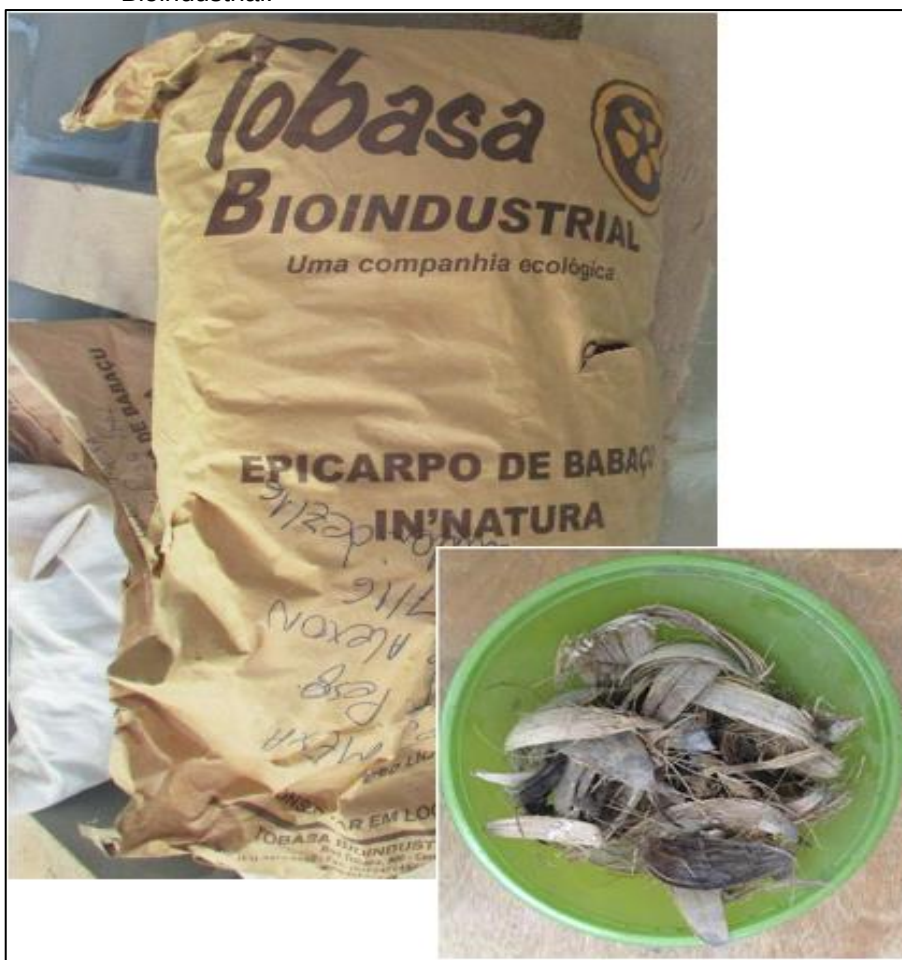
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Os componentes utilizados para estruturar o material compósito são as fibras do coco babaçu e as matrizes poliméricas.

As fibras do coco babaçu foram disponibilizadas pela empresa Tobasa Bioindustrial localizada no município de Tocantinópolis no Estado do Tocantins. As fibras foram doadas *in natura* como observa-se na Figura 5 e em quantidade equivalente a 40 kg ensacadas, com dimensões próxima de 9cm, sendo elas resíduos que se originam do processamento do coco babaçu para produção de carvão ativado.

Figura 5: Fibras do coco babaçu doadas pela empresa Tobasa Bioindustrial.



Fonte: Autor, 2017.

Foram utilizadas três matrizes poliméricas de composições diferentes, sendo cada uma delas produzidas por Induspol Indústria e Comércio de Polímeros Ltda, Maxxi Rubber Indústria Química LTDA e Farben Indústria Química LTDA. As matrizes poliméricas são: Resina A.H Gama 306, Resina Maxxi Rubber.e Resina Farben.

As propriedades da resina A.H GAMA disponibilizadas pelo fabricante estão dispostas conforme Tabela 3.

Tabela 2:Propriedades da Resina A.H GAMA 306.

Características dos Componentes			
Viscosidade Brookfield a 25°C	ICQ 02	Cp	250 - 400
Gel Time a 25°C*	ICQ 03	min:seg	14-10
Índice de Acidez	ICQ 04	(mg KOH/g)	Máximo 30
Densidade a 25°C	ICQ 16	g/cm ³	1,08 - 1,15
Resistência à Flexão			50MPa

Obs.:*Catalise: 100g de Gama 306 + 1ml de Butanox M - 50 e agitar por mais um minuto.

Fonte: Induspol (2016).

As propriedades Resina Maxxi Rubber disponibilizadas pelo fabricante estão dispostas conforme Tabela 4.

Tabela 3: Propriedades da Resina Maxxi Ruber.

Características dos Componentes	
Viscosidade Brookfield	500 a 700 cps
Densidade	1,10 a 1,20 g/cm ³
Tempo de Gel	5 a 7 min
Resistência à Flexão	40MPa

Obs.:*A cada 100g acrescentar 20 gotas de catalisador.

Fonte: Maxxi Rubber (2017).

As propriedades Resina Farben disponibilizadas pelo fabricante estão dispostas conforme Tabela 4.

Tabela 4: Propriedades da Resina Farben.

Características dos Componentes	
Viscosidade Brookfield	500 a 700 cps
Densidade	1,10 a 1,20 g/cm ³
Tempo de Gel	5 a 7 min
Resistência à Flexão	60MPa

*A cada 100g do produto, acrescentar 2g a 3g de catalisador.

Fonte: Farben (2017).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FIBRAS DO COCO BABAÇU

As fibras do coco babaçu foram caracterizadas fisicamente e microestruturalmente. Os ensaios inerentes a estas caracterizações são: teor de umidade, teor de cinzas, massa específica e microscopia eletrônica.

4.2.1 Teor de Umidade

A medida do teor de umidade das fibras do coco babaçu *in natura* foi realizada tomando como referência a norma brasileira ABNT – NBR14929e que traz como condições de aferição do teor de umidade a utilização de uma quantidade de massa inicial da fibra que deverá ser previamente medida, logo submetida à estufa à temperatura de 105° por um intervalo de tempo de 4h e após este intervalo a amostra deverá ser resfriada em dessecador até atingir a temperatura ambiente de um total de 10 corpos de prova. Numericamente o teor de umidade é determinado por meio da equação 1.

(1)

$$Umidade = \frac{Ma - Mas}{Ma} \cdot 100$$

Onde: *Umidade* → Teor de umidade da fibra (%)

Ma → massa da amostra (g)

Mas → massa da amostra seca(g)

4.2.2 Teor de Cinzas

Para a obtenção do teor de cinza foi mensurada a massa inicial de uma amostra de fibras do coco babaçu e a mesma colocada em um cadinho para ser aquecida por um bico de Busen para que as fibras entrem em combustão, encerrada a combustão entre as fibras, o cadinho contendo-as foi levado a um forno e as fibras serão calcinadas durante 4h a uma temperatura de 800°C. Encerrado o período de 4h, os resíduos das fibras de coco babaçu serão resfriados (amostra final) em dessecador até atingirem a temperatura ambiente (FRANCO, 2010).

Utilizando os valores da massa da amostra inicial e da amostra final do

procedimento o teor de cinza poderá ser determinado pela equação 2.

(2)

$$T_c = \frac{M_z}{M_s} \cdot 100$$

Onde: $T_c \rightarrow$ Teor de cinzas (%).

$M_z \rightarrow$ massa de cinzas (g)

$M_s \rightarrow$ massa de fibras da amostra (g)

4.2.3 Massa Específica das Fibras

As fibras do coco babaçu tiveram sua massa específica determinada segundo a NBR NM 52. As amostras das fibras de coco babaçu foram secas em estufa a 110°C, até constância de massa; uma amostra de 500 g das fibras de coco babaçu *in natura* foi coletada; O frasco Chapman foi preenchido com água, até a marca de 200 cm³ e as 500g das fibras serão introduzidas cuidadosamente no frasco, com auxílio de um funil. O frasco foi agitado, cuidadosamente, com movimentos circulares, para a eliminação das bolhas de ar (as paredes do frasco não devem ter fibras aderidas) e então foi feita a leitura final do nível da água com 5 corpos de prova, que representa o volume de água deslocado pelas fibras. A massa específica das fibras foi calculada através da equação 3.

(3)

$$m = \frac{500}{L - 200}$$

Onde: $m \rightarrow$ massa específica (g/cm³)

$L \rightarrow$ volume de água deslocado (cm³)

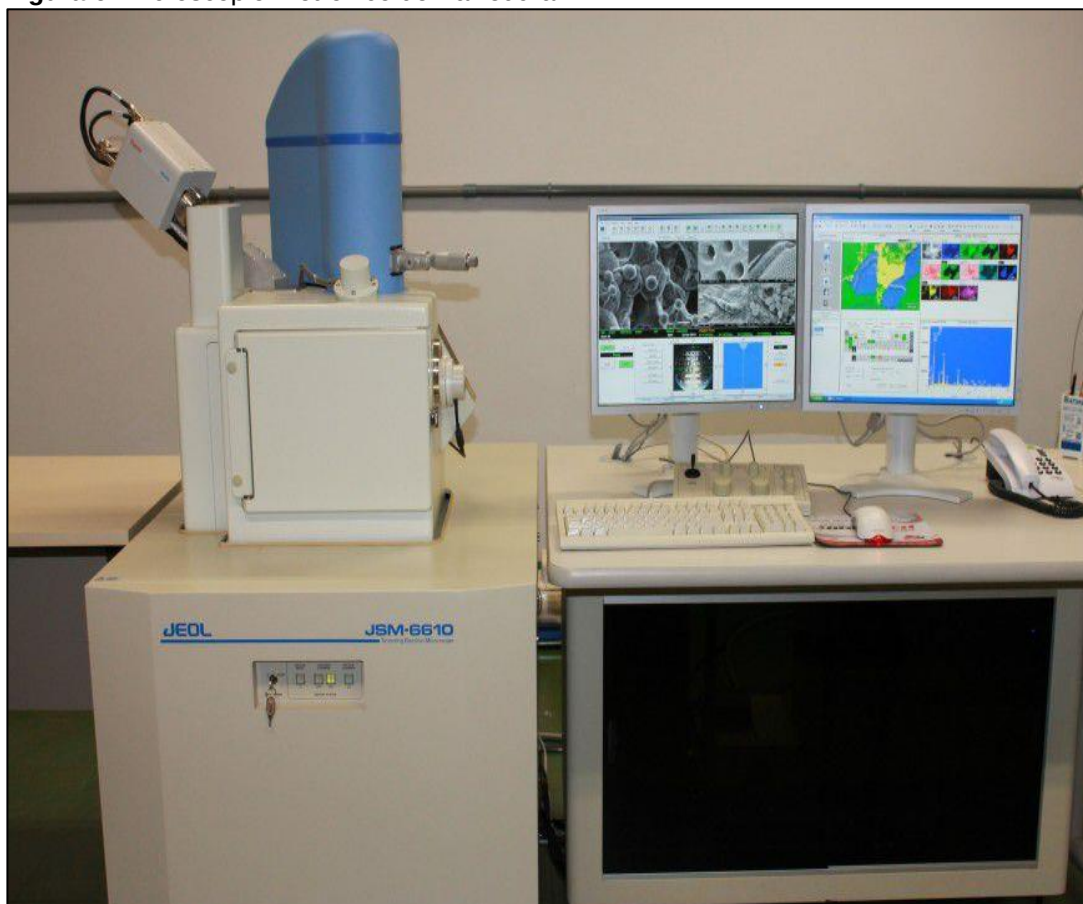
4.2.4 Microscopia Eletrônica de Varredura das Fibras

A microscopia eletrônica de varredura das fibras foi realizada com intuito de analisar microestruturalmente o diâmetro médio das fibras do coco babaçu. O método empregado foi desenvolvido em parceria com o Laboratório Multiusuário

de Microscopia Eletrônica de Alta Resolução (LabMic) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

A rotina preconiza a submissão das fibras a um sistema para deposição de filmes de ouro, Denton Vacuum, Desk V, equipado com o acessório de carbono e logo adiante a aquisição de imagens das fibras em um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo Scientific NSS Spectral Imaging, demonstrado na Figura 6.

Figura 6: Microscópio Eletrônico de Varredura

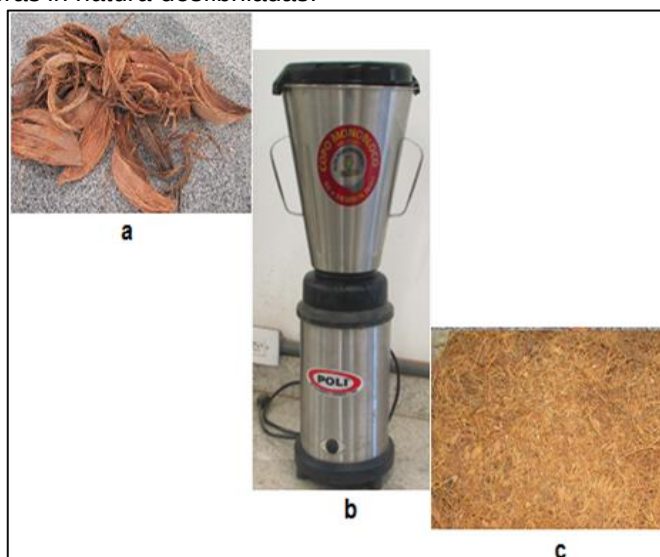


Fonte: LabMic, 2016.

4.3 PREPARO DAS FIBRAS DO COCO BABAÇU

As fibras do coco babaçu *in natura* como demonstra a Figura 7(a), foram desfibriladas resultando nas fibras expostas na Figura 7(c) em um liquidificador industrial LS 04MB de frequência 50Hz – Siemens LTDA como se observa na figura 6(b).

Figura 7: Fibras *in natura* desfibriladas.

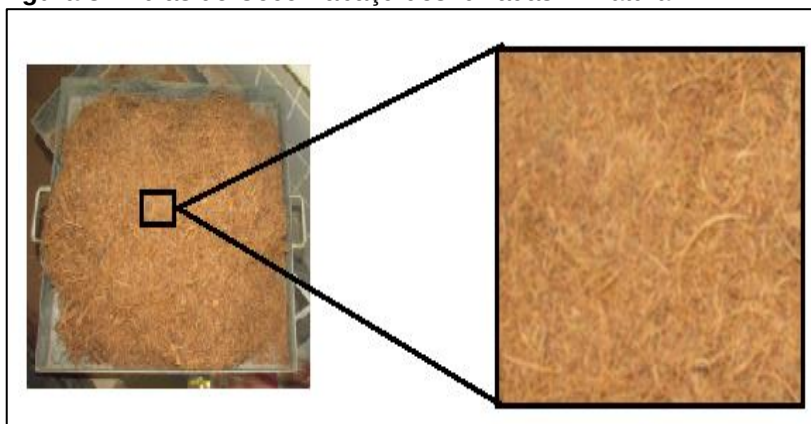


Fonte: Autor, 2017.

As fibras do coco babaçu foram preparadas de dois modos distintos: desfibriladas *in natura* e desfibriladas lavadas e o tratamento dado a cada uma está disposto a seguir (SILVA, 2010).

- *In natura*: Fibras do coco babaçu como mostra a Figura 8, sofreram limpezas superficiais que exerceram a remoção de possíveis impurezas que estavam presentes em sua superfície realizada manualmente com o auxílio de um pincel de pelo.
- Lavadas: Fibras foram lavadas para remover as impurezas e ficarão mergulhadas em água destilada durante 1 hora. Logo após, foram secas por 50 min a 100°C.

Figura 8: Fibras de Coco Babaçu desfibriladas *In Natura*.



Fonte: Autor, 2017.

4.4 PRODUÇÃO DOS COMPÓSITOS

O material compósito foi associado a sigla M e terá como seus componentes as fibras do coco babaçu que reforçarão três matrizes poliméricas diferentes, sendo elas: Resina A.H GAMA 306, Resina Maxxi Rubber e a Resina Farben. As fibras foram utilizadas desfibriladas *in natura* e desfibriladas lavadas.

As fibras submetidas a peneiramento por em uma RX 29-16 acoplada de peneiras de diâmetro de 1.2 mm e 2mm como demonstrado na Figura 9 para que as fibras sejam separadas em tamanhos distintos. As fibras retidas na peneira de 2mm foram denominadas pela sigla X e as fibras retidas na peneira de 1.2 mm foram denominada pela sigla Y.

Figura 9: Peneiramento das Fibras.



Fonte: Autor, 2017.

O volume de fibras na constituição do compósito terá equivalência a 55% e a matriz polimérica 45% e este percentual foi obtido na correlação entre massa e volume por meio da equação 4 (CARVALHO, 2010).

Equação 4

$$df = \frac{Mf}{Vf}$$

Onde: $df \rightarrow$ densidade da fibra.

$Mf \rightarrow$ massa da fibra.

$Vf \rightarrow$ Volume de fibra.

Os materiais compósitos foram produzidos de duas formas diferentes quanto ao tratamento dado às fibras do coco babaçu: Fibras de coco babaçu desfibriladas *in natura* que serão associadas a sigla I aplicadas às matrizes poliméricas: Resina A.H GAMA 306, Maxxi Rubber e a Resina Farben e fibras de coco babaçu lavadas que serão associadas a sigla L aplicadas às matrizes poliméricas: Resina A.H GAMA 306, Maxxi Rubber e a Resina Farben, estas resinas terão como sigla respectivamente A, B e C. As combinações realizadas entre tamanho da fibra, tratamento dado a fibra e a matriz polimérica utilizada podem ser verificadas na Tabela 6.

Quadro 2: Combinações entre os tratamentos dados as fibras, os comprimentos das fibras e as matrizes poliméricas para a produção do material compósito.

Material Compósito Produzido	
Fibras <i>In Natura</i>	Fibras Lavadas
MI2A	ML2A
MI2B	ML2B
MI2C	ML2C
MI1,2A	ML1,2A
MI1,2B	ML1,2B
MI1,2C	ML1,2C

Fonte: Autor, 2017.

Então, diante das combinações entre resina e fibras de coco babaçu serão produzidos 12 corpos de prova com traços diferentes que levarão as nomenclaturas descritas no Quadro 2.

A homogeneização entre fibras e resinas ocorreu em uma Argamassadeira

Automática da marca Fortest demonstrada na Figura 10. As fibras foram homogeneizadas às resinas durante um intervalo de tempo equivalente à 3 min. Após fibras e resina serem homogeneizadas, a mistura foi colocada em um molde.

Figura 10: Argamassadeira Automática.



Fonte: Autor, 2017.

O molde a ser utilizado para a produção do material compósito é prismático e tem formato de um paralelepípedo reto de dimensões 200mm x 200mm em sua base e altura de 30mm.

Figura 11: Molde utilizado para dar forma ao material compósito



Fonte: Autor, 2017.

O molde demonstrado na Figura 11 quando preenchido com o material compósito, foi submetido à Prensa Manual – Modelo FT 02 de capacidade 100 toneladas exposta na Figura 12. O material compósito então, fica submetido à prensa.

Figura 12: Prensa Manual – Modelo FT 02.



Fonte: Autor, 2017.

O material compósito então, foi prensado sob a ação de 1 tonelada em um intervalo de tempo de 3 minutos resultando em placas de 200mmx200mmx6mm. A altura de 6mm foi obtida prensando o material até que o mesmo ficasse nesta altura.

4.5 CARATERIZAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS OBTIDOS

Os compósitos de matrizes poliméricas reforçados com as fibras do coco babaçu foram submetidos a ensaios físicos e mecânicos: de densidade; tração; compressão; flexão, absorção de água e a microscopia eletrônica. Os

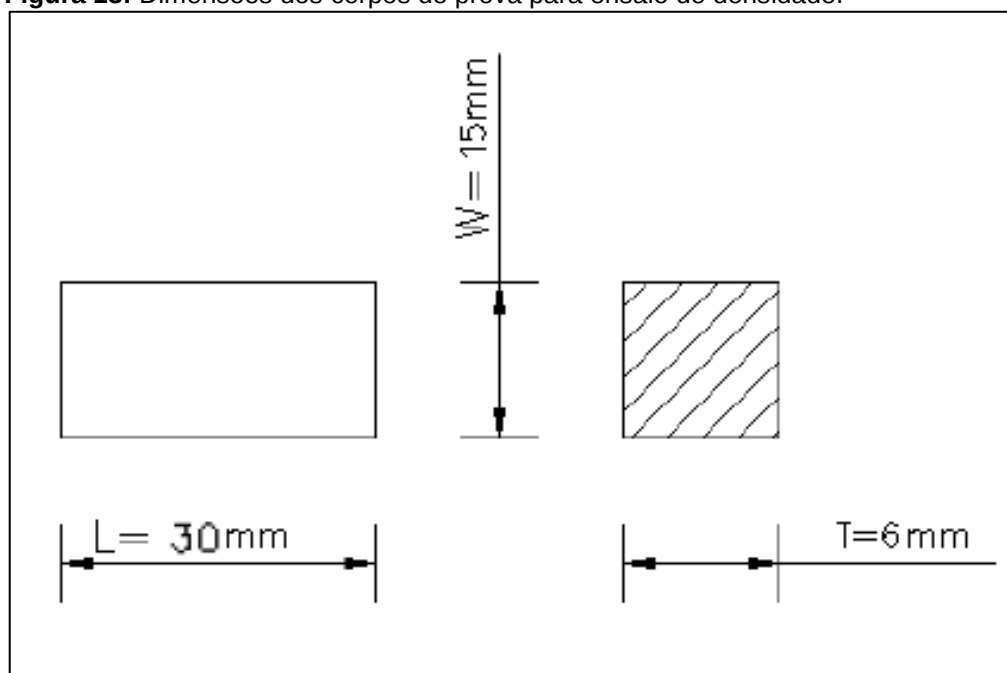
procedimentos experimentais de cada ensaio foram regidos por normas específicas segundo o tipo de material compósito.

4.5.1 Densidade dos Compósitos

A avaliação experimental de densidade dos diferentes compósitos, realizada de acordo com a norma ASTM D792 - *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement* (Métodos de teste padrão para a densidade e gravidade específica (densidade relativa) de plásticos por deslocamento) que usa o princípio de Arquimedes para plásticos sólidos.

As dimensões dos corpos de prova têm como parâmetro a norma D792 onde o corpo de prova deverá ser um prisma reto de dimensões vistas na Figura 13 e em quantidade igual a 5:

Figura 13: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de densidade.



Fonte: Desenho realizado conforme a norma ASTM D792

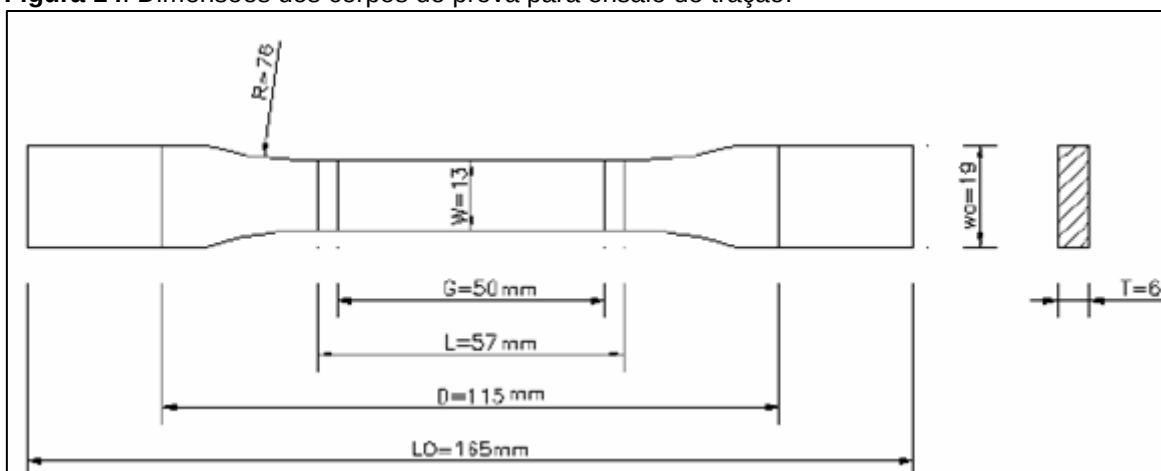
Obs.: W (largura); L (comprimento); T (espessura)

4.5.2 O Ensaio de Tração

A norma D 638 – 90 – *Standard Test Method For Tensile Properties of Plastic* (Método de teste padrão para determinação das propriedades de tração de plásticos) da *American Society for Test and Materials* (ASTM) foi utilizada para a realização deste ensaio. Esse método de teste determina as propriedades de

tração de plásticos reforçados ou não reforçados, a quantidade de corpos de prova igual a 5 e as dimensões vistas na Figura 14 dos corpos de prova.

Figura 14: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de tração.



Fonte: Desenho realizado conforme a norma ASTM D 638 - 90.

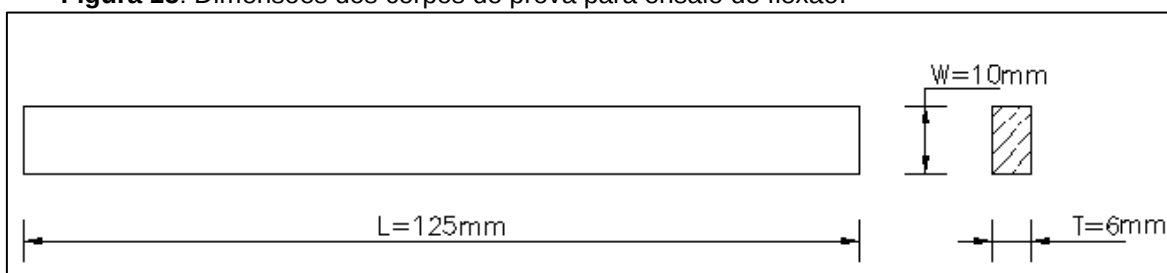
Obs.: W (largura da seção estreita), L (comprimento da seção estreita), WO (largura total), LO (comprimento total); G (comprimento do medidor); D (distância entre as garras); R (raio de concordância) e T (espessura)

4.5.3 O Ensaio de Flexão

A norma D 790M - 86 – *Standard Test Methods For Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials [metric]* (Métodos de teste padrões para determinação das propriedades de flexão de plásticos reforçados e não reforçados e materiais de isolamento elétrico) da ASTM foi utilizada para a realização deste ensaio. Estes métodos de teste cobrem a determinação de propriedades de flexão, dentre elas o módulo de elasticidade de plásticos reforçados e não reforçados, além de outros materiais. O método de teste escolhido foi o sistema de carregamento por três pontos, utilizando um carregamento centralizado em uma viga simplesmente apoiada.

Foram produzidos 5 corpos de prova de dimensões conforme Figura 15 e escolhidos de acordo com a norma D 790M – 86

Figura 15: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de flexão.



Fonte: Desenho realizado segundo a norma ASTM D 790M - 86.

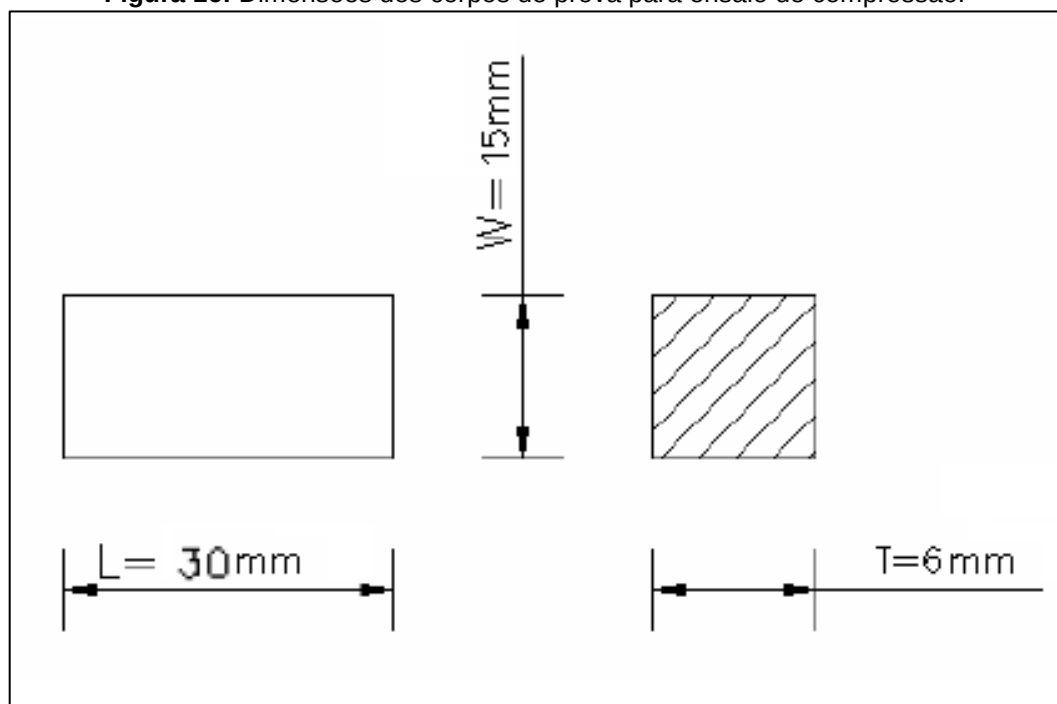
Obs.: T (espessura); L (comprimento); W (largura) e o vão do suporte foi de 96mm.

4.5.4 O Ensaio de Compressão

A norma utilizada para a realização deste ensaio é a D 695 - 90 – *Standard Test Method For Compressive Properties of rigid Plastics* (Método de teste padrão para determinação das propriedades de compressão de plásticos rígidos) da ASTM. Esta norma determina as propriedades mecânicas quanto à compressão de plásticos rígidos reforçados e não reforçados.

O número dos corpos de prova equivale a 5, determinado segundo a norma D695 – 90 sendo cada um deles um prisma reto conforme pode ser demonstrado Figura 16.

Figura 16: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de compressão.



Fonte: Desenho realizado segundo a norma ASTM D 695 - 90.

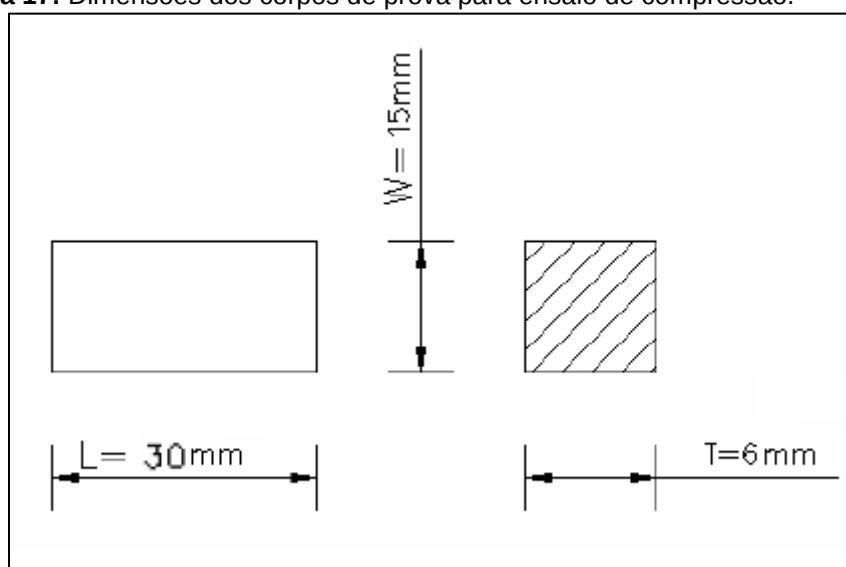
Obs.: W (largura); L (comprimento); T (espessura)

4.5.5 O Ensaio de Absorção de Água

A norma que foi utilizada para a realização deste ensaio é a ASTM D 570-98 - Standard Test Method for Water Absorption of Plastics (Método de Teste Padrão para Absorção de Água de Plásticos) da ASTM. Esta norma determina as propriedades de físicas quanto à absorção de água de plásticos.

O número dos corpos de prova equivale a 5 e estes serão os mesmos utilizados no ensaio de densidade, determinado segundo a norma D695 – 90 sendo cada um deles um prisma reto conforme Figura 17.

Figura 17: Dimensões dos corpos de prova para ensaio de compressão.



Fonte: Desenho realizado e adaptado segundo a norma ASTM D 570 – 90
Obs.: W (largura); L (comprimento); T (espessura)

4.5.6 Microscopia Eletrônica de Varredura do Material Compósito

A microscopia eletrônica de varredura do compósito foi realizada com intuito de analisar microestruturalmente a aderência entre a matriz polimérica e as fibras de coco babaçu e o comportamento das fibras pós-ensaios mecânico flexão, verificando se as mesmas foram arrancadas da matriz, ou rompidas. O método empregado foi desenvolvido em parceria com o Laboratório Multiusuário de Microscopia Eletrônica de Alta Resolução (LabMic) da Universidade Federal de Goiás (UFG).

A rotina preconiza a submissão do material compósito a um sistema para deposição de filmes de ouro, Denton Vacuum, Desk V, equipado com o acessório de carbono e logo adiante a aquisição de imagens das fibras em um Microscópio

Eletrônico de Varredura (MEV), Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging.

4.6 QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVA PARA OS ENSAIOS

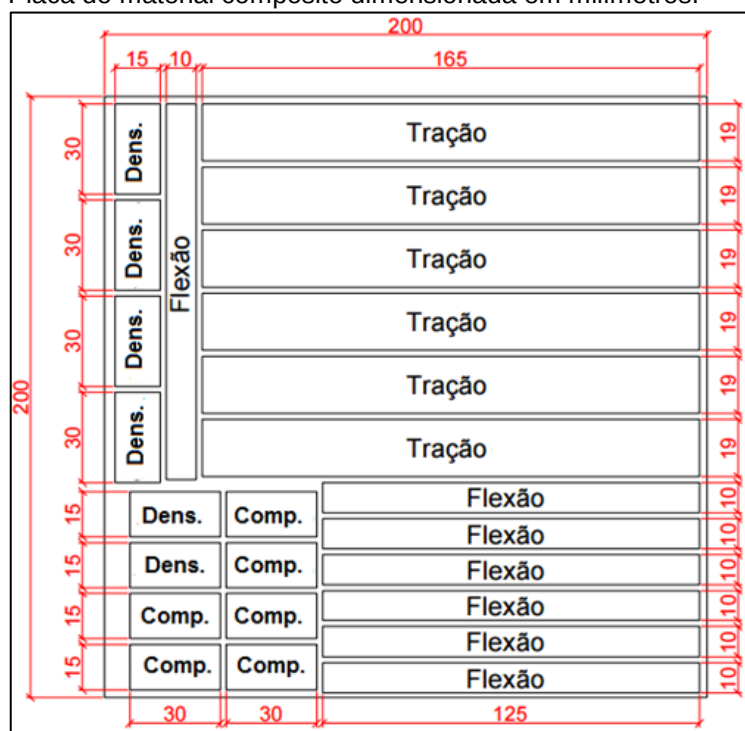
Os ensaios realizados nos compósitos têm a disposição da quantidade de corpos de provas no Quadro 3 em que a produção de cada corpo de prova está associada a um molde prismático de 200mmx200mmx30mm que dará origem a uma placa de material compósito como pode ser verificado na Figura 18, da qual os corpos de prova de cada ensaio foram retirados.

Quadro 3: Números de corpos de prova (CP's) para cada ensaio.

Material Compósito	Quantidade de Corpos de Prova (CP's)				
	Densidade/Absorção de Água	Tração	Flexão	Compressão	Quantidade de Placas
MI2A	5	5	5	5	1
MI2B	5	5	5	5	1
MI2C	5	5	5	5	1
MI1,2A	5	5	5	5	1
MI1,2B	5	5	5	5	1
MI1,2C	5	5	5	5	1
ML2A	5	5	5	5	1
ML2B	5	5	5	5	1
ML2C	5	5	5	5	1
ML1,2A	5	5	5	5	1
ML1,2B	5	5	5	5	1
ML1,2C	5	5	5	5	1

Fonte: Autor, 2017

Figura 18: Placa do material compósito dimensionada em milímetros.



Fonte: Autor, 2017.

Os corpos de prova demonstrados na Figura 18 têm dimensões que atendem as normas específicas correlatas à cada tipo de ensaio.

4.7 OS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS ENSAIOS

4.7.1 Prensa Universal

A realização dos ensaios de flexão, compressão e tração do material compósito foram realizados em parceria com o Laboratório de Materiais de Construção (LabMaCo) do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Os ensaios de flexão, compressão e tração foram realizados na Prensa Universal modelo Emic DL30000 com velocidade de 0,12 mm/min para cada 25 mm de espessura, até as rupturas do corpo de prova, que em conexão a um computador processa os dados obtidos da prensa em um programa denominado Tesc 1.10.

4.7.2 Microscópio Eletrônico de Varredura

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada no Laboratório Multiusuário de Microscopia Eletrônica de Alta Resolução (LabMic) da Universidade Federal de Goiás (UFG) disposto na Figura 19.

Figura 19: Microscópio eletrônico de varredura.



Fonte: LabMic, 2016.

Os ensaios de microscopia eletrônica dos corpos de prova ocorrerão em um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging.

4.8 TESTE ESTATÍSTICO

Os dados inerentes aos ensaios de compressão, flexão, tração, absorção de água e densidade dos materiais compósitos tiveram os seus resultados submetidos à testes estatísticos para verificar a correlação estatística entre dados comuns à um mesmo ensaio, para corpos de prova compostos por traços distintos quanto à matriz polimérica que os compõem.

Os resultados foram condicionados à um teste de hipóteses afim de verificar a nulidade, ou a hipótese alternativa que é uma hipótese de desigualdade, que infere se os valores comparados são estatisticamente iguais ou se existe pelo menos um diferente entre eles por meio do teste de F (BARBETTA

et al, 2004) e a comparação entre as médias foram efetuadas pelo teste de Tukey (STEFANELLO, 2006). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado representados por 3 materiais compósitos de forma aleatória.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS FIBRAS DO COCO BABAÇU

As fibras do coco babaçu foram caracterizadas fisicamente e microestruturalmente, os ensaios inerentes a estas caracterizações são: teor de umidade, teor de cinzas, massa específica e microscopia eletrônica, e os resultados podem ser verificados a seguir.

5.1.1 Teor de Umidade

O percentual do teor de umidade das fibras de coco babaçu está disposto na Tabela 5 de acordo com as amostras que foram submetidas ao respectivo ensaio.

Tabela 5: Teor de Umidade das Fibras de Coco Babaçu *In Natura*.

Amostra	Teor de Umidade (%)
1	11,2
2	11,3
3	12,1
4	13,3
5	11,5
6	11,8
7	11,6
8	12
9	12,4
10	11,1
Média	11,83 ± 0,66

Fonte: Autor, 2017.

A média obtida dos resultados obtidos no ensaio de teor de umidade das fibras de coco babaçu equivale à 11,83%, teor que se encontra maior que 3%, valor este tratado como aceitável por Rodolfo (2002) e maior que 8%, percentual definido como aceitável por Rider Jr e Newton (2002) e satisfaz a proposta de Kollmann, Kuenzi e Satamm (1975) que recomendam que o teor de umidade para produção de chapas de madeira, deve ser entre 3% e 12%

5.1.2 Teor de Cinzas

O teor de cinzas o teor de cinzas das fibras do coco babaçu encontra-se disposto na Tabela 6 em comparação com as fibras de banana, bagaço da cana e curuá.

Tabela 6: Teor de Cinzas de Algumas Fibras.

Fibra	Cinzas(%)
Banana	1,2
Bagaço da Cana	1,1 – 4,3
Curuá	0,9
Coco Babaçu	5,8

Fonte: Adaptada de Satyanarayana et al (2007)

A porcentagem do teor de cinzas representa a quantidade de componentes minerais contido nas fibras (BRAND, 2007), dentre os teores descritos na Tabela 6, do coco babaçu é o maior, porém, quando comparada ao do carvão, 40% como infere Garcia (2002) o valor do teor de cinzas da fibra do coco babaçu torna-se pequeno e o quão menor for o seu valor, menor foi a quantidade de cinzas residuais, assim agredirá menos o meio ambiente por gerar menor quantidade de resíduos diante de sua queima.

5.1.3 Massa específica das Fibras

A massa específica das fibras do coco babaçu *in natura* foi determinada segundo a NBR NM 52, com 5 amostras como mostra a Tabela 7.

Tabela 7: Massa Específica das Fibras do Coco Babaçu.

Amostras	Massa Específica (g/cm ³)
1	0,31
2	0,29
3	0,35
4	0,31
5	0,34
Média	0,32 ± 0,02

Fonte: Autor, 2017.

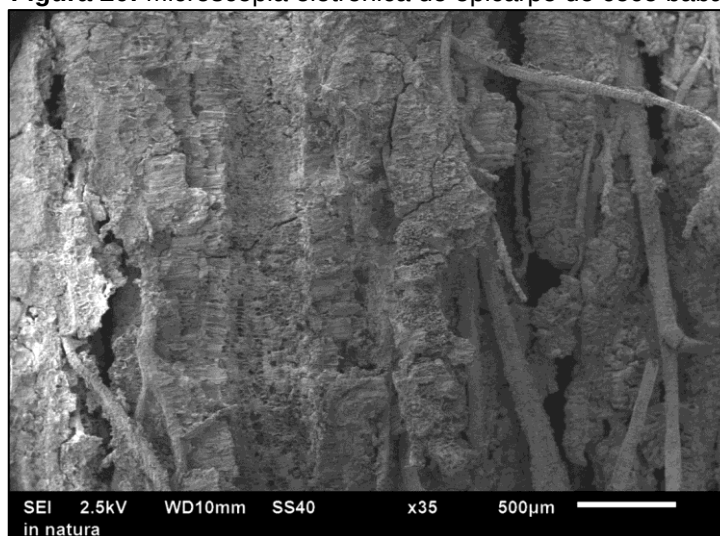
As fibras do bagaço da cana e de coco têm respectivamente os valores de densidade 0,49 g/cm³ e 1,5 g/cm³ (SATYANARAYANA et al, 2007), colocando as

fibras do coco babaçu com densidade menor que ambos os valores. As fibras que têm menor densidade e maior resistência tornam-se possíveis reforços ideais para as matrizes poliméricas.

5.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura das Fibras de Coco Babaçu

As fibras *in natura* (epicarpo) foram submetidas à microscopia eletrônica de varredura e ampliadas em 35 vezes por detalhar a estrutura das fibras como demonstra a Figura 20.

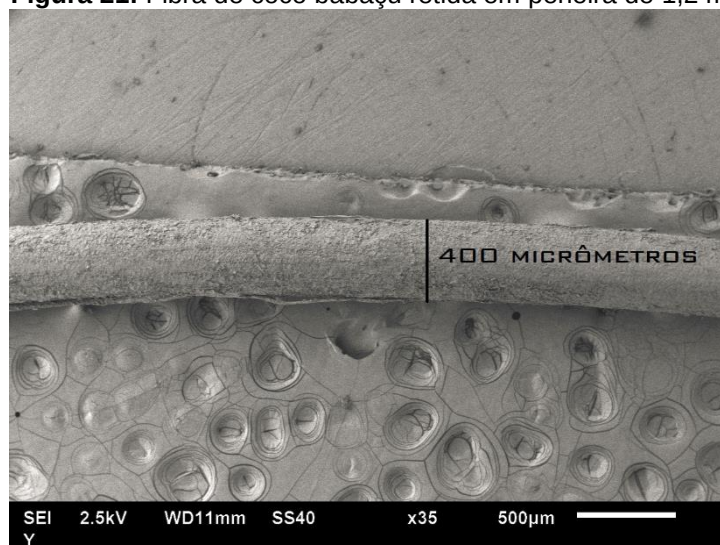
Figura 20: Microscopia eletrônica do epicarpo do coco babaçu.



Fonte: Autor, 2017.

Na Figura 20 pode ser verificado que as fibras do coco babaçu são unidas por um material ligante, material este predominante na superfície das fibras. As fibras ao serem separadas do ligante, deram origem as fibras de retidas na peneira de malha de 2mm e 1,2mm. A Figura 21 retrata a fibra denominada de 1,2mm após a microscopia eletrônica de varredura.

Figura 21: Fibra de coco babaçu retida em peneira de 1,2 mm.

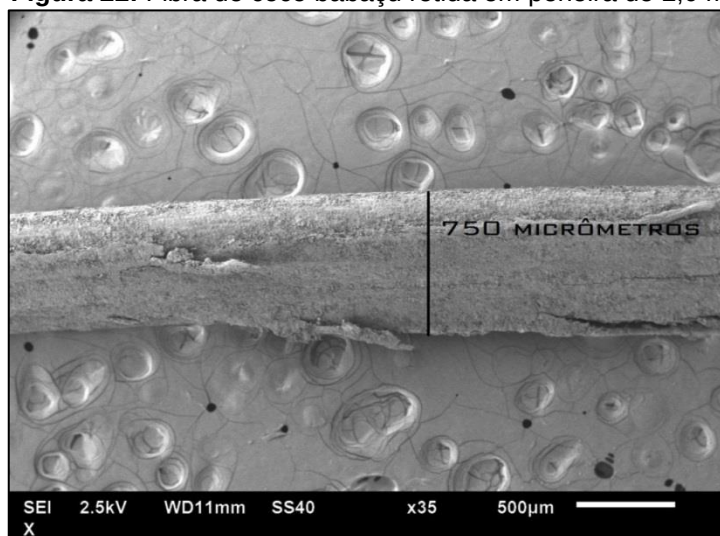


Fonte: Autor, 2017.

A fibra Y apresenta diâmetro conforme região medida o equivalente à 400 micrômetros, superfície dotada de pouca rugosidade e poucas imperfeições.

A Figura 22 retrata a fibra denominada de 2mm após a microscopia eletrônica de varredura.

Figura 22: Fibra de coco babaçu retida em peneira de 2,0 mm



Fonte: Autor, 2017.

A fibra 1,2mm apresenta diâmetro conforme região medida, o equivalente à 750 micrômetros, superfície dotada de pouca rugosidade e poucas imperfeições.

5.2 CARATERIZAÇÃO DOS MATERIAIS COMPÓSITOS OBTIDOS

Os materiais compósitos foram caracterizados através dos ensaios de densidade, tração, flexão compressão e absorção de água, todos os dados obtidos destes ensaios foram submetidos aos testes estatísticos F e Tukey. Os corpos de prova rompidos por flexão tiveram suas faces analisadas microestruturalmente em imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV).

O F disposto em todas análises de variância se constar como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstra que os dados obtidos no ensaio de densidade, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados, caso não seja significativo, todos os valores são estatisticamente iguais.

5.2.1 Análise Estatística - Densidade dos Compósitos

Os ensaios de densidade foram realizados segundo a norma descrita na metodologia. A Figura 23 retrata um dos corpos de prova que foi submetido à imersão para obter a densidade dos materiais compósitos produzidos.

Figura 23: Corpo de prova preparado para o ensaio de densidade



Fonte: Autor, 2017.

A análise estatística da qual os materiais compósitos foram submetidos está inicialmente pautada na aplicação do teste F e logo adiante o teste de Tukey, ambos realizados no software Assistat. Os materiais compósitos que apresentam o mesmo tratamento voltado á fibra e a mesma dimensão têm as suas densidades comparadas em função da variação da matriz que os compõem e os resultados podem ser observados nas tabelas e gráficos dispostos nos tópicos a, b, c e d.

a. Ensaio de Densidade em Material Compósito de Fibra *In Natura* 2mm (MI2A, MI2B e MI2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de densidade, os resultados da densidade, a média da densidade e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 4

Quadro 4: Densidade, média da densidade e desvio padrão dos materiais compósitos Fibra *In Natura* 2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 2mm			
AMOSTRAS	Densidade MI2A (g/cm ³)	Densidade MI2B (g/cm ³)	Densidade MI2C (g/cm ³)
1	1,39	1,41	1,39
2	1,38	1,40	1,40
3	1,39	1,42	1,39
4	1,40	1,39	1,40
5	1,38	1,38	1,39
Média	1,39 ± 0,01	1,40 ± 0,02	1,39 ± 0,01

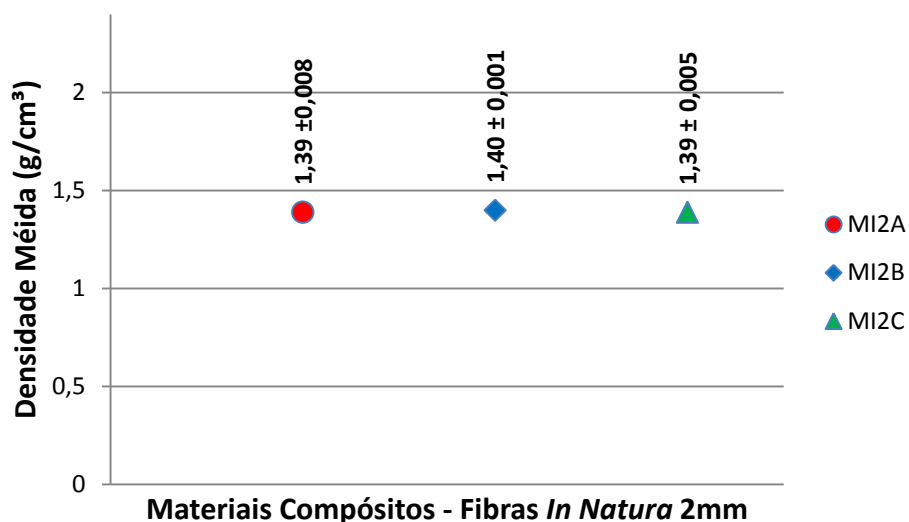
MI2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz A H Gama 306

MI2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias de densidade dos materiais compósito MI2A, MI2B e MI2C são respectivamente 1,39g/cm³, 1,40 g/cm³ e 1,39 g/cm³, valores estes também que têm pouca variação entre si e estão representados no Gráfico 1.

Gráfico 1: Médias de densidade dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 8.

Tabela 8: Análise de variância do ensaio de densidade dos materiais compósitos MI2A, MI2B E MI2C.

Quadro de Análise - IX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	0,00065	0,00033	4,2609**
Resíduo	19	0,00092	0,00008	
Total	21			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 8 consta como significativo ao nível de 1% e os dados de densidade foram submetidos após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9: Médias de densidade dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
MI2A	1,39	b
MI2B	1,40	a
MI2C	1,39	ab

Coeficiente de Variação = 0,015%

Diferença Mínima Significativa = 0,63

Os valores $1,39\text{g/cm}^3$, $1,40\text{g/cm}^3$ e $1,40\text{g/cm}^3$ dispostos na Tabela 9 se remetem respectivamente a densidade (medida em grama por centímetro cúbico – g/cm^3) dos materiais compósitos MI2A, MI2B E MI2C, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 0,015% e a diferença mínima significativa à 0,63. As letras a, b e ab que acompanham cada valor da Tabela 9 demonstram as médias dotadas de a e b têm densidades que diferem estatisticamente entre si, a média dotada de ab é estatisticamente igual a média que contém a e a média que contém b.

A média de densidade do material MI2A equivale à 99,29%do material MI2B e o material MI2C tem a média de densidade estatisticamente igual aos materiais MI2A e MI2B.

b. Ensaio de Densidade em Material Compósito de Fibra Lavada 2mm (ML2A, ML2B e ML2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavadas na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de densidade, os resultados da densidade, a média da densidade e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados conforme o Quadro 5

Quadro 5: Densidade, os resultados da densidade, a média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.

Fibras Lavadas 2mm			
AMOSTRAS	Densidade ML2A (g/cm ³)	Densidade ML2B (g/cm ³)	Densidade ML2C (g/cm ³)
1	1,40	1,38	1,40
2	1,39	1,41	1,38
3	1,38	1,40	1,39
4	1,40	1,40	1,41
5	1,39	1,39	1,39
Média	1,39 ± 0,01	1,40 ± 0,02	1,39 ± 0,01

ML2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz A H Gama 306

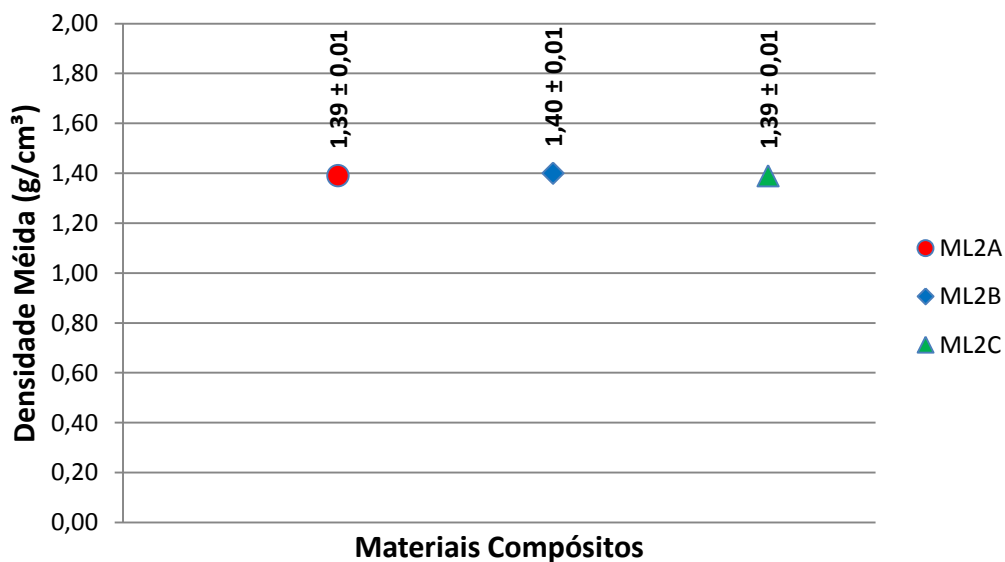
ML2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

ML2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias de densidade estão dispostas em função do tipo de material compósito no Gráfico 2.

Gráfico 2: Médias de densidade dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.



Os materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 10.

Tabela 10: Análise de variância do ensaio de densidade Dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Quadro de Análise - LX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	0,00004	0,00002	0,1818ns
Resíduo	12	0,00132	0,00011	
Total	14			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 10 consta como não significativo ao nível de 1% e os dados de densidade foram submetidos após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11: Médias de densidade dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML2A	1,39	a
ML2B	1,40	a
ML2C	1,39	a

Coefficiente de Variação = 0,018%

Diferença Mínima Significativa = 0,75

Os valores $1,39\text{g/cm}^3$, $1,40\text{g/cm}^3$ e $1,40\text{g/cm}^3$ dispostos na Tabela 11 se remetem respectivamente a densidade (medida em grama por centímetro cúbico – g/cm^3) dos materiais compósitos ML2A, ML2B E ML2C, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 0,018% e a diferença mínima significativa à 0,75. A letra a, que acompanha cada valor da Tabela 11 demonstra que as médias dotadas de a têm densidades que são estatisticamente iguais.

c. Ensaio de Densidade em Material Compósito de Fibra In Natura 1,2mm (MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de densidade, os resultados da densidade, a média da densidade e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 6.

Quadro 6: Densidade, média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 1,2mm.

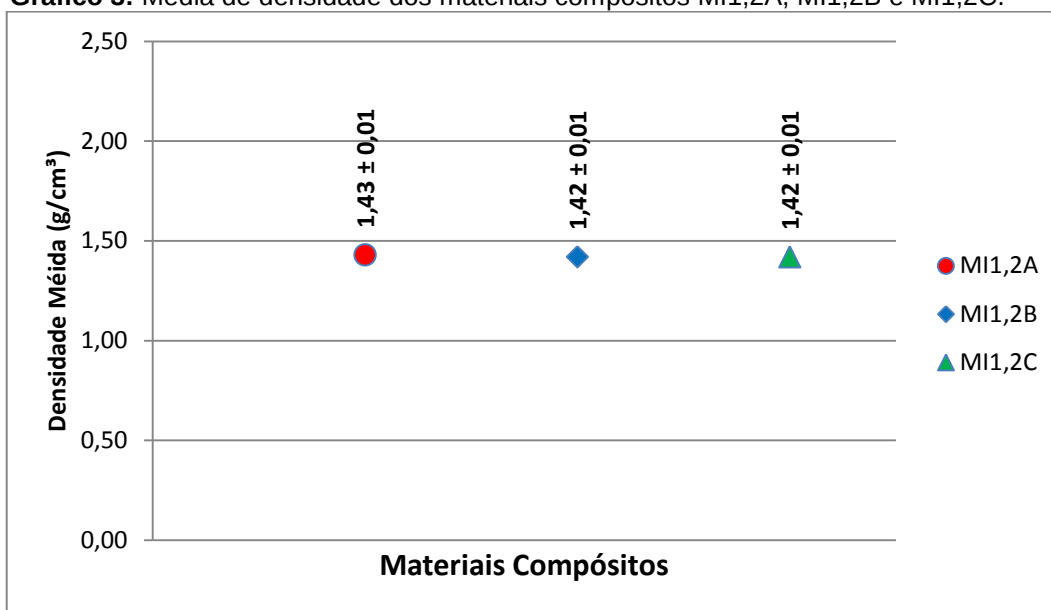
Fibras <i>In Natura</i> 1,2mm			
AMOSTRAS	Densidade MI1,2A (g/cm ³)	Densidade MI1,2B (g/cm ³)	Densidade MI1,2C (g/cm ³)
1	1,44	1,42	1,42
2	1,43	1,43	1,41
3	1,44	1,42	1,40
4	1,43	1,43	1,44
5	1,42	1,42	1,42
Média	1,43 ± 0,01	1,42 ± 0,01	1,41 ± 0,01

MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306

MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben
Fonte: Autor, 2017.

As médias de densidade dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI2C são respectivamente 1,43g/cm³, 1,42 g/cm³ e 1,42 g/cm³, valores estes também que têm pouca variação entre si e estão dispostas no Gráfico 3.

Gráfico 3: Média de densidade dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Os materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 12.

Tabela 12: Análise de variância do ensaio de densidade dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Quadro de Análise - IY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	0,00049	0,00025	2,3125ns
Resíduo	12	0,00128	0,00011	
Total	14			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 12 consta como não significativo ao nível de 1% de probabilidade e os dados de densidade foram submetidos após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13: Média de densidade dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML1,2A	1,43	a
ML1,2B	1,42	a
ML1,2C	1,42	a

Coeficiente de Variação = 0,72%

Diferença Mínima Significativa = 0,01741

Os valores $1,43\text{g/cm}^3$, $1,42\text{g/cm}^3$ e $1,42\text{g/cm}^3$ dispostos na tabela 13 se remetem respectivamente a densidade (medida em grama por centímetro cúbico – g/cm^3) dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B E ML1,2C, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 0,72% e a diferença mínima significativa à 0,01741. A letra a, que acompanha cada valor da Tabela 13 demonstra que as médias dotadas de a têm densidades que são estatisticamente iguais entre si.

d. Ensaio de Densidade em Material Compósito de Fibra Lavada 1,2mm (ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C)

Os dados do ensaio de densidade estão dispostos no Quadro 7.

Quadro 7: Densidade, média da densidade e o desvio padrão dos materiais compósitos de lavada 1,2mm.

Fibras Lavadas 1,2mm			
AMOSTRAS	Densidade ML1,2A (g/cm^3)	Densidade ML1,2B (g/cm^3)	Densidade ML1,2C (g/cm^3)
1	1,43	1,41	1,43
2	1,44	1,46	1,44
3	1,41	1,43	1,43
4	1,44	1,44	1,42
5	1,45	1,42	1,44
Média	$1,43 \pm 0,02$	$1,43 \pm 0,02$	$1,43 \pm 0,01$

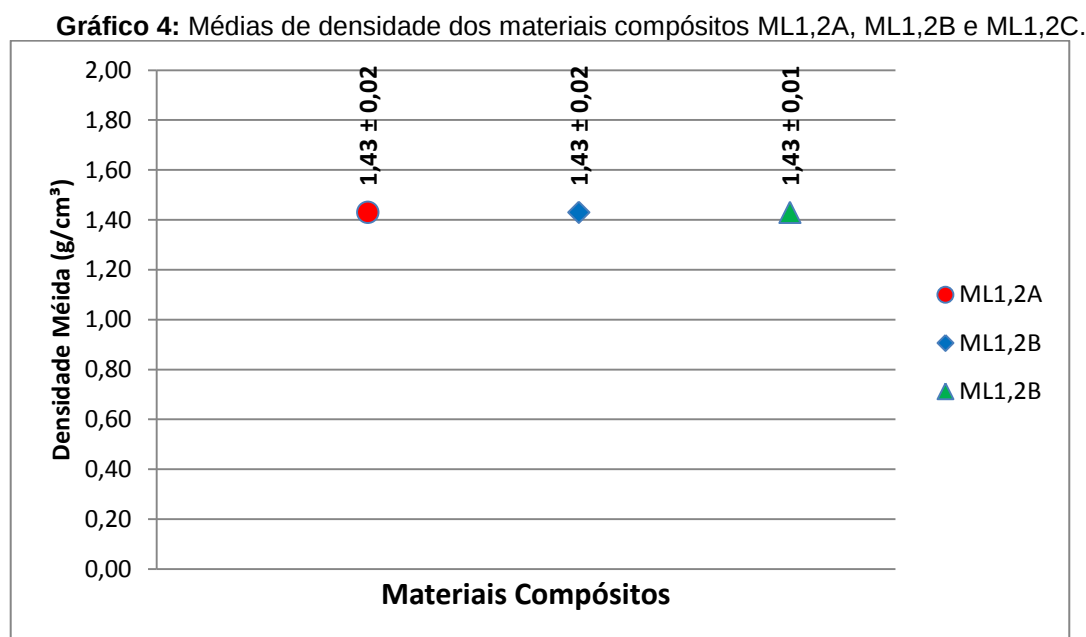
ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306

ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias de densidade estão dispostas em função do tipo de material compósito no Gráfico 4.



Os materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 14.

Tabela 14: Análise de variância do ensaio de densidade dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Quadro de Análise - LY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	0,00001	0,00001	0,0299ns
Resíduo	12	0,00268	0,00022	
Total	14			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 14 consta como não significativo ao nível de 1% e os dados de densidade foram submetidos após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 15.

Tabela 15: Médias de densidade dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML1,2A	1,43	a
ML1,2B	1,43	a
ML1,2C	1,43	a

Coeficiente de Variação = 1,04 %

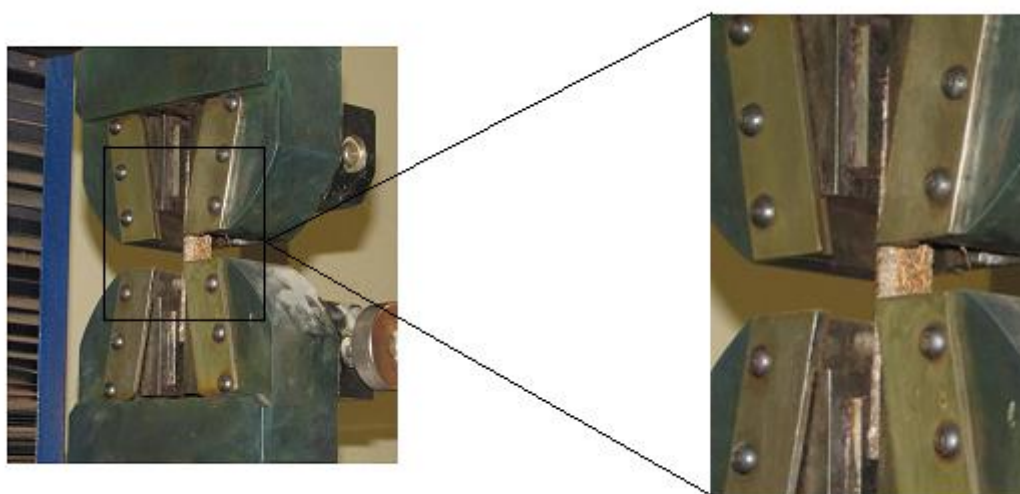
Diferença Mínima Significativa = 0,02520

Os valores $1,43\text{g/cm}^3$, $1,43\text{g/cm}^3$ e $1,43\text{g/cm}^3$ dispostos na Tabela 15 se remetem respectivamente a densidade (medida em grama por centímetro cúbico – g/cm^3) dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B E ML1,2C, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 1,04% e a diferença mínima significativa à 0,02520. A letra a, que acompanha cada valor conforme verificado na Tabela 15 que demonstra as médias dotadas de a têm densidades que são estatisticamente iguais entre si.

5.2.2 Análise Estatística - Ensaio de Tração

Os ensaios a tração foram realizados segundo a norma descrita na metodologia. A Figura 24 retrata a submissão de um dos corpos de prova á ruptura para obter a resistência à tração dos materiais compósitos produzidos.

Figura 24: Realização do ensaio de tração direta no material compósito.



Fonte: Autor, 2017

A análise estatística da qual os materiais compósitos foram submetidos está inicialmente pautada na aplicação do teste F e logo adiante o teste de Tukey. Os materiais compósitos que apresentam o mesmo tratamento voltado à fibra e a mesma dimensão têm as suas resistências comparadas em função da variação da matriz que os compõem e os resultados podem ser observados nas tabelas e gráficos dispostos nos tópicos a, b, c e d.

a. Ensaio de Tração em Material Compósito de Fibra *In Natura* 1,2mm (MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de tração e os resultados de resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 8.

Quadro 8: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 1,2mm.

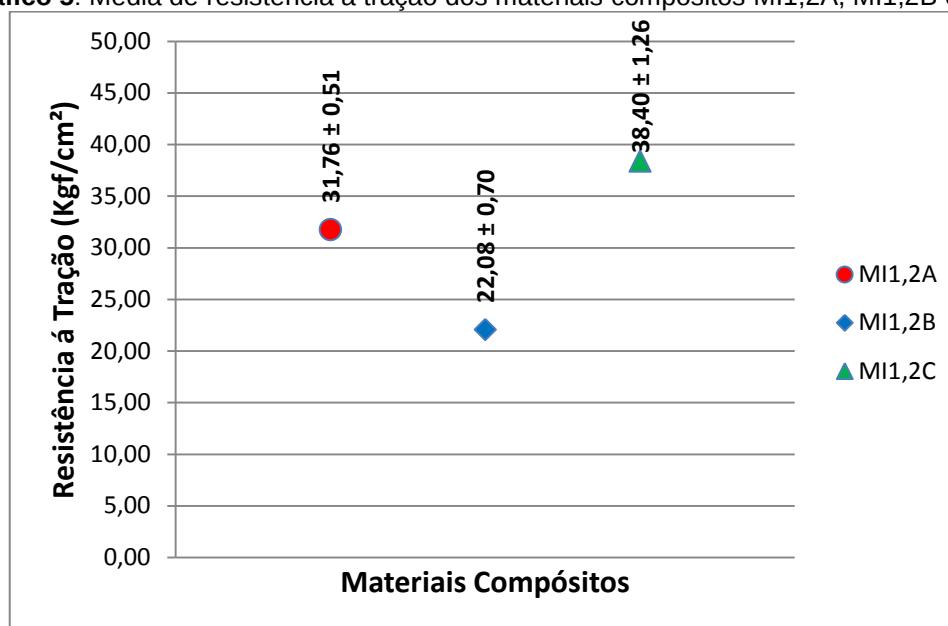
Fibras <i>In Natura</i> 1,2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Tração MI1,2A (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração MI1,2B (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração MI1,2C (Kgf/cm ²)
1	32,00	21,40	39,10
2	31,00	23,00	38,00
3	32,30	21,50	37,70
4	31,50	22,60	40,20
5	32,00	21,90	37,00
Média	31,76 ± 0,51	22,08 ± 0,70	38,40 ± 1,26

MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306

MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben
Fonte: Autor, 2017.

Os resultados dos ensaios de resistência à tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI2C são respectivamente 31,76Kgf/cm², 22,08Kgf/cm² e 38,40Kgf/cm² e estão representados no Gráfico 5.

Gráfico 5: Média de resistência a tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

A análise de variância dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C está disposta na Tabela 16.

Tabela 16: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Quadro de Análise - IY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	673,56	336,78	432,69**
Resíduo	12	9,34	0,78	
Total	14	682,90		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

O F disposto na Tabela 16 consta como significativo ao nível de 1% e os dados de resistência à tração foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17: Média de resistência a tração dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML1,2A	31,7	b
ML1,2B	21,08	c
ML1,2C	38,4	a

Coeficiente de Variação = 2,87%

Diferença Mínima Significativa = 1,49

Os valores 31,7Kgf/cm², 22,08Kgf/cm² e 38,4Kgf/cm² dispostos na Tabela 17 se remetem respectivamente à resistência (medida em quilograma-força por centímetro quadrado – Kgf/cm²) dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B E MI1,2C à tração, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 1,49% e a diferença mínima sig17 20 demonstram que todas médias de resistências à tração diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à tração do material compósito MI1,2A é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à tração do material compósito MI1,2B equivale a 57,5% do material MI1,2A e a resistência do material compósito MI1,2C equivale à 82,55%.

Considerando que os materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B E MI1,2C quando comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras foram submetidas o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições enquanto materiais compósitos estão nas matrizes que os constituem, ou seja, matriz A matriz B e matriz C, e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à tração.

b. Ensaio de Tração em Material Compósito de Fibra *In Natura* 2mm (MI2A, MI2B e MI2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de tração e os resultados de resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 9.

Quadro 9: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de *fibra in natura* 2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Tração MI2A (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração MI2B (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração MI2C (Kgf/cm ²)
1	22,30	14,20	28,60
2	22,30	13,80	27,50
3	23,10	14,30	28,60
4	21,40	14,00	28,00
5	22,50	14,60	27,40
Média	22,32 ± 0,61	14,18 ± 0,30	28,02 ± 0,58

MI2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz A H Gama 306

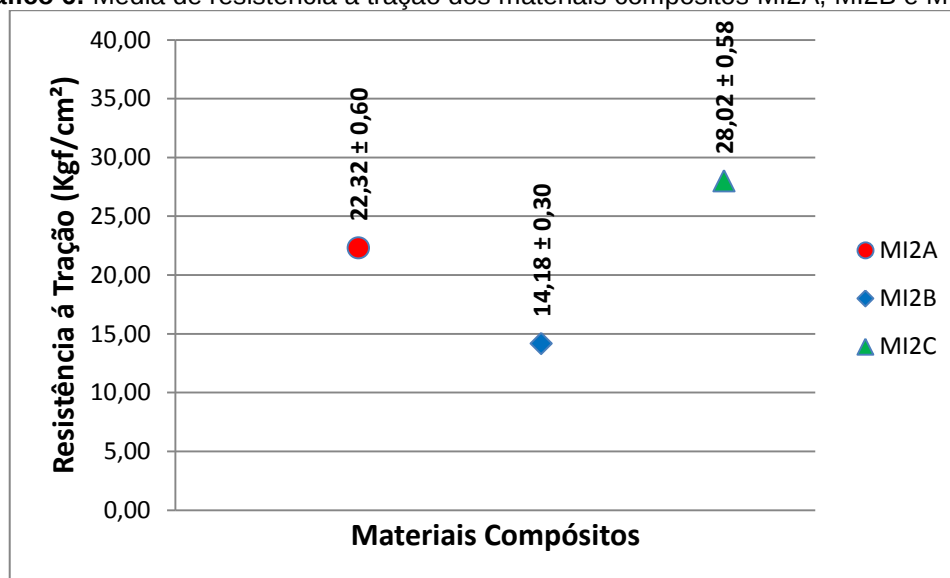
MI2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

MI2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência a tração e seus respectivos desvios padrão estão dos materiais compósito MI2A, MI2B e MI2C dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 6.

Gráfico 6: Média de resistência a tração dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.



Os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 18.

Tabela 18: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Quadro de Análise - IX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	483,82	241,91	911,73**
Resíduo	12	3,18	0,27	
Total	14	487,01		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

O F disposto na Tabela 18 consta como significativo ao nível de 1% e os dados de resistência à tração foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19: Média de resistência à tração dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C

Material Compósito	Médias de Tratamento	
MI2A	22,32	b
MI2B	14,18	c
MI2C	28,02	a

Coefficiente de Variação = 2,40

Diferença Mínima Significativa = 0,87

Os valores 22,32Kgf/cm², 14,18Kgf/cm² e 28,02Kgf/cm² dispostos na Tabela 19 se remetem respectivamente à resistência (medida em quilograma-força por centímetro quadrado – Kgf/cm²) dos materiais compósitos MI2A, MI2B E MI2C à tração, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 2,40% e a diferença mínima significativa à 0,87. As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 19 demonstram que todas médias de resistências à tração diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à tração do material compósito MI2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à tração do material compósito MI2B equivale a 50,61% do material MI2C e a resistência do material compósito MI2A equivale à 79,66%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange à resistência à tração.

c. Ensaio de Tração em Material Compósito de Fibra lavada 2mm (ML2A, ML2B e ML2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de tração e os resultados de resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 10.

Quadro 10: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.

Fibras lavadas 2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Tração ML2A (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração ML2B (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração ML2C (Kgf/cm ²)
1	25,00	19,00	27,10
2	23,40	17,00	26,90
3	25,40	18,00	27,00
4	23,60	20,00	24,60
5	25,00	18,30	26,00
Média	24,48 ± 0,91	18,46 ± 1,12	26,32 ± 1,06

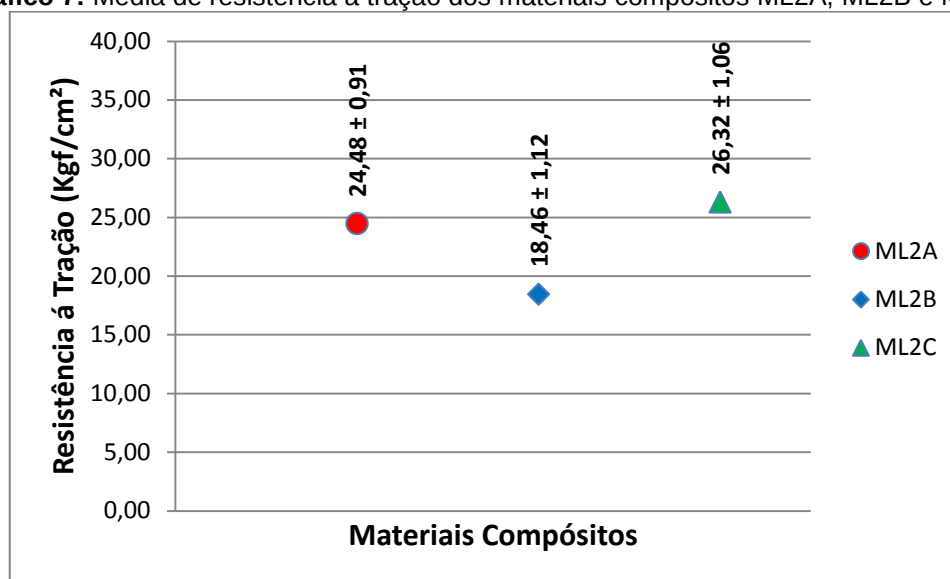
ML2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz A H Gama 306

ML2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

ML2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito conforme pode ser verificado no Gráfico 7 representado em colunas.

Gráfico 7: Média de resistência à tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Os materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 20.

Tabela 20: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Quadro de Análise - LX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	169,01	84,50	79,05
Resíduo	12	12,83	1,07	
Total	14	181,84		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

O F disposto na Tabela 20 consta como significativo ao nível de 1% e os dados de resistência à tração foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 21.

Tabela 21: Média de resistência a tração dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML2A	24,48	b
ML2B	18,46	c
ML2C	26,32	a

Coeficiente de Variação = 4,48%

Diferença Mínima Significativa = 1,74

Os valores 24,48Kgf/cm², 18,46Kgf/cm² e 26,32Kgf/cm² dispostos na Tabela 21 se remetem respectivamente à resistência (medida em quilograma-força por centímetro quadrado – Kgf/cm²) dos materiais compósitos ML2A, ML2B E ML2C à tração, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 4,48% e a diferença mínima significativa à 1,74. As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 21 demonstram que todas médias de resistências à tração diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à tração do material compósito ML2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à tração do material compósito ML2B equivale a 70,13% do material ML2C e a resistência do material compósito ML2A equivale à 93,01%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange à resistência à tração.

d. Ensaio de Tração em Material Compósito de Fibra Lavada 1,2mm (ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de tração e os resultados de resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 11.

Quadro 11: Resistência à tração, a média da resistência à tração e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.

Fibras lavadas 1,2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Tração ML1,2A (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração ML1,2B (Kgf/cm ²)	Resistência à Tração ML1,2C (Kgf/cm ²)
1	17,10	10,00	27,00
2	17,50	11,00	26,00
3	16,90	10,50	28,00
4	18,00	9,50	27,50
5	17,50	9,80	27,43
Média	17,40 ± 0,42	10,16 ± 0,59	27,19 ± 0,75

ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306

ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben

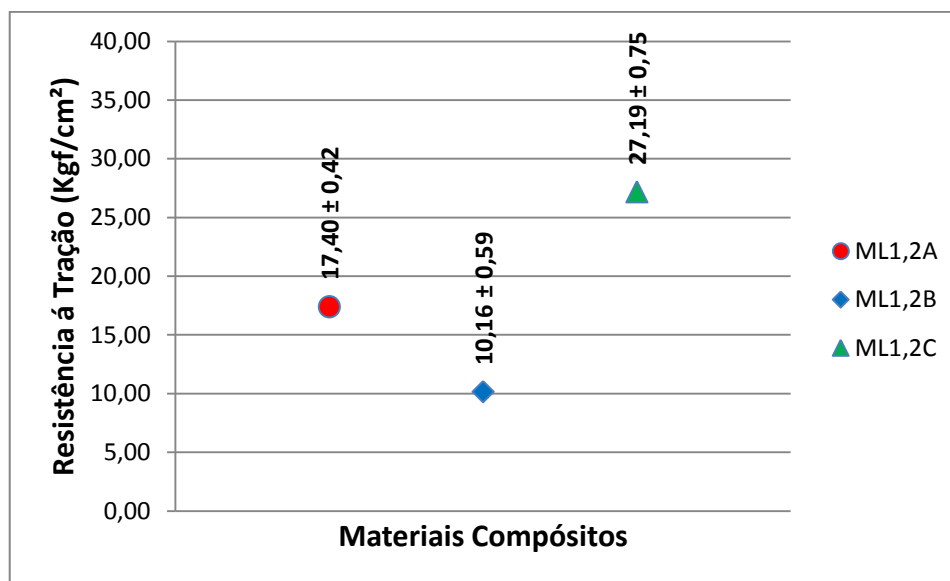
Fonte: Autor, 2017.

Os valores de resistência à tração apresentaram pouca variação para os materiais compósitos ML1,2A, ocorrendo o mesmo para os materiais compósitos ML1,2B e ML1,2C.

As médias de resistência à tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C são respectivamente 17,40Kgf/cm², 10,16Kgf/cm² e 27,19Kgf/cm² valores estes também que têm variação considerável entre si.

As médias de resistência a tração e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 8 de colunas dos materiais ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Gráfico 8: Média de resistência a tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.



Os materiais compósitos têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 22 e os materiais são:

Tabela 22: Análise de variância do ensaio de tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Quadro de Análise - LY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	730,11	365,05	996,99**
Resíduo	12	4,39	0,37	
Total	14	734,51		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 22 consta como significativo ao nível de 1% e os dados de resistência à tração foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 23

Tabela 23: Média de resistência a tração dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML1,2A	17,4	b
ML1,2B	10,16	c
ML1,2C	27,19	a

Coeficiente de Variação = 3,32 %

Diferença Mínima Significativa = 1,02

Os valores 17,4Kgf/cm², 10,16Kgf/cm² e 27,19Kgf/cm² dispostos na Tabela 23 se remetem respectivamente à resistência (medida em quilograma-força por centímetro quadrado – Kgf/cm²) dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B E ML1,2C à tração, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 3,32% e a diferença mínima significativa à 1,02. As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 23 demonstram que todas médias de resistências à tração diferem estatisticamente entre si.

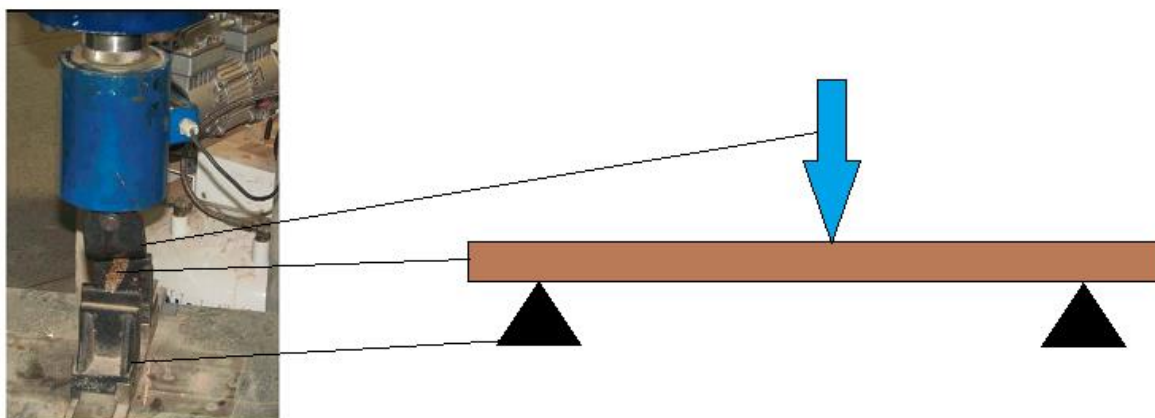
A média de resistência à tração do material compósito ML1,2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à tração do material compósito ML1,2B equivale a 37,37% do material ML1,2C e a resistência do material compósito ML1,2A equivale à 63,99%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à tração.

5.2.3 Análise Estatística - Ensaio de Flexão

Os ensaios a flexão foram realizados segundo a norma descrita na metodologia. A Figura 25 retrata a submissão de um dos corpos de prova á ruptura para obter a resistência à flexão dos materiais compósitos produzidos.

Figura 25: Ensaio de Flexão em Material Compósito.



Fonte: Autor, 2017.

A análise estatística da qual os materiais compósitos foram submetidos está inicialmente pautada na aplicação do teste F e logo adiante do teste de Tukey. Os materiais compósitos que apresentam o mesmo tratamento dado à fibra e a mesma dimensão têm as suas resistências à flexão comparadas em função da variação da matriz polimérica que os compõem e os resultados podem ser observados nas tabelas e gráficos dispostos nos tópicos a, b, c e d.

a. Ensaio de Flexão em Material Compósito de Fibra *In Natura* 1,2mm (MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de flexão e os resultados de resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 12.

Quadro 12: Resistência à flexão, a média de resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 1,2mm.

AMOSTRAS	Resistência à Flexão MI1,2A (MPa)	Resistência Flexão MI1,2B (MPa)	Resistência Flexão MI1,2C (MPa)
1	52,92	42,34	63,50
2	52,71	41,67	62,50
3	53,46	42,50	63,92
4	51,79	41,79	63,17
5	52,92	42,54	63,75
Média	52,76 ± 0,61	42,17 ± 0,41	63,37 ± 0,56

MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306

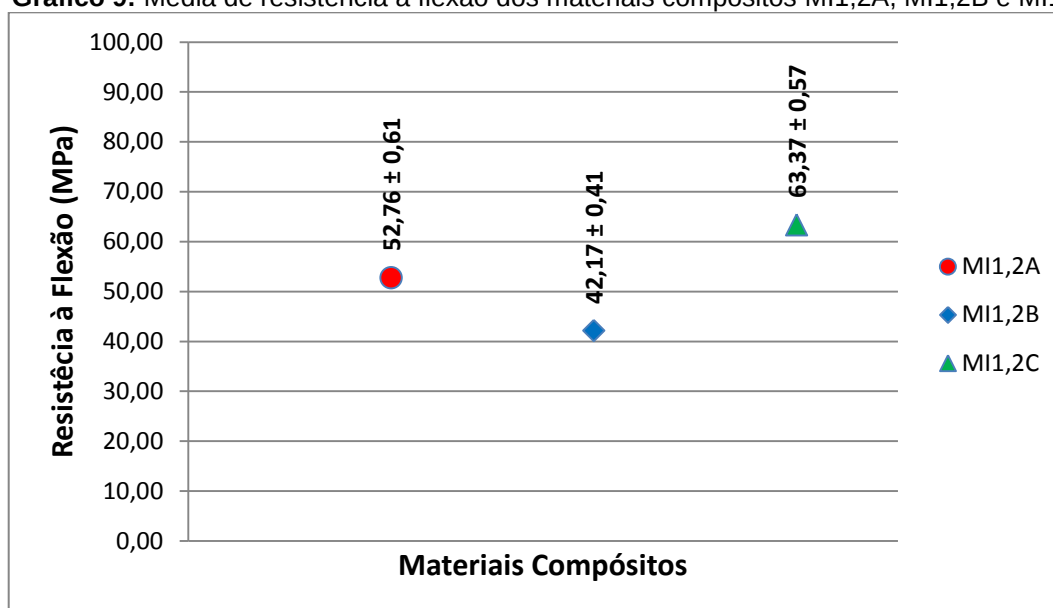
MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à flexão e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 9.

Gráfico 9: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.



Os materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 24.

Tabela 24: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Quadro de Análise - IY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	6471,94	3235,97	2010,89**
Resíduo	12	19,31	1,61	
Total	14	6491,25		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 24 consta como significativo ao nível de 1% e Os dados de resistência à flexão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 25.

Tabela 25: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
MI1,2A	52,76	b
MI1,2B	42,17	c
MI1,2C	63,37	a

Coefficiente de Variação = 1,00%

Diferença Mínima Significativa = 2,14

Os valores 52,76MPa, 42,17 MPa e 63,37 MPa dispostos na Tabela 25 se remetem respectivamente à resistência dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B E MI1,2C à flexão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 1% e a diferença mínima significativa à 2,14. As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 25 demonstram que todas médias de resistências à flexão diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à flexão do material compósito MI1,2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à flexão do material compósito MI1,2A equivale a 83,25% do material MI1,2C e a resistência do material compósito MI1,2B equivale à 66,54%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à flexão.

b. Ensaio de Flexão em Material Compósito de Fibra *In Natura* 2mm (MI2A, MI2B e MI2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 2mm foram submetidas aos ensaios de flexão e os resultados obtidos foram: Resistência à flexão, Média da resistência à flexão, Desvio padrão. Os resultados dos ensaios podem ser verificados no Quadro 13.

Quadro 13: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 2mm.

AMOSTRAS	Resistência à Flexão MI2A (MPa)	Resistência à Flexão MI2B (MPa)	Resistência à Flexão MI2C (MPa)
1	14,55	12,58	16,21
2	13,75	11,83	15,00
3	15,83	12,67	15,79
4	12,50	13,00	14,38
5	12,92	13,13	15,75
Média	13,91 ± 1,33	12,64 ± 0,50	15,43 ± 0,73

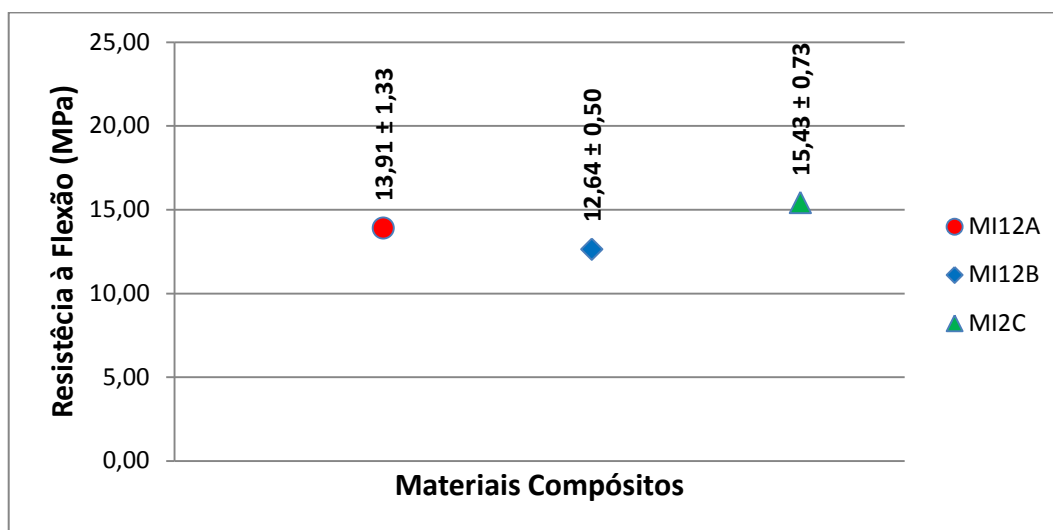
MI2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz A H Gama 306

MI2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

MI2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

Os valores de resistência à flexão apresentaram pouca variação para os materiais compósitos MI2A, ocorrendo o mesmo para os materiais compósitos MI2B e MI2C e representados no Gráfico 10.

Gráfico 10: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C têm os dados do ensaio submetidos à variância dispostos na Tabela 26.

Tabela 26: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Quadro de Análise - IX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	111,84	55,92	11,34**
Resíduo	12	59,16	4,93	
Total	14	171,00		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 26 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio à flexão, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados.

Os dados de resistência à flexão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 27

Tabela 27: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
MI2A	13,91	ab
MI2B	12,64	b
MI2C	15,43	a

Coeficiente de Variação = 6,61 %

Diferença Mínima Significativa = 3,74

Os valores 13,98MPa, 12,64MPa e 15,43MPa dispostos na Tabela 27 se remetem respectivamente à resistência dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B E MI1,2C à flexão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 6,61% e a diferença mínima significativa à 3,74. As letras a, b e ab que acompanham cada valor da Tabela 27 demonstram que a média de resistências à flexão dotada com ab é estatisticamente igual a média dotada de a e a média dotada de b, já as médias com a e b quando comparadas entre si.

A média de resistência à flexão do material compósito MI2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à flexão do material compósito MI2B equivale a 81,96% do material MI1,2C e a resistência do material compósito MI1,2B equivale à 90,17% e este percentual é estatisticamente aos dois demais.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e as matrizes C e A demonstraram ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange à resistência à flexão.

c. Ensaio de Flexão em Material Compósito de Fibra Lavada 2mm – (ML2A, ML2B e ML2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de flexão e os resultados de resistência à flexão, a média da de resistência à flexão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 14.

Quadro 14: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.

Fibras Lavadas 2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Flexão ML2A (MPa)	Resistência à Flexão ML2B (MPa)	Resistência à Flexão ML2C (MPa)
1	14,55	11,88	20,17
2	13,83	11,42	19,79
3	14,75	12,00	19,96
4	13,54	12,27	20,25
5	15,00	10,70	20,63
Média	14,34 ± 0,62	11,65 ± 0,62	20,16 ± 0,32

ML2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz A H Gama 306

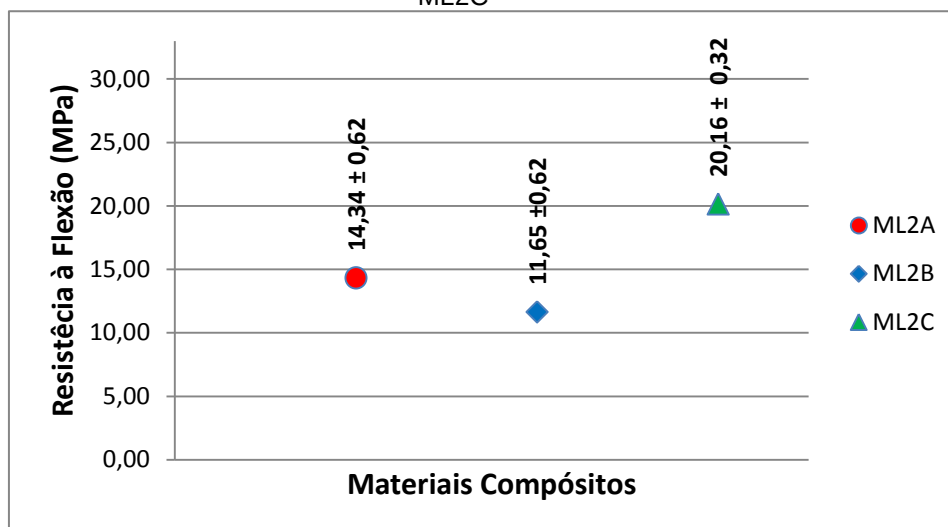
ML2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

ML2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à flexão e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 11.

Gráfico 11: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C



Os materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 28.

Tabela 28: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Quadro de Análise - LX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	1089,31	544,65	327,22**
Resíduo	12	19,97	1,66	
Total	14	1109,28		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$).

O F disposto na Tabela 28 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio à flexão, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados.

Os dados de resistência à flexão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 29.

Tabela 29: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML2A	14,34	b
ML2B	11,65	c
ML2C	20,16	a

Coeficiente de Variação = 3,49 %

Diferença Mínima Significativa = 2,18

Os valores 14,34MPa, 11,65MPa e 20,16MPa dispostos na Tabela 29 se remetem respectivamente à resistência dos materiais compósitos ML2A, ML2B E ML2C à flexão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 3,49% e a diferença mínima significativa à 2,18. As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 29 demonstram que todas médias de resistências à flexão diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à flexão do material compósito ML2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à flexão do material compósito

ML2A equivale a 71,12% do material ML2C e a resistência do material compósito ML2B equivale à 57,80%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à flexão.

d. Ensaio de Flexão em Material Compósito de Fibra Lavada 1,2mm (ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavadas na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de flexão e os resultados de resistência à flexão, a média da de resistência à flexão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 15.

Quadro 15: Resistência à flexão, a média da resistência à flexão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.

Fibras Lavadas 1,2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Flexão ML1,2A (MPa)	Resistência à Flexão ML1,2B (MPa)	Resistência à Flexão ML1,2C (MPa)
1	23,81	21,00	34,75
2	23,09	21,33	33,83
3	23,33	21,17	34,63
4	24,17	20,83	34,38
5	22,92	21,25	35,08
Média	23,46 ± 0,52	21,12 ± 0,20	34,53 ± 0,47

ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306

ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

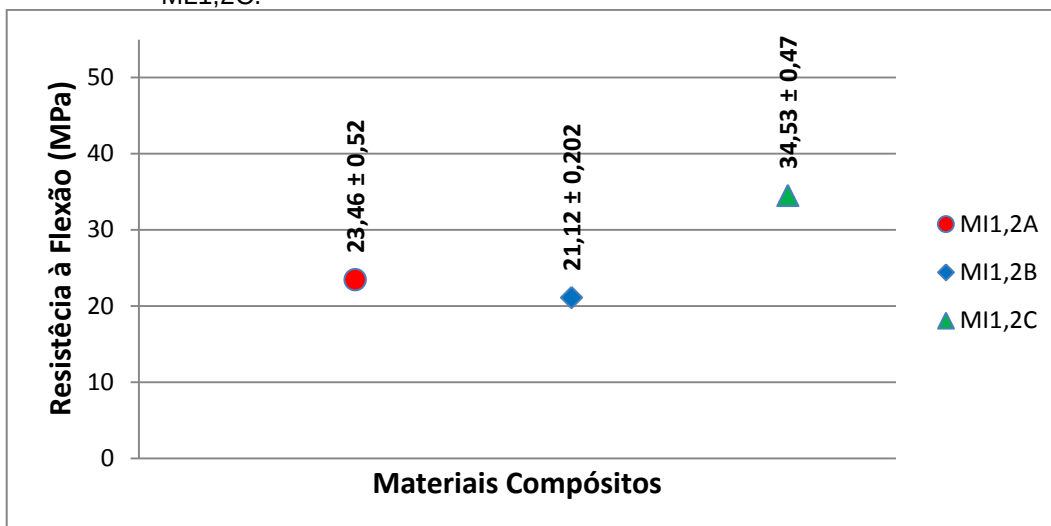
ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

Os valores de resistência à flexão apresentaram variação para os materiais compósitos ML1,2A, ocorrendo o mesmo para os materiais compósitos ML1,2B e ML1,2C.

As médias de resistência à flexão e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 12.

Gráfico 12: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.



Os materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 30.

Tabela 30: Análise de variância do ensaio de flexão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Quadro de Análise - LY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	2957,62	1478,81	1460,12**
Resíduo	12	12,15	1,01	
Total	14	2969,77		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 30 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio à flexão, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados.

Os dados de resistência à flexão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 31.

Tabela 31: Média de resistência a flexão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML1,2A	23,46	b
ML1,2B	21,12	c
ML1,2C	34,53	a

Coeficiente de Variação = 1,59 %

Diferença Mínima Significativa = 1,69

Os valores 56,31N, 50,67N e 82,88N dispostos na Tabela 31 se remetem respectivamente à resistência (medida em Newtons – N) dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B E ML1,2C à flexão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 1,59% e a diferença mínima significativa à 1,69. As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 31 demonstram que todas médias de resistências à flexão diferem estatisticamente entre si.

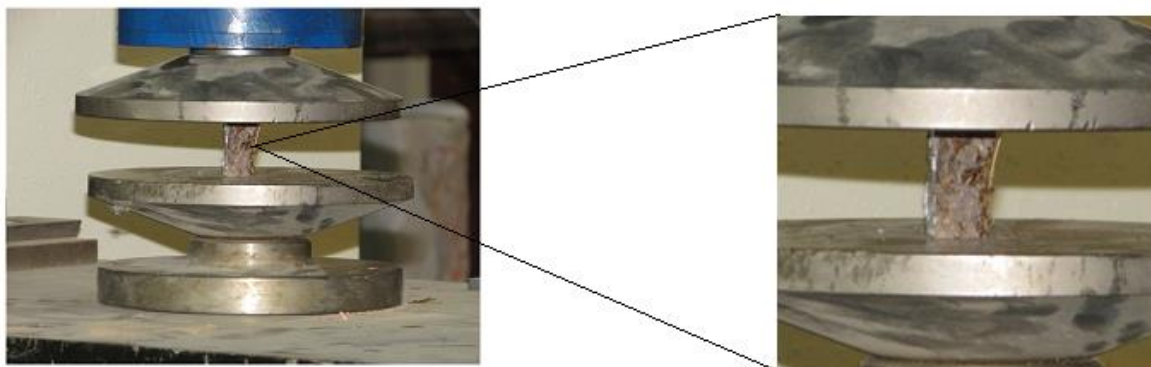
A média de resistência à flexão do material compósito ML1,2C é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à flexão do material compósito ML1,2A equivale a 67,194% do material ML1,2C e a resistência do material compósito ML1,2B equivale à 61,14%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz C demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à flexão.

5.2.4 Análise Estatística - Ensaio de Compressão

Os ensaios a compressão foram realizados segundo a norma descrita na metodologia. A Figura 26 retrata a submissão de um dos corpos de prova a ruptura para obter a resistência à compressão dos materiais compósitos produzidos.

Figura 26: Ensaio de compressão em material compósito.



Fonte: Autor, 2017.

A análise estatística da qual os materiais compósitos foram submetidos está inicialmente pautada na aplicação do teste F e logo adiante do teste de Tukey. Os materiais compósitos que apresentam o mesmo tratamento voltado a fibra e a mesma dimensão têm as suas resistências à compressão comparadas em função da variação da matriz que os compõem e os resultados podem ser observados nas tabelas e gráficos dispostos nos tópicos a, b, c e d.

a. Ensaio de Compressão em Material Compósito de *In Natura* Lavada 2mm (MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de compressão e os resultados de resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 16.

Quadro 16: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra in natura 1,2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 1,2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Compressão MI1,2A (MPa)	Resistência à Compressão MI1,2B (MPa)	Resistência à Compressão MI1,2C (MPa)
1	22,70	18,80	12,50
2	22,00	17,00	11,00
3	21,40	19,00	12,80
4	23,50	18,20	11,60
5	22,60	17,00	12,30
Média	22,44 ± 0,79	18,00 ± 0,79	12,04 ± 0,73

MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306

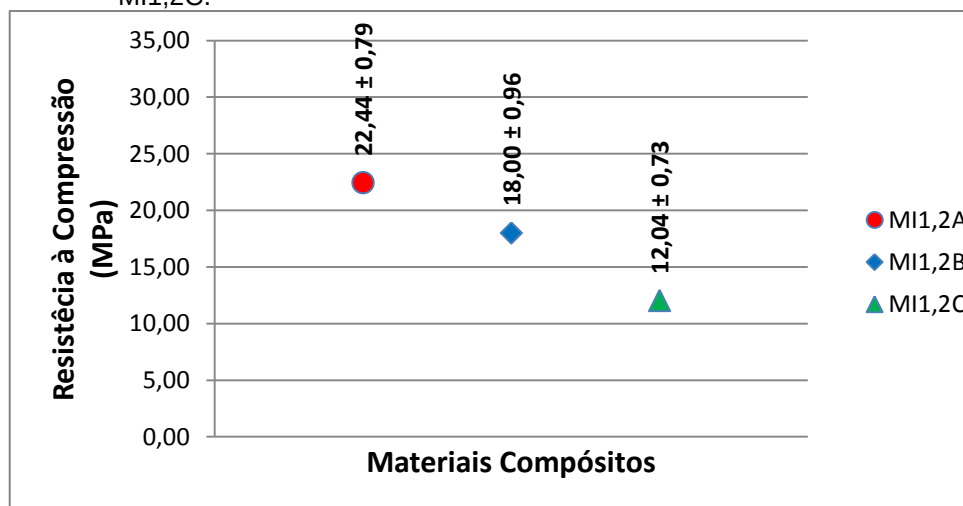
MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C são respectivamente 22,44MPa, 18,00MPa e 12,04MPa valores estes também que têm variação considerável entre si e estão no Gráfico 13.

Gráfico 13: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.



Os materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 32.

Tabela 32: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Quadro de Análise - IY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	272,33	136,16	196,77**
Resíduo	12	8,30	196,16	
Total	14	280,63		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 32 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade os dados de resistência à compressão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 33.

Tabela 33: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
MI1,2A	22,44	a
MI1,2B	18,1	b
MI1,2C	12,04	c

Coefficiente de Variação = 4,76 %

Diferença Mínima Significativa = 1,41

Os valores 22,44MPa, 18,10MPa e 12,04MPa dispostos na Tabela 33 se remetem respectivamente à resistência (medida em Megapascal) dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B E MI1,2C à compressão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 4,76% e a diferença mínima significativa à 1,41.

As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 33 demonstram que todas médias de resistências à compressão diferem estatisticamente entre si.

A resistência à compressão do material compósito MI1,2B equivale a 80,66% do material MI1,2A e a resistência do I compósito MI1,2B equivale à 53,65%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz A demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange à resistência à compressão pelo fato de, dentre os resultados obtidos, o material compósito que fora constituído por ela, apresentar a maior resistência dentre do demais.

b. Ensaio de Compressão em Material Compósito de Fibra *In Natura* 2mm (MI2A, MI2B e MI2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de compressão e os resultados de resistência à compressão, a média da resistência à compressão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 17.

Quadro 17: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Compressão MI2A (MPa)	Resistência à Compressão MI2B (MPa)	Resistência à Compressão MI2C (MPa)
1	8,60	7,90	7,40
2	8,80	7,50	6,80
3	9,00	7,30	6,50
4	8,20	7,40	7,20
5	8,10	7,60	6,30
Média	8,54 ± 0,38	7,54 ± 0,23	6,84 ± 0,46

MI2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz A H Gama 306

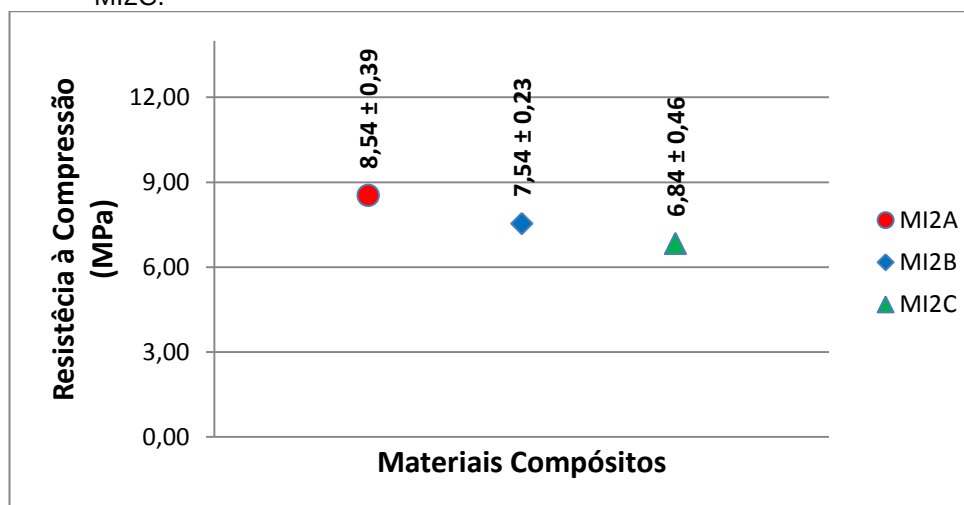
MI2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

MI2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à compressão e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito conforme demonstrado no Gráfico 14.

Gráfico 14: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.



Os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 34.

Tabela 34: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Quadro de Análise - IX				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	7,30	3,65	26,45**
Resíduo	12	1,66	0,14	
Total	14	8,96		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 34 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio à compressão, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados.

Os dados de resistência à compressão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 35.

Tabela 35: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
MI2A	8,54	a
MI2B	7,54	b
MI2C	6,84	c

Coeficiente de Variação = 4,86 %

Diferença Mínima Significativa = 0,62

Os valores 8,54MPa, 7,54MPa e 6,84MPa dispostos na Tabela 35 se remetem respectivamente à resistência (medida em Megapascal) dos materiais compósitos MI2A, MI2B E MI2C à compressão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 4,76% e a diferença mínima significativa à 1,41.

As letras a, b e c que acompanham cada valor da Tabela 35 demonstram que todas médias de resistências à compressão diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à compressão do material compósito MI2A é a maior dentre os três materiais comparados.

A resistência à compressão do material compósito MI2B equivale a 88,29% do material MI2A e a resistência do material compósito MI2C equivale à 80,09%.

Considerando que os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C comparados, foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz A demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à compressão.

c. Ensaio de Compressão em Material Compósito de Fibra Lavada 2mm (ML2A, ML2B e ML2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de compressão.

Os resultados de resistência à compressão, a média da resistência à compressão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados conforme o Quadro 18.

Quadro 18: Resistência à compressão, a média da de resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.

Fibras Lavadas 2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Compressão ML2A (MPa)	Resistência à Compressão ML2B (MPa)	Resistência à Compressão ML2C (MPa)
1	9,40	8,80	7,40
2	9,20	7,00	7,10
3	10,50	8,00	7,40
4	9,00	8,50	7,30
5	9,20	8,20	7,20
Média	9,46 ± 0,69	8,10 ± 0,69	7,28 ± 0,13

ML2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz A H Gama 306

ML2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

ML2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz Farben

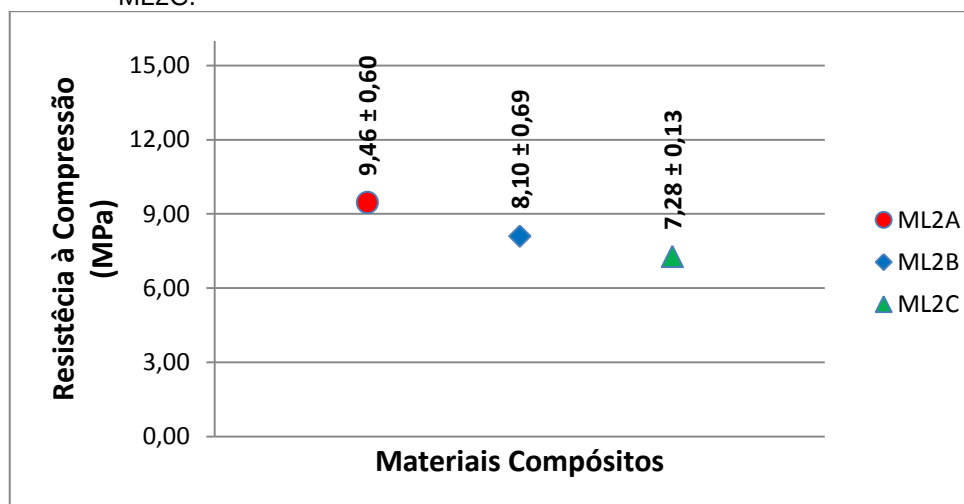
Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C são respectivamente 9,46MPa, 8,10 MPa e 7,28 MPa valores estes que têm variação considerável entre si.

As 5 amostras dos materiais compósitos ML2A, ML2B E ML2C, submetidas ao ensaio de compressão tiveram respectivamente como desvios padrão os valores 0,598, 0,686 e 0,130.

As médias de resistência à compressão e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito conforme Gráfico 15 e colunas.

Gráfico 15: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.



Os materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 36.

Tabela 36: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Quadro de Análise – L2				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	12,12	6,06	21,52**
Resíduo	12	3,38	0,28	
Total	14	15,50		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 36 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio à compressão, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados.

Os dados de resistência à compressão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados obtidos pelos corpos de prova dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C podem ser observados na Tabela 37.

Tabela 37: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML2A	9,46	a
ML2B	8,10	b
ML2C	7,28	b

Coeficiente de Variação = 6,41 %

Diferença Mínima Significativa = 0,89

Os valores 9,46MPa, 8,10MPa e 7,28MPa dispostos na Tabela 37 se remetem respectivamente à resistência (medida em Megapascal) dos materiais compósitos ML2A, ML2B E ML2C à compressão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 6,41% e a diferença mínima significativa à 0,89.

As letras a e b que acompanham cada valor da Tabela 37 demonstram que todas as médias de resistências à compressão acompanhadas por letras distintas

se diferem estatisticamente entre si e com a mesma letra, são estatisticamente iguais.

A média de resistência à compressão do material compósito MI2A é a maior dentre os três materiais comparados.

A resistência à compressão do material compósito MI2B equivale a 85,62% do material MI2A e a resistência do material compósito MI2C equivale à 76,96%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz A demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange à resistência à compressão.

d. Ensaio de Compressão em Material Compósito de Fibra Lavada 2mm (ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C)

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de compressão e os resultados de resistência à compressão, a média da resistência à compressão e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 19.

Quadro 19: Resistência à compressão, a média da resistência à compressão e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.

Fibras Lavadas 1,2mm			
AMOSTRAS	Resistência à Compressão ML1,2A (MPa)	Resistência à Compressão ML1,2B (MPa)	Resistência à Compressão ML1,2C (MPa)
1	17,42	14,50	11,10
2	17,80	14,60	11,40
3	16,80	14,80	10,30
4	17,00	13,80	12,10
5	18,30	14,90	11,40
Média	17,46 ± 0,61	14,52 ± 0,43	11,26 ± 0,65

ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306

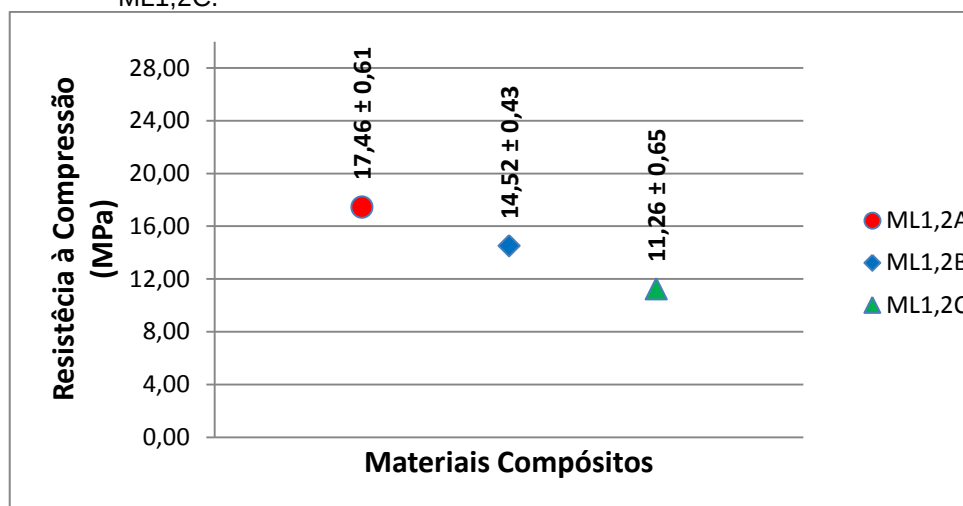
ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias de resistência à compressão e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 16.

Gráfico 16: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.



Os materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 38.

Tabela 38: Análise de variância do ensaio de compressão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Quadro de Análise - LY				
Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F
Tratamentos	2	94,97	47,49	143,61**
Resíduo	12	3,97	0,33	
Total	14	98,94		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

O F disposto na Tabela 38 consta como significativo ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio à compressão, estatisticamente têm pelo menos uma média diferente dos demais resultados.

Os dados de resistência à compressão foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 39.

Tabela 39: Média de resistência a compressão dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
ML1,2A	17,42	a
ML1,2B	14,52	b
ML1,2C	11,26	c

Coeficiente de Variação = 3,99 %

Diferença Mínima Significativa = 0,97

Os valores 17,42MPa, 14,52MPa e 11,26MPa dispostos na Tabela 39 se remetem respectivamente à resistência (medida em Megapascal) dos materiais compósitos ML2A, ML2B E ML2C à compressão, tendo o coeficiente de variação Cv equivalente à 3,99% e a diferença mínima significativa à 0,97. As letras a e b que acompanham cada valor da Tabela 39 demonstram que todas médias de resistências à compressão diferem estatisticamente entre si.

A média de resistência à compressão do material compósito ML1,2A é a maior dentre os três materiais comparados. A resistência à compressão do material compósito ML1,2B equivale a 83,35% do material ML1,2A e a resistência do material compósito ML1,2C equivale à 76,96%.

Considerando que os materiais compósitos comparados foram constituídos do mesmo percentual de fibra e que as fibras têm o mesmo tratamento, logo, as variações em suas composições estão nas matrizes que os constituem e a matriz A demonstrou ter uma melhor interação com as fibras de coco babaçu no que tange á resistência à compressão.

5.2.5 Análise Estatística - Ensaio de Absorção de Água

Os ensaios a flexão foram realizados segundo a norma descrita na metodologia. A Figura 27 retrata a submissão de um dos corpos de prova á ruptura para obter a resistência à flexão dos materiais compósitos produzidos.

Figura 27: Ensaio de absorção de água em material compósito.



Fonte: Autor, 2017.

A análise estatística da qual os materiais compósitos foram submetidos está inicialmente pautada na aplicação do teste F e logo adiante do teste de Tukey. Os materiais compósitos que apresentam o mesmo tratamento voltado à fibra e a mesma dimensão os percentuais de absorção de água comparados em função da variação da matriz que os compõem e os resultados podem ser observados nas tabelas e gráficos dispostos nos tópicos a, b, c e d.

a. Ensaio de Absorção de Água em Material Compósito de Fibra *In Natura* 2mm (MI2A, MI2B e MI2C) – 2h e 24h

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 2h, sendo os resultados: percentuais de absorção de água, média dos percentuais de absorção de água e desvio padrão do ensaio e estes resultados podem ser verificados no Quadro 20.

Quadro 20: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 2mm			
AMOSTRAS	Absorção MI2A 2h (%)	Absorção MI2B 2h (%)	Absorção MI2C 2h (%)
1	55,40	53,80	51,30
2	56,80	51,40	52,40
3	58,10	55,20	53,10
4	52,40	56,40	54,20
5	50,40	51,25	51,90
Média	54,62 ± 3,30	53,61 ± 2,28	52,58 ± 1,12

MI2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz A H Gama 306

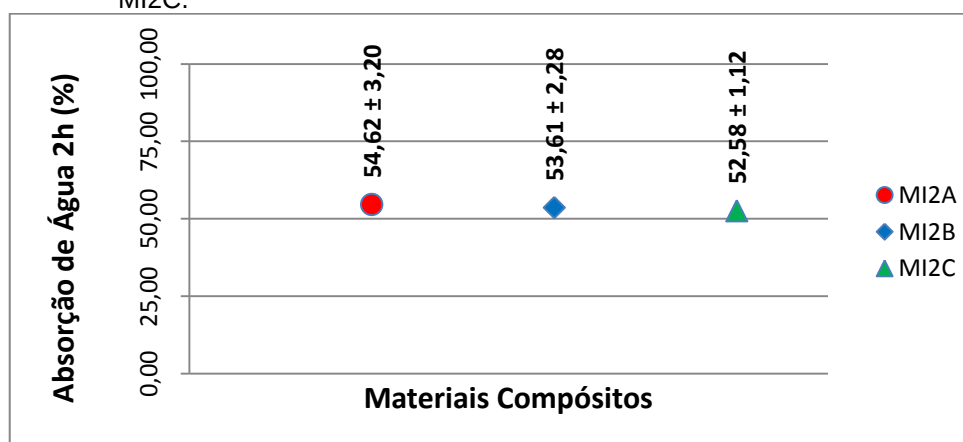
MI2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

MI2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias dos percentuais de absorção de água durante 2h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 17.

Gráfico 17: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.



As 5 amostras de materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C de fibra *in natura* na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 24h.

Os resultados dos percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão do ensaio podem ser verificados no Quadro 21, obtido das amostras:

Quadro 21: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 2mm

Fibras <i>In Natura</i> 2mm			
AMOSTRAS	Absorção MI2A 24h (%)	Absorção MI2B 24h (%)	Absorção MI2C 24h (%)
1	62,30	61,20	60,10
2	64,10	59,90	62,10
3	65,40	62,10	65,20
4	61,90	63,10	65,20
5	62,10	59,20	62,40
Média	63,16 ± 1,53	61,101 ± 1,59	63,00 ± 2,19

MI2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz A H Gama 306

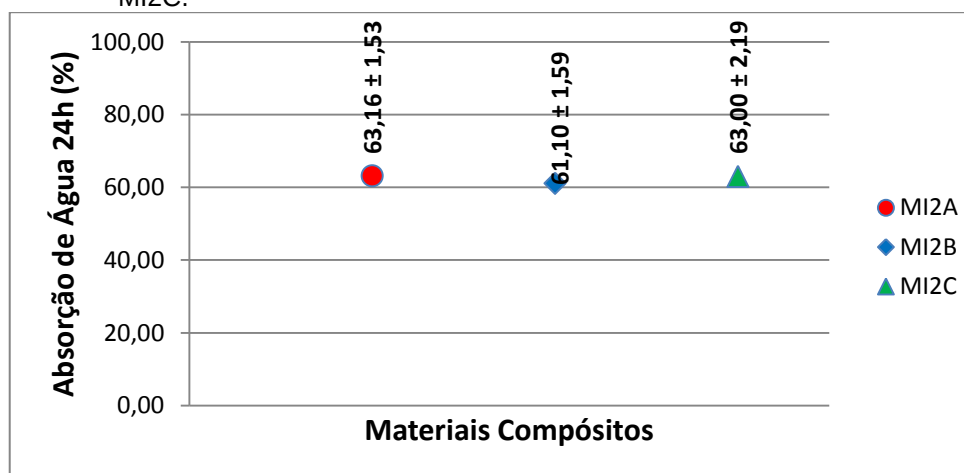
MI2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

MI2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias dos percentuais de absorção de água durante 24h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 18.

Gráfico 18: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.



Os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C têm os dados do ensaio submetidos à variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dispostos na Tabela 40.

Tabela 40: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C.

Grau de Liberdade		Soma de Quadrado		Quadrado Médio		F	
2h	24h	2h	24h	2h	24h	2h	24h
2	2	10,41	13,13	5,20	6,56	0,95ns	2,04ns
12	12	66,03	38,67	5,50	3,22		
14	14	76,44	51,8				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

Os valores de F para 2h e 24h dispostos na Tabela 40 constam como não significativos ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio de absorção de água, são estatisticamente iguais.

Os dados de absorção de água foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 41.

Tabela 41: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
	2h	24h
MI2A	54,62a	63,16a
MI2B	53,61a	61,1a
MI2C	52,58a	63a

Coefficiente de Variação = 4,38 % – 2,88 %

Diferença Mínima Significativa = 3,95 – 3,03

Os valores 54,62% 53,61% e 52,58% dispostos na Tabela 41 se remetem respectivamente a média de absorção de água (em porcentagem) durante 2h e os valores 63,16%, 61,10% e 63,00% durante 24h, ambos dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C, tendo respectivamente como o coeficiente de variação Cv equivalente à 4.38 % e 2,88 e a diferença mínima significativa à 3.95 e 3,03.

O percentual de acréscimo sobre a absorção de água do período de 2h para o período de 24h foi de 15,63% para o material MI2A, 13,97% para o material MI2B e 19,81% para o material MI2C.

b. Ensaio de Absorção de Água em Material Compósito de Fibra *In Natura* 1,2mm água (MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C) – 2h e 24h

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 2h e sendo coletado os resultados: percentuais de absorção de água, média dos percentuais de absorção de água e desvio padrão do ensaio.

Os resultados coletados foram dispostos em quadro e podem ser verificados no Quadro 22.

Quadro 22: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 1,2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 1,2mm			
AMOSTRAS	Absorção MI1,2A 2h (%)	Absorção MI1,2B 2h (%)	Absorção MI1,2C 2h (%)
1	28,30	26,40	29,50
2	26,50	28,40	28,30
3	27,50	25,20	25,40
4	28,60	29,50	28,70
5	27,90	28,60	27,50
Média	27,76 ± 0,82	27,62 ± 1,76	27,88 ± 1,56

MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306

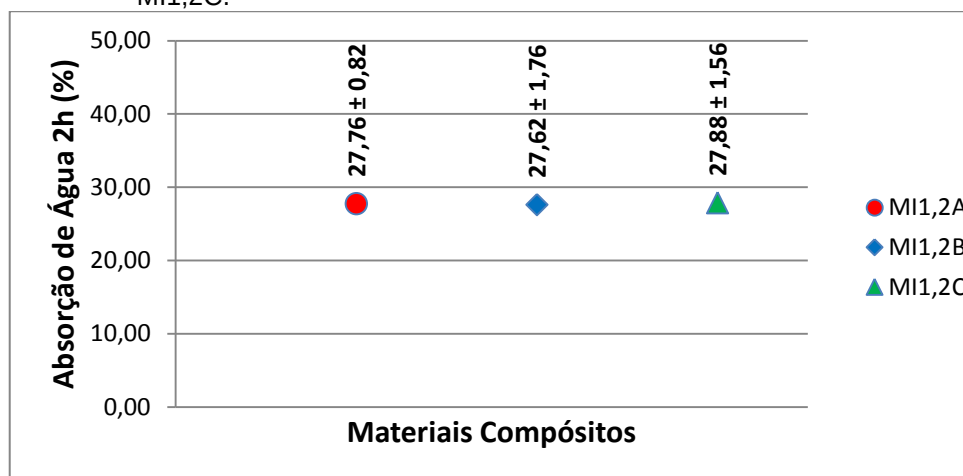
MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias dos percentuais de absorção de água durante 2h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 19.

Gráfico 19: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.



As 5 amostras de materiais compósitos de fibra *in natura* na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 24h e os resultados podem ser observados no Quadro 23.

Quadro 23: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra *in natura* 1,2mm.

Fibras <i>In Natura</i> 1,2mm			
AMOSTRAS	Absorção MI1,2A 24h (%)	Absorção MI1,2B 24h (%)	Absorção MI1,2C 24h (%)
1	31,30	32,40	33,50
2	30,20	35,10	32,70
3	31,50	30,20	31,50
4	33,50	34,60	33,20
5	34,70	33,80	32,80
Média	32,24 ± 1,82	33,22 ± 1,97	32,74 ± 0,76

MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306

MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben

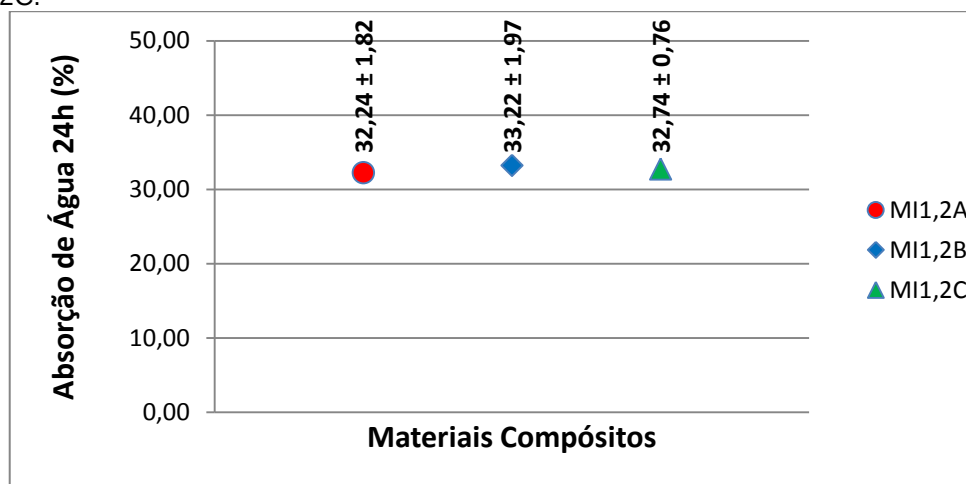
Fonte: Autor, 2017.

Os materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C obtiveram como médias de absorção de água durante 24h os respectivos valores: 32,24%, 33,22 % e 32,74%, valores estes que não denotam muita variação entre si, e que pode ser verificado analisando os desvios padrão.

Os desvios padrão dos materiais compósitos MI2A, MI2B e MI2C resultaram em: 1,529, 1,586 e 2,194 deixando evidente que os dados tende a ter homogeneidade.

As médias dos percentuais de absorção de água durante 24h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 20.

Gráfico 20: Média de absorção de água 24h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.



Os materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise variância dispostos na Tabela 42.

Tabela 42: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C

Grau de Liberdade		Soma de Quadrado		Quadrado Médio		F	
2h	24h	2h	24h	2h	24h	2h	24h
2	2	0,17	2,4	0,85	1,2	0,41ns	0,46ns
12	12	24,89	31,13	2,07	2,59		
14	14	25,06	33,53				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

Os valores de F para 2h e 24h dispostos na Tabela 42 constam como não significativos ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio de absorção de água, são estatisticamente iguais.

Os dados de absorção de água foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 43.

Tabela 43: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
	2h	24h
MI1,2A	27,76a	32,24a
MI1,2B	27,62a	33,22a
MI1,2C	27,88a	32,74a

Coefficiente de Variação = 5.19 % - 4.92 %
Diferença Mínima Significativa = 2.43 - 2.71

Os valores 27,76% 27,62% e 27,88% dispostos na Tabela 43 se remetem respectivamente a média de absorção de água (em porcentagem) durante 2h e os valores 32,24%, 33,22% e 32,74% durante 24h, ambos dos materiais compósitos MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C, tendo respectivamente como o coeficiente de variação Cv equivalente à 5,19 % e 4,92% e a diferença mínima significativa à 2,43 e 2,71

O percentual de acréscimo sobre a absorção de água do período de 2h para o período de 24h foi de 16,13% para o material MI1,2A, 20,27% para o material MI1,2B e 17,43% para o material MI1,2C.

c. Ensaio de Absorção de Água em Material Compósito de Fibra Lavada 2mm (ML2A, ML2B e ML2C) – 2h e 24h

As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 2h e os resultados destes ensaios foram e os dados obtidos podem ser verificados no Quadro 24.

Quadro 24: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.

Fibras Lavadas 2mm			
AMOSTRAS	Absorção ML2A 2h (%)	Absorção ML2B 2h (%)	Absorção ML2C 2h (%)
1	51,30	50,20	52,40
2	52,40	51,60	52,60
3	53,10	53,20	51,70
4	54,20	51,20	53,20
5	51,90	51,80	52,80
Média	52,58 ± 1,12	51,60 ± 1,09	52,54 ± 0,55

ML2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz A H Gama 306

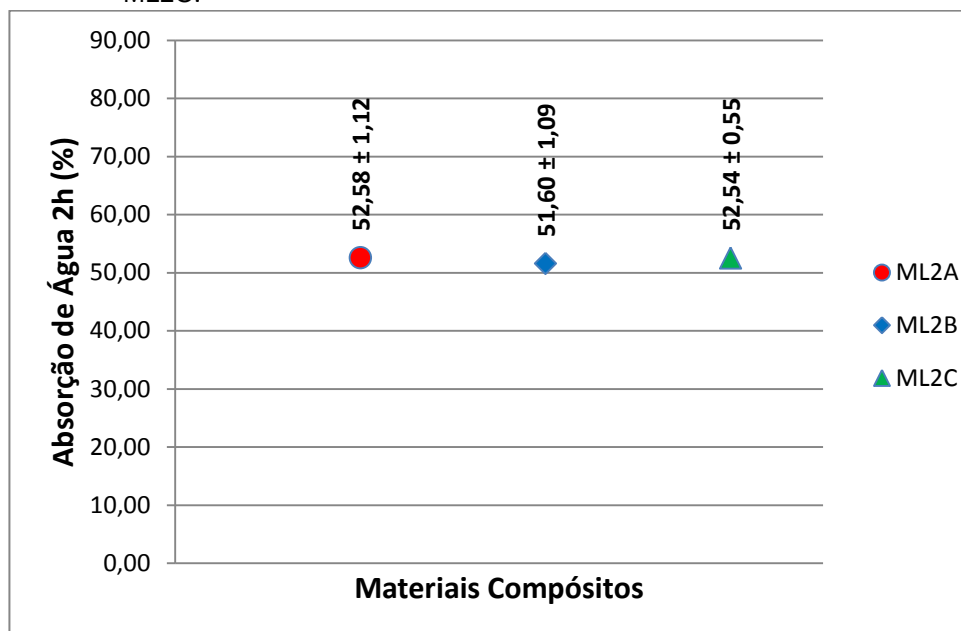
ML2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

ML2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017

As médias dos percentuais de absorção de água durante 2h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 21.

Gráfico 21: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.



As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 24h e

os resultados dos percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão do ensaio conforme Quadro 25.

Quadro 25: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 2mm.

Fibras Lavadas 2mm			
AMOSTRAS	Absorção ML2A 24h (%)	Absorção ML2B 24h (%)	Absorção ML2C 24h (%)
1	62,30	61,20	60,10
2	64,10	59,90	62,10
3	65,40	62,10	65,20
4	61,90	63,10	65,20
5	62,10	59,20	62,40
Média	63,16 ± 1,53	61,10 ± 1,59	63,00 ± 2,20

ML2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz A H Gama 306

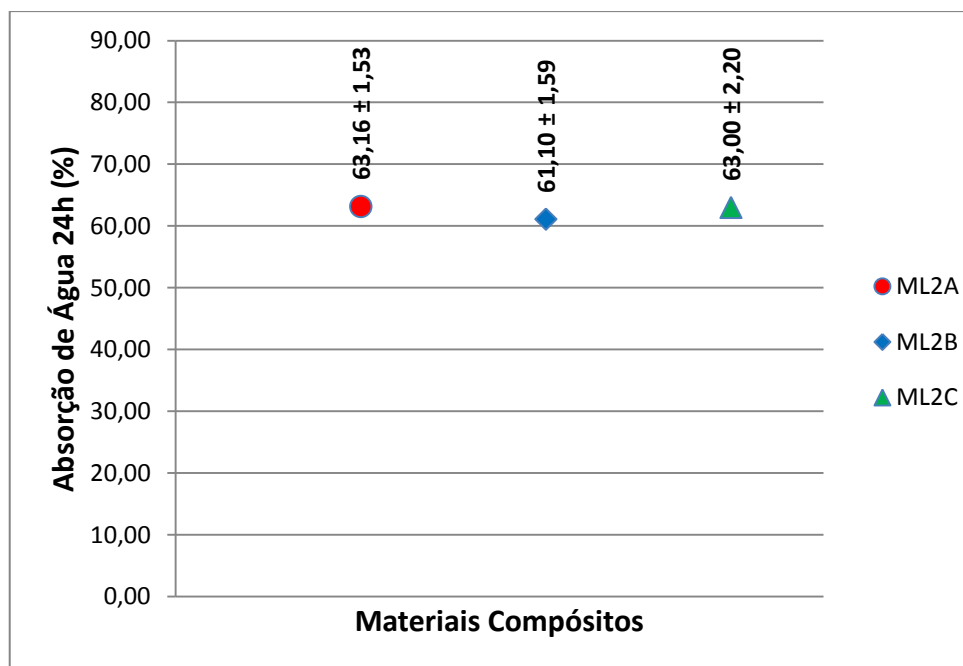
ML2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Maxxi Ruber*

ML2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 2mm e Matriz *Farben*

Fonte: Autor, 2017.

As médias dos percentuais de absorção de água durante 2h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 22.

Gráfico 22: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.



Os materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C têm os dados do ensaio submetidos à variância dispostos na Tabela 44.

Tabela 44: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Grau de Liberdade		Soma de Quadrado		Quadrado Médio		F	
2h	24h	2h	24h	2h	24h	2h	24h
2	2	3,07	1,17	1,54	0,59	1,68ns	0,68ns
12	12	10,98	10,17	0,91	0,85		
14	14	14,06	11,35				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

Os valores de F para 2h e 24h dispostos na Tabela 44 constam como não significativos ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio de absorção de água, são estatisticamente iguais.

Os dados de absorção de água foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 45.

Tabela 45: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
	2h	24h
ML2A	52,58a	59,94a
ML2B	51,6a	59,26a
ML2C	52,54a	59,68a

Coefficiente de Variação = 1,83 % – 1,54 %

Diferença Mínima Significativa = 1,61 – 1,56

Os valores 52,58% 51,60% e 52,54% dispostos na Tabela 45 se remetem respectivamente a média de absorção de água (em porcentagem) durante 2h e os valores 59,94%, 59,26% e 59,68% durante 24h, ambos dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C, tendo respectivamente como o coeficiente de variação Cv equivalente à 1,83 % e 1,54% e a diferença mínima significativa à 1,61 e 1,56

O percentual de acréscimo sobre a absorção de água do período de 2h para o período de 24h foi de 13,99% para o material ML2A, 14,84% para o material ML2B e 13,58% para o material ML2C.

d. Ensaio de Absorção de Água em Material Compósito de Fibra Lavada 1,2mm (ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C) – 2h e 24h

As 5 amostras de materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C de fibra lavada na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 2h e os resultados obtidos foram: percentuais de absorção de água, média dos percentuais de absorção de água e desvio padrão.

Os resultados do ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 2h podem ser verificados no Quadro 26.

Quadro 26: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.

Fibras Lavadas 1,2mm			
AMOSTRAS	Absorção ML1,2A 2h (%)	Absorção ML1,2B 2h (%)	Absorção ML1,2C 2h (%)
1	25,40	26,30	24,20
2	26,40	25,80	25,10
3	26,80	24,80	22,50
4	24,20	27,20	23,70
5	24,80	23,80	23,80
Média	25,52 ± 1,08	25,58 ± 1,32	23,86 ± 0,94

ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306

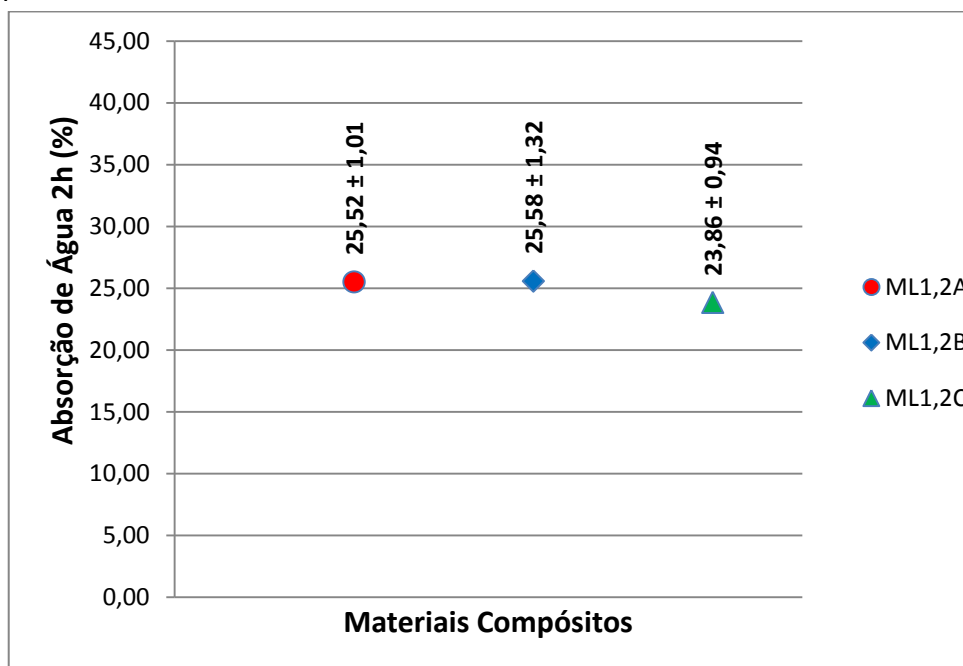
ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017.

As médias dos percentuais de absorção de água durante 2h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 23.

Gráfico 23: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.



As 5 amostras de materiais compósitos de fibra lavada na dimensão 1,2mm foram submetidas ao ensaio de absorção de água no intervalo de tempo de 24h e os resultados dos percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão como discorrido adiante sobre cada traço do material compósito, os dados obtidos podem ser verificados no Quadro 27.

Quadro 27: Percentuais de absorção de água, a média dos percentuais de absorção de água e o desvio padrão dos materiais compósitos de fibra lavada 1,2mm.

Fibras Lavadas 1,2mm			
AMOSTRAS	Absorção ML1,2A 24h (%)	Absorção ML1,2B 24h (%)	Absorção ML1,2C 24h (%)
1	30,80	30,50	29,50
2	31,50	29,10	29,80
3	31,10	29,20	29,50
4	29,30	29,90	29,20
5	29,40	29,30	29,10
Média	30,42 ± 1,01	29,60 ± 0,59	29,42 ± 0,28

ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306

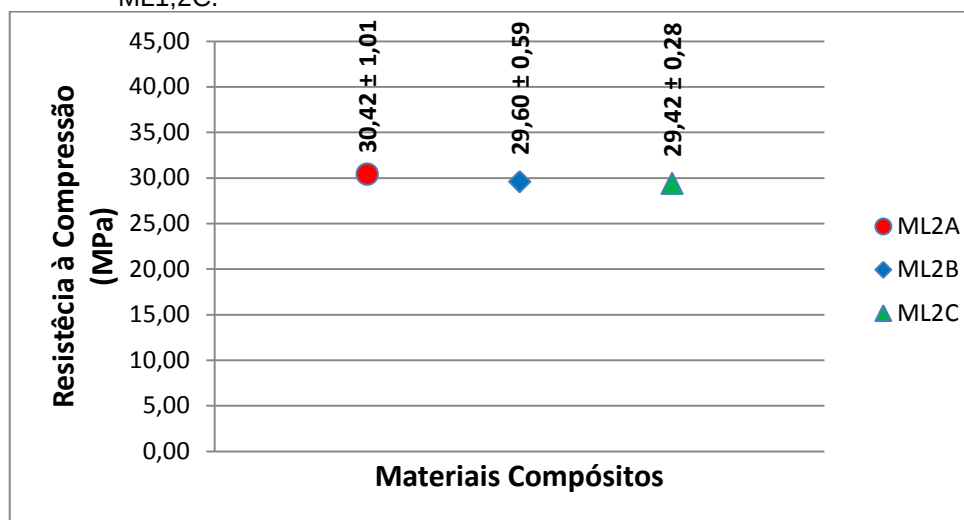
ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber

ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben

Fonte: Autor, 2017

As médias dos percentuais de absorção de água durante 2h e seus respectivos desvios padrão estão dispostos em função do tipo de material compósito no Gráfico 24.

Gráfico 24: Média de absorção de água 2h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.



Os materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C têm os dados do ensaio submetidos à análise de variância dispostos na Tabela 46.

Tabela 46: Análise de variância do ensaio de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C

Grau de Liberdade		Soma de Quadrado		Quadrado Médio		F	
2h	24h	2h	24h	2h	24h	2h	24h
2	2	9,52	2,84	4,76	1,42	3,76NS	2,95NS
12	12	15,19	5,78	1,26	0,48		
14	14	24,71	8,61				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns: não significativo ($p \geq .05$)

Os valores de F para 2h e 24h dispostos na Tabela 46 constam como não significativos ao nível de 1% de probabilidade, demonstrando que os dados obtidos no ensaio de absorção de água, são estatisticamente iguais.

Os dados de absorção de água foram submetidos, após o teste F, ao teste de Tukey e os resultados podem ser observados na Tabela 47

Tabela 47: Média de absorção de água 2h – 24h dos materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C.

Material Compósito	Médias de Tratamento	
	2h	24h
ML1,2A	25,52	30,42
ML1,2B	25,58	29,6
ML1,2C	23,86	29,42

Coeficiente de Variação = 4,50 % – 2,33 %
Diferença Mínima Significativa = 1,89 – 1,17

Os valores 25,52%, 25,58% e 23,86% dispostos na Tabela 47 se remetem respectivamente a média de absorção de água (em porcentagem) durante 2h e os valores 30,42%, 29,60% e 29,42% durante 24h, ambos dos materiais compósitos ML2A, ML2B e ML2C, tendo respectivamente como o coeficiente de variação Cv equivalente à 4,50 % e 2,33% e a diferença mínima significativa à 1,89 e 1,17.

O percentual de acréscimo sobre a absorção de água do período de 2h para o período de 24h foi de:19,20% para o material ML1,2A, 23,30% para o material ML1,2B e 13,58% para o material ML1,2C.

5.2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura do Material Compósito Com Fibras 1,2mm

Os materiais compósitos ML1,2A, ML1,2B, ML1,2C, MI1,2A, MI1,2B e MI1,2C após ruptura por esforços por flexão têm a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e as imagens geradas podem ser verificadas respectivamente nas imagens que constam na Figura 28, Figura 29 Figura 30, Figura 31, Figura 32 e Figura 33.

O material compósito ML1,2A, após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 28

Figura 28: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 1,2mm (ML1,2A).



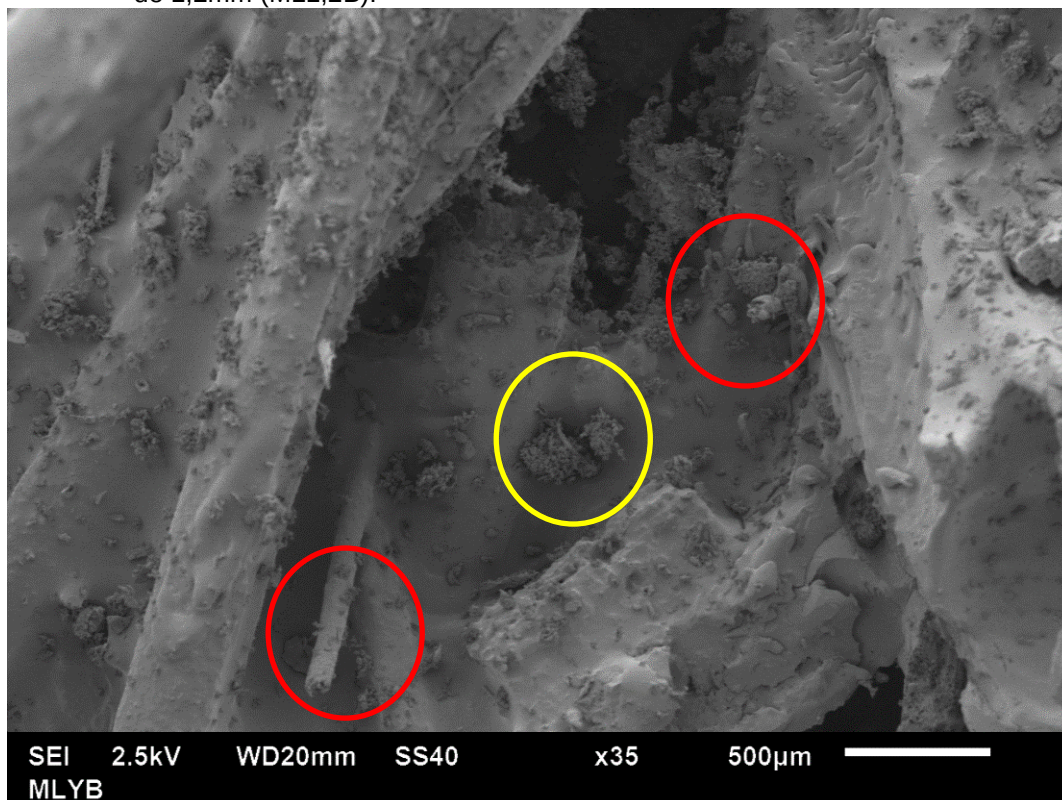
ML1,2A: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz A H Gama 306
Fonte: Autor, 2017

O material compósito ML1,2A disposto na Figura 28 denota um índice de vazio pequeno devido a presença de matriz entre as fibras. As fibras circundadas de vermelho aderidas à matriz têm sinais de ruptura e arrancamento devido os esforços por flexão, demonstrando trabalhabilidade juntamente à matriz, fato este que da trivialidade para que a resistência do material compósito seja aumentada; e a não trabalhabilidade as que foram arrancadas de tal forma que estas não corroboram significativamente com a resistência do material.

As fibras de coco babaçu que compõem o material compósito ML1,2A são lavadas e a Figura 28 demonstra que estas fibras quando em interação com a matriz têm boa adesão.

O material compósito ML1,2B, após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 29.

Figura 29: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 1,2mm (ML1,2B).



ML1,2B: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber
Fonte: Autor, 2017

O material compósito ML1,2B disposto na Figura 29 denota um índice de vazio pequeno devido a presença de matriz entre as fibras. As fibras circundadas de vermelho aderidas à matriz têm sinais de ruptura e arrancamento devido os esforços por flexão, demonstrando trabalhabilidade juntamente à matriz, fato este que da trivialidade para que a resistência do material compósito seja aumentada; e a não trabalhabilidade as que foram arrancadas de tal forma que estas não corroboram significativamente com a resistência do material e o círculo amarelo demonstra algumas impurezas geradas após a ruptura do material.

As fibras de coco babaçu que compõem o material compósito ML1,2B são *lavadas* e a Figura 29 demonstra que estas fibras quando em interação com a matriz têm boa adesão.

O material compósito ML1,2C, após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 30.

Figura 30: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 1,2mm (ML1,2C).



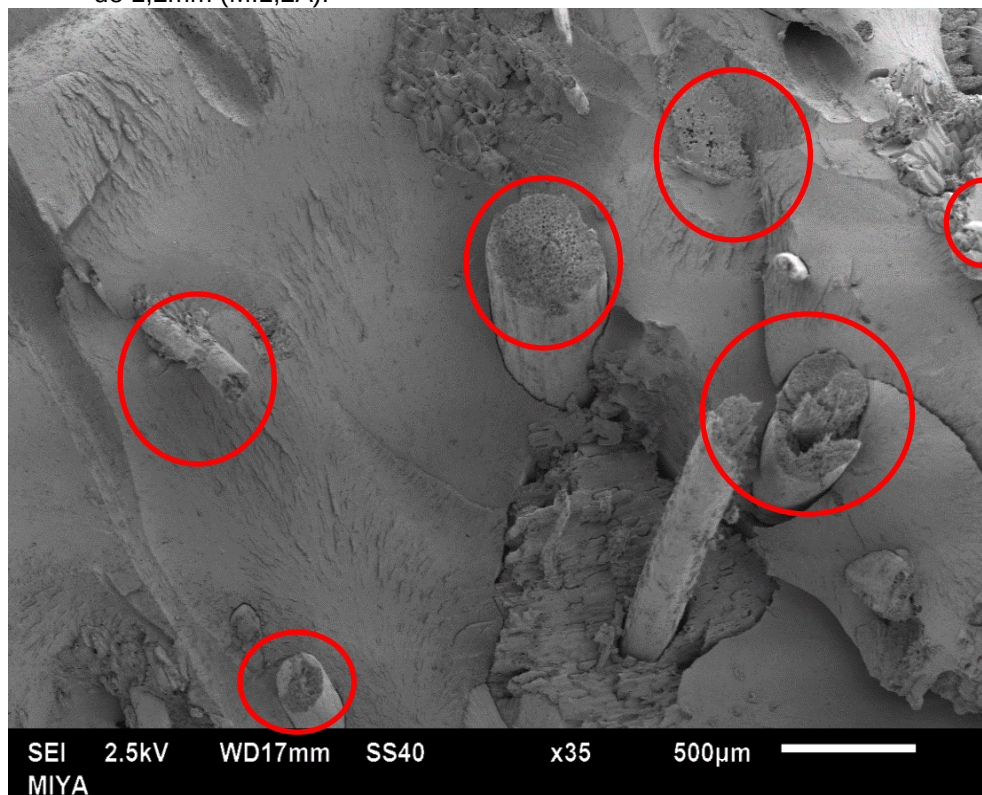
ML1,2C: Material Compósito Com Fibras Lavadas 1,2mm e Matriz Farben
Fonte: Autor, 2017

O material compósito ML1,2C disposto na Figura 30 denota um índice de vazio pequeno devido a presença de matriz entre as fibras. As fibras circundadas de vermelho aderidas à matriz têm sinais de ruptura e arrancamento devido os esforços por flexão, demonstrando trabalhabilidade juntamente à matriz, fato este que da trivialidade para que a resistência do material compósito seja aumentada; e a não trabalhabilidade as que foram arrancadas de tal forma que estas não corroboram significativamente com a resistência do material

As fibras de coco babaçu que compõem o material compósito ML1,2B são lavadas e a Figura 30 demonstra que estas fibras quando em interação com a matriz têm boa adesão.

O material compósito MI1,2A, após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 31.

Figura 31: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras *in natura* de 1,2mm (MI1,2A).



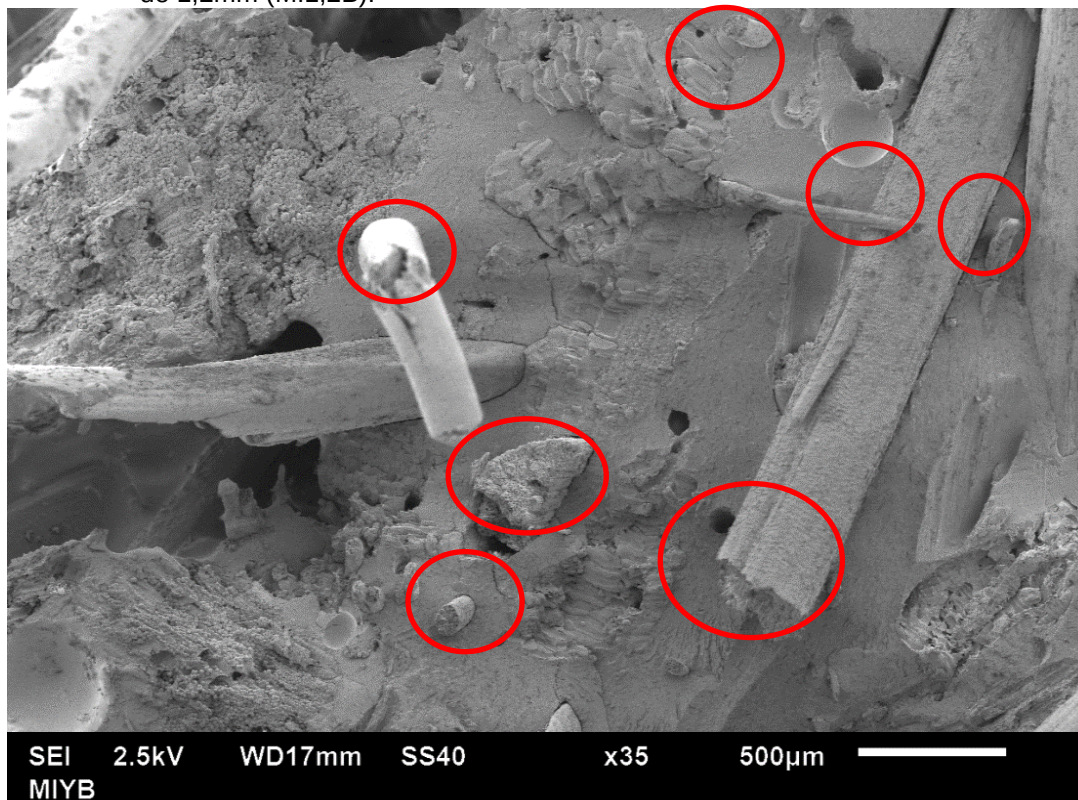
MI1,2A: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz A H Gama 306
Fonte: Autor, 2017

O material compósito MI1,2A disposto na Figura 31 denota um índice de vazio pequeno devido a presença de matriz entre as fibras. As fibras circundadas de vermelho aderidas à matriz têm sinais de ruptura e arrancamento devido os esforços por flexão, demonstrando trabalhabilidade juntamente à matriz, fato este que da trivialidade para que a resistência do material compósito seja aumentada; e a não trabalhabilidade as que foram arrancadas de tal forma que estas não corroboram significativamente com a resistência do material

As fibras de coco babaçu que compõem o material compósito MI1,2A são *in natura* e a Figura 31 demonstra que estas fibras quando em interação com a matriz têm boa adesão.

O material compósito MI1,2B, após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 32.

Figura 32: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras *in natura* de 1,2mm (MI1,2B).



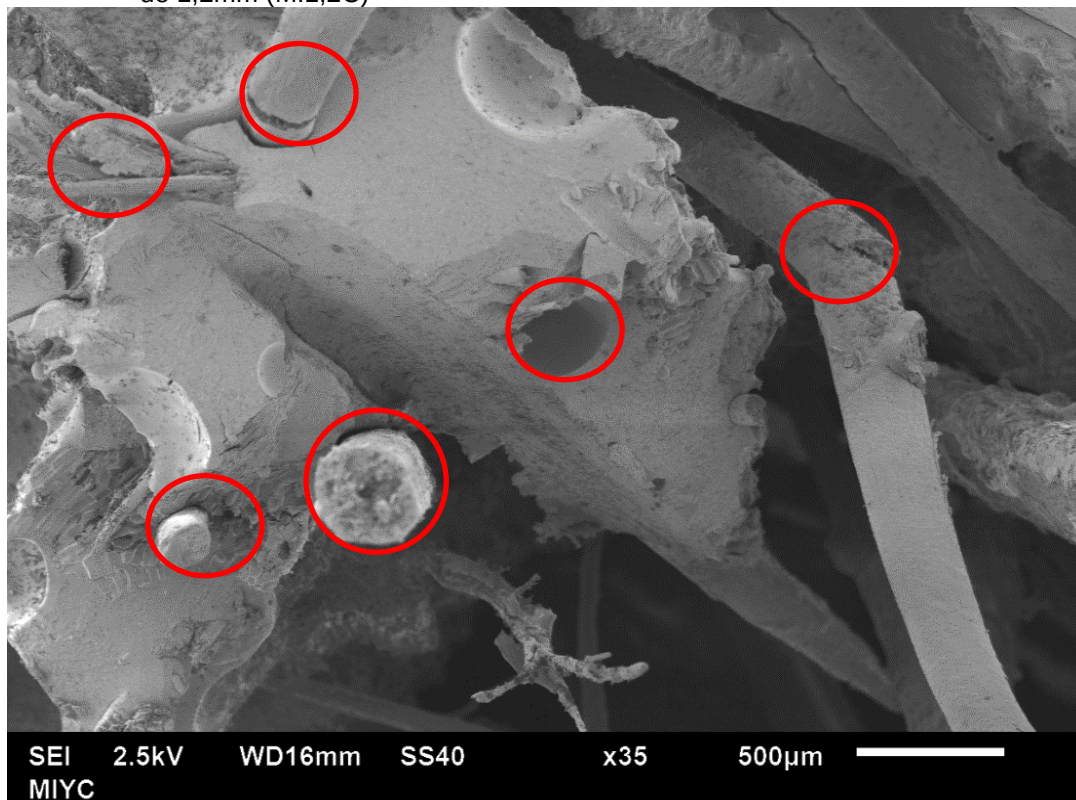
MI1,2B: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Maxxi Ruber
Fonte: Autor, 2017

O material compósito MI1,2B disposto na Figura 32 denota um índice de vazio pequeno devido a presença de matriz entre as fibras. As fibras circundadas de vermelho aderidas à matriz têm sinais de ruptura e arrancamento devido os esforços por flexão, demonstrando trabalhabilidade juntamente à matriz, fato este que da trivialidade para que a resistência do material compósito seja aumentada; e a não trabalhabilidade as que foram arrancadas de tal forma que estas não corroboram significativamente com a resistência do material.

As fibras de coco babaçu que compõem o material compósito MI1,2B são *in natura* e a Figura 32 demonstra que estas fibras quando em interação com a matriz têm boa adesão.

O material compósito MI1,2C, após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 33.

Figura 33: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras *in natura* de 1,2mm (MI1,2C)



MI1,2C: Material Compósito Com Fibras *In Natura* 1,2mm e Matriz Farben
 Fonte: Autor, 2017

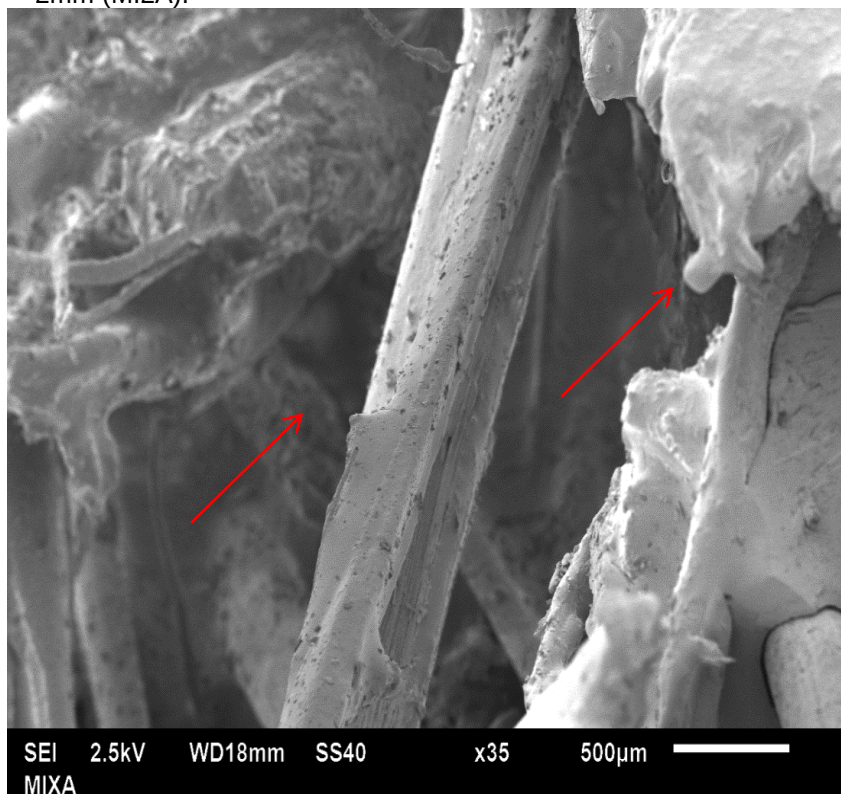
O material compósito MI1,2C disposto na Figura 33 denota um índice de vazio pequeno devido a presença de matriz entre as fibras. As fibras circundadas de vermelho aderidas à matriz têm sinais de ruptura e arrancamento devido os esforços por flexão, demonstrando trabalhabilidade juntamente à matriz, fato este que da trivialidade para que a resistência do material compósito seja aumentada; e a não trabalhabilidade as que foram arrancadas de tal forma que estas não corroboram significativamente com a resistência do material.

As fibras de coco babaçu que compõem o material compósito MI1,2B são *in natura* e a Figura 33 demonstra que estas fibras quando em interação com a matriz têm boa adesão.

5.2.7 Microscopia Eletrônica de Varredura do Material Compósito Com Fibras de Tamanho 2mm

O material compósito MI2A após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observado na Figura 34

Figura 34: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras *in nature* 2mm (MI2A).

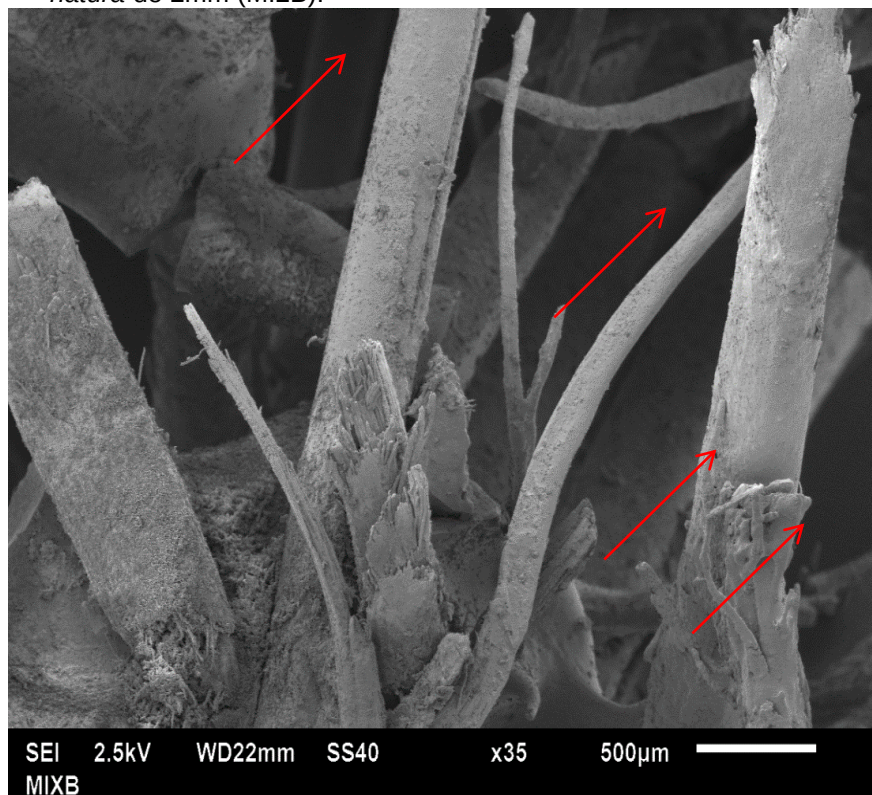


Fonte: Autor, 2017

Os materiais compósitos MI2A disposto na Figura 33 denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram as fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra.

O material compósito MI2B após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 35

Figura 35: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras *in natura* de 2mm (MI2B).

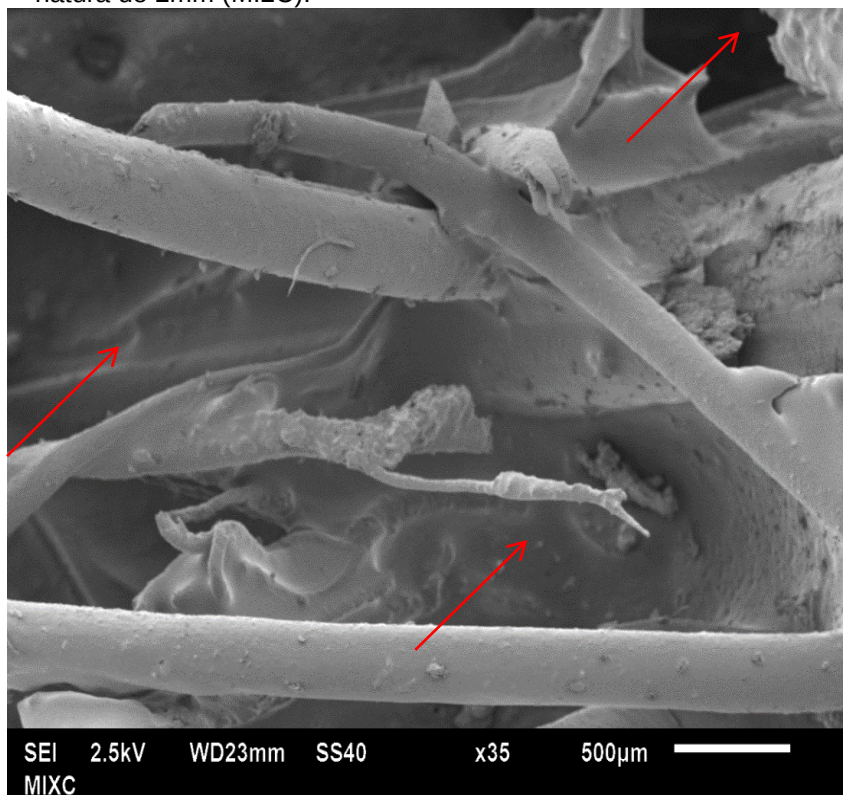


Fonte: Autor, 2017

Os materiais compósitos MI2B disposto na Figura 35 denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram as fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra.

O material compósito MI2C após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 36

Figura 36: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras in natura de 2mm (MI2C).

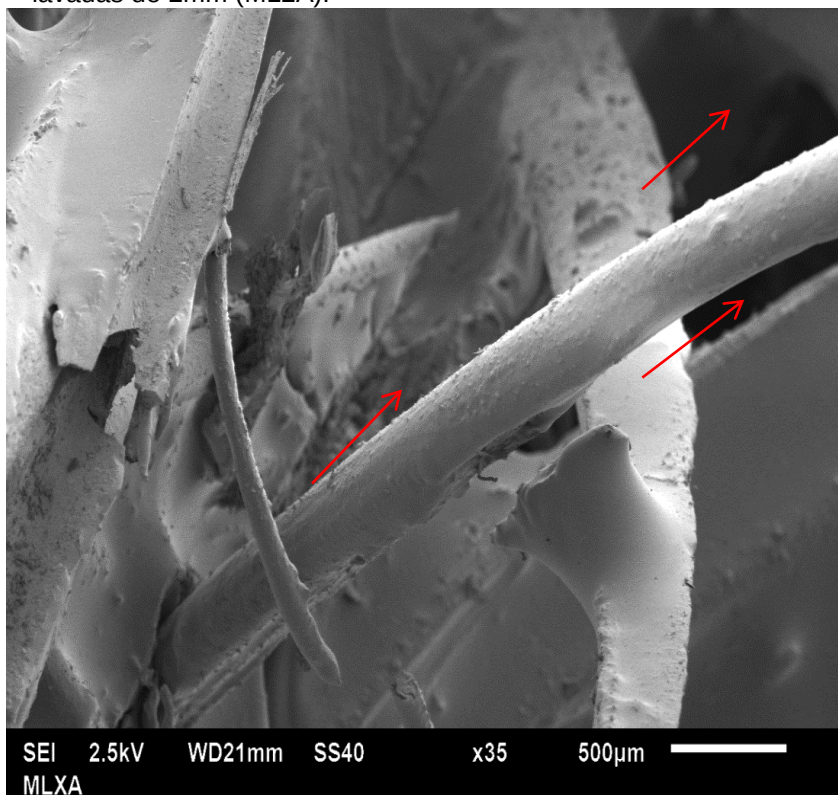


Fonte: Autor, 2017

Os materiais compósitos MI2C disposto na Figura 36 denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram as fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra.

O material compósito ML2A após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 37

Figura 37: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 2mm (ML2A).

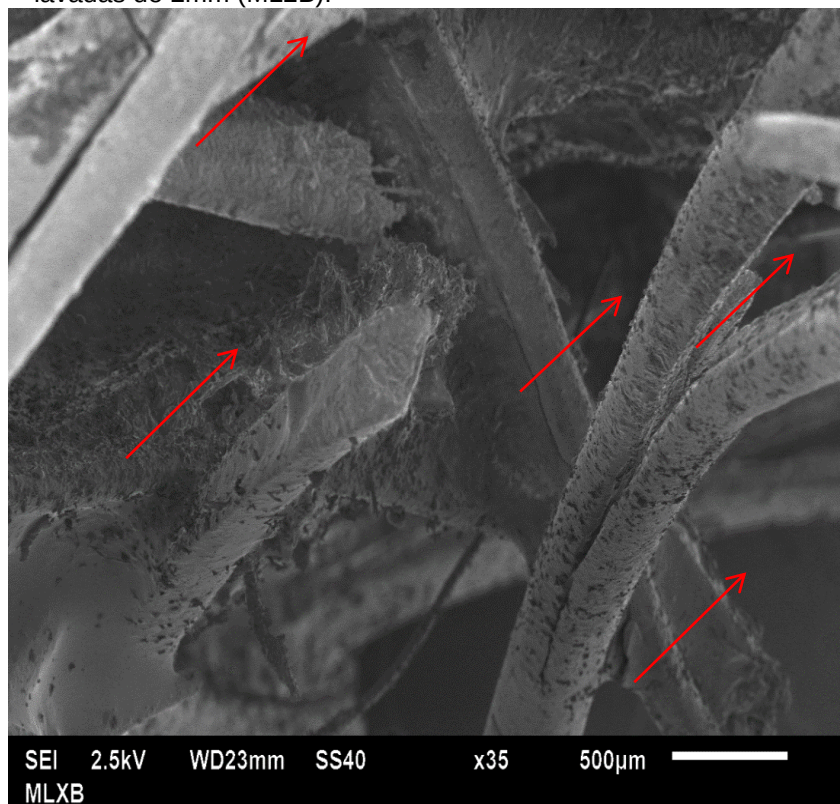


Fonte: Autor, 2017

Os materiais compósitos ML2A disposto na Figura 37 denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram as fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra.

O material compósito ML2B após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 38

Figura 38: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 2mm (ML2B).

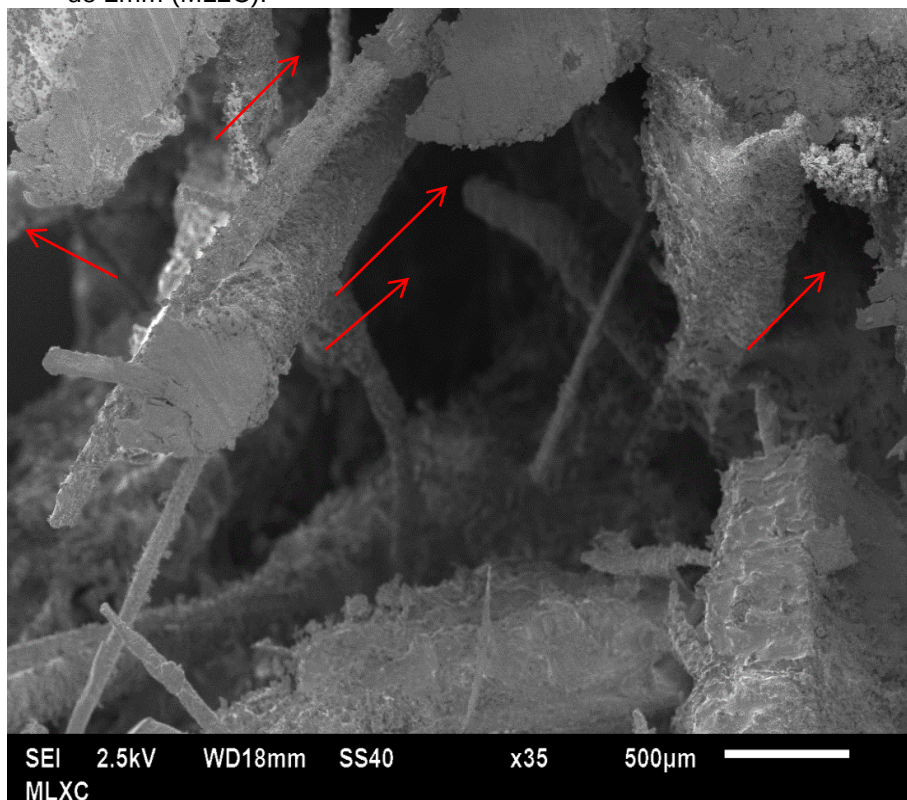


Fonte: Autor, 2017

Os materiais compósitos ML2B disposto na Figura 38 denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram as fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra.

O material compósito ML2C após ruptura por flexão tem a superfície rompida submetida à microscopia eletrônica de varredura e a imagem gerada pode ser observada na Figura 39

Figura 39: Microscopia eletrônica de varredura do material compósito com fibras lavadas de 2mm (ML2C).



Fonte: Autor, 2017.

Os materiais compósitos ML2C disposto na Figura 39 denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram as fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra.

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada conforme procedimentos descritos na metodologia. Através da análise dos compósitos por microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi possível avaliar a interação das fibras com a matriz no compósito e a homogeneidade do material compósito.

Os materiais compósitos em questão denotam um índice de vazio elevado devido à ausência de matriz entre as fibras. As regiões apontadas com uma seta vermelha demonstram fibras que não aderiram à matriz, fato este que dificulta a trabalhabilidade entre matriz e fibra e o fato das fibras serem lavadas ou *in natura* não apresentaram diferenças no que tange a adesão entre fibra e matriz.

5.2.8 Caracterização Geral dos Materiais Compósitos Produzidos

Os diferentes materiais compósitos produzidos têm combinação das médias de resultados quanto aos ensaios de densidade, tração, flexão, compressão, absorção de água – 2h e absorção de água 24h, todos dispostos no Quadro 28.

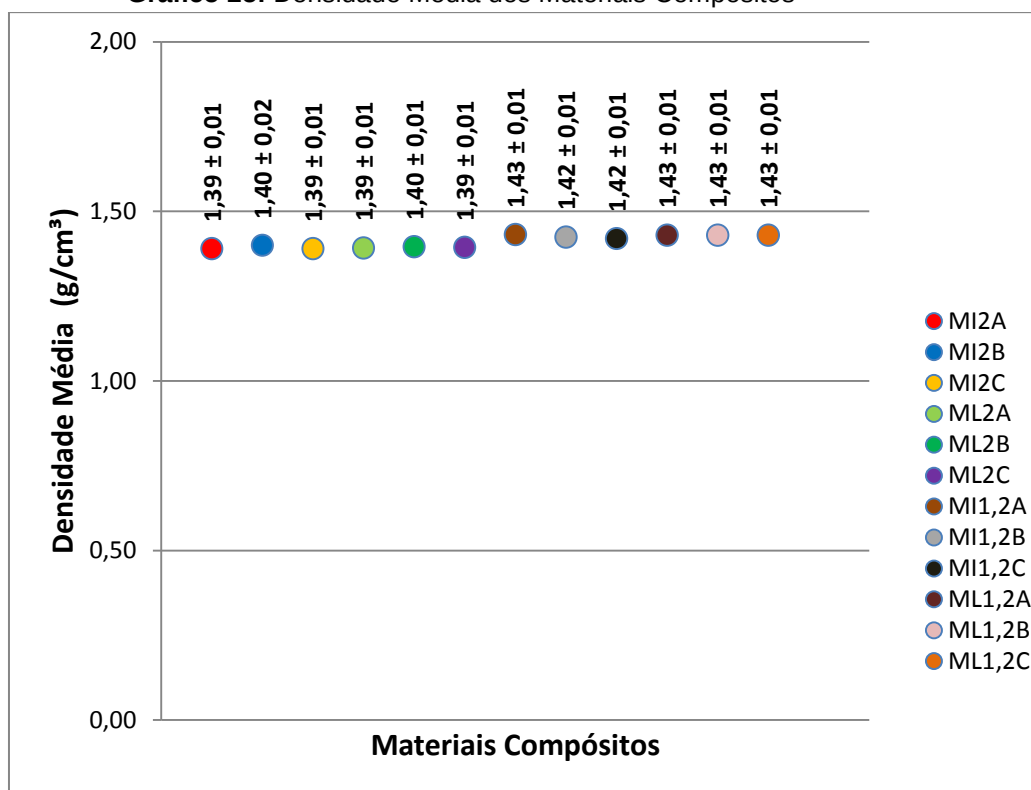
Quadro 28: Resumo das Médias Obtidas nos Ensaios de Caracterização dos Materiais Compósitos.

Material Compósito	Densidade Média (g/cm ³)	Tração Média (Kgf/cm ²)	Flexão Média (N)	Compressão Média (MPa)	Absorção Média 2h (%)	Absorção Média 24h (%)
MI2A	1,39 ± 0,008	22,32 ± 0,610	13,91 ± 1,33	8,54 ± 0,385	54,62 ± 3,17	63,16 ± 1,53
MI2B	1,40 ± 0,016	14,18 ± 0,303	12,64 ± 0,50	7,54 ± 0,230	53,61 ± 2,28	61,10 ± 1,59
MI2C	1,39 ± 0,005	28,02 ± 0,576	15,43 ± 0,73	6,84 ± 0,462	52,58 ± 1,12	63,00 ± 2,19
ML2A	1,39 ± 0,008	24,48 ± 0,912	14,34 ± 0,62	9,46 ± 0,598	52,58 ± 1,12	63,16 ± 1,53
ML2B	1,40 ± 0,011	18,46 ± 1,122	11,65 ± 0,62	8,10 ± 0,686	51,60 ± 1,09	61,10 ± 1,59
ML2C	1,39 ± 0,011	26,32 ± 1,057	20,16 ± 0,32	7,28 ± 0,130	52,54 ± 0,56	63,00 ± 2,19
MI1,2A	1,43 ± 0,008	31,76 ± 0,513	52,76 ± 0,61	22,40 ± 0,789	27,76 ± 0,82	32,24 ± 1,82
MI1,2B	1,42 ± 0,005	22,08 ± 0,698	42,17 ± 0,41	18,00 ± 0,959	27,62 ± 1,76	33,22 ± 1,97
MI1,2C	1,42 ± 0,015	38,40 ± 1,259	63,67 ± 0,56	12,04 ± 0,730	27,88 ± 1,56	32,74 ± 0,76
ML1,2A	1,43 ± 0,015	17,40 ± 0,424	23,46 ± 0,52	17,46 ± 0,606	25,52 ± 1,08	30,42 ± 1,01
ML1,2B	1,43 ± 0,019	10,16 ± 0,594	21,12 ± 0,20	14,52 ± 0,432	25,58 ± 1,32	29,60 ± 0,59
ML1,2C	1,43 ± 0,008	27,19 ± 0,752	34,53 ± 0,47	11,26 ± 0,650	23,86 ± 0,94	29,42 ± 0,28

Fonte: Autor, 2017.

Cada material compósito apresenta especificidade em seus resultados conforme o Quadro 28, de forma que eles expressam a interação entre fibras do coco babaçu e matriz polimérica.

As densidades de todos os compósitos produzidos encontram-se dispostas no Gráfico 25 e apresentando uma pequena variação entre todos os valores médios de densidade.

Gráfico 25: Densidade Média dos Materiais Compósitos

A variação máxima entre os valores de densidade média que compreende o menor valor 1,39 g/cm³ e o maior valor 1,43 g/cm³ equivale à 4% e o teste de média multifatorial demonstra que todas as médias são estatisticamente iguais como demonstra a Tabela 48.

Tabela 48 Teste de Média - Densidade

Fator 1 x Fator 2 x Fator 3 (AxBxC)

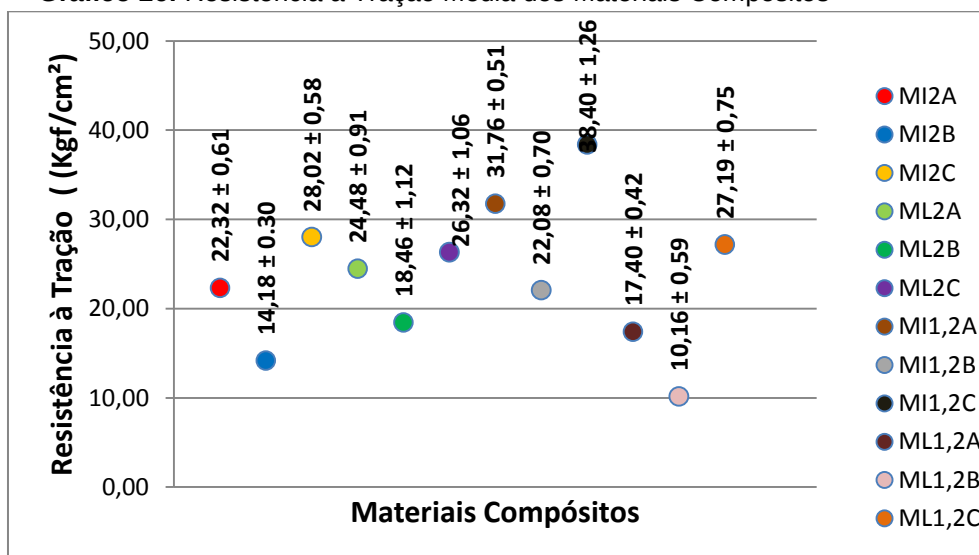
A	BxC			
	B1C1	B1C2	B2C1	B2C2
A1	1.43	1.39	1.43	1.39
A2	1.42	1.40	1.43	1.39
A3	1.42	1.39	1.43	1.39

Não foi aplicado o teste de comparação de médias
por que o F de interação não foi significativo

A1 Matriz A; A2 Matriz B; A3 Matriz C; B1 In Natura B2 Lavadas C1 1,2mm C 2mm

As resistências às trações médias de todos os compósitos produzidos encontram-se dispostas no Gráfico 26 e apresentam variação que vai do menor valor 10,16 Kgf/cm² ao maior 38,40 Kgf/cm².

Gráfico 26: Resistência à Tração Média dos Materiais Compósitos



Percentualmente a resistência média à tração sofreu um acréscimo de 277,9% ao comparar a menor resistência que está associada ao material ML2B à maior resistência que está associada ao material MI1,2C. Após teste multifatorial o teste F e o teste de Tukey demonstra que todos os valores são estatisticamente distintos por apresentarem na Tabela 49 letras distintas tanto em linha quanto em coluna que acompanham as médias.

Tabela 49 Teste de Média - Tração

Fator 1 x Fator 2 x Fator 3 (AxBxC)

A	BxC			
	B1C1	B1C2	B2C1	B2C2
A1	31.96 bA	22.32 bC	17.40 bD	24.48 bB
A2	22.08 cA	14.18 cC	10.16 cD	18.46 cB
A3	38.40 aA	28.02 aB	27.19 aBC	26.32 aC

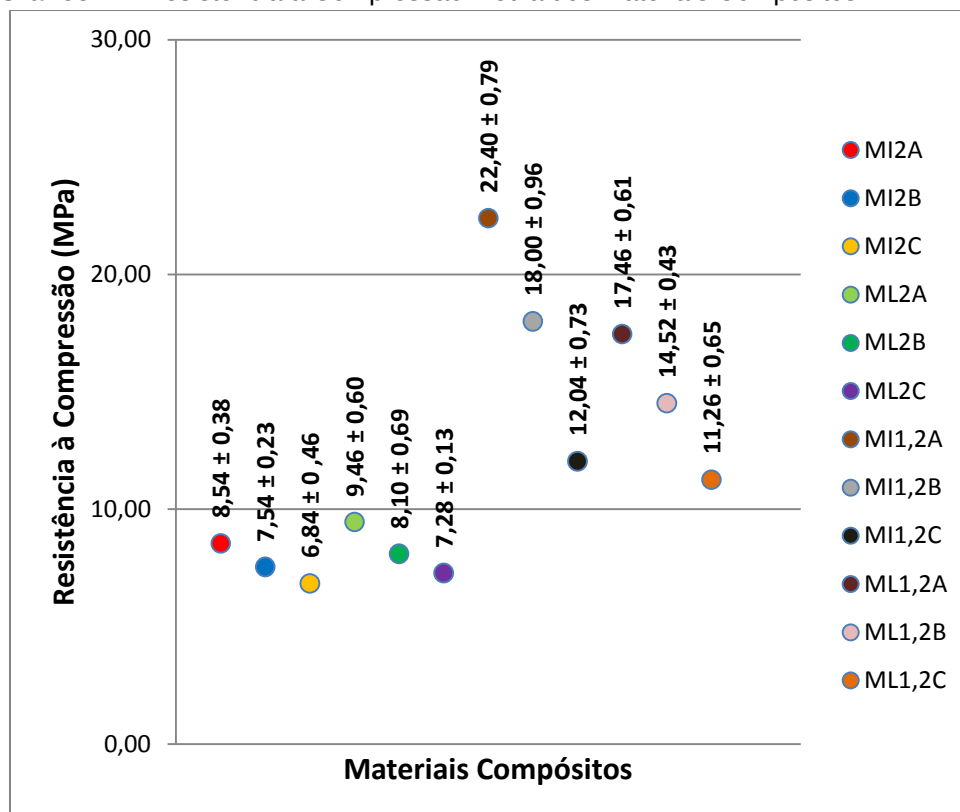
dms para colunas = 1.1894 dms para linhas = 1.3093

Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

A1 Matriz A; A2 Matriz B; A3 Matriz C; B1 In Natura B2 Lavadas C1 1,2mm C 2mm

As resistências às compressões médias de todos os compósitos produzidos encontram-se dispostas no Gráfico 27 e apresentam variação que vai do menor valor 6,84 MPa ao maior 22,40 MPa.

Gráfico 27: Resistência à Compressão Média dos Materiais Compósitos



Percentualmente a resistência média à compressão sofreu um acréscimo de 227,5% ao comparar a menor resistência que está associada ao material ML2C à maior resistência que está associada ao material MI1,2A. O teste de média multifatorial demonstra que estatisticamente as médias de resistência á compressão são iguais para as médias que apresentam as mesmas letras, sendo elas na horizontal: 8,54 e 9,54; 7,54 e 8,10; e 12,04 e 11,26, como demonstra a Tabela 50.

Tabela 50 Teste de Média - Compressão

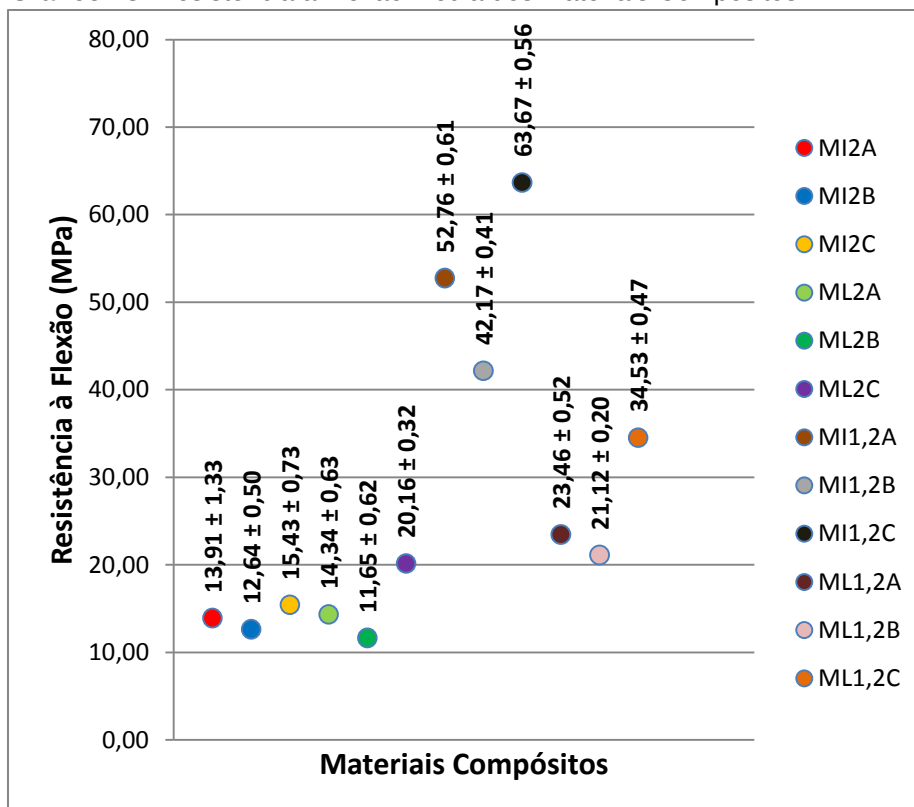
Fator 1 x Fator 2 x Fator 3 (AxBxC)				
A	BxC			
	B1C1	B1C2	B2C1	B2C2
A1	22.4400 aA	8.5400 bC	9.5400 cC	17.6400 aB
A2	7.5400 cC	18.0000 aA	14.5200 aB	8.1000 bC
A3	12.0400 bA	6.8400 cB	11.2600 bA	7.2800 bB

dms para colunas = 0.9084 dms para linhas = 1.0000
 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

A1 Matriz A; A2 Matriz B; A3 Matriz C; B1 In Natura B2 Lavadas C1 1,2mm C 2mm

As resistências às flexões médias de todos os compósitos produzidos encontram-se dispostas no Gráfico 28 e apresentam variação que vai do menor valor 27,96 MPa ao maior 152,08 MPa.

Gráfico 28: Resistência à Flexão Média dos Materiais Compósitos



Percentualmente a resistência média à flexão sofreu um acréscimo de 443,9% ao comparar a menor resistência que está associada ao material ML2B à

maior resistência que está associada ao material MI1,2C. O teste de média demonstra que os termos 13,91 e 14,33; 12,64 e 11,65 são estatisticamente iguais multifatorialmente demonstrado na Tabela 51.

Tabela 51 Teste de Média - Flexão

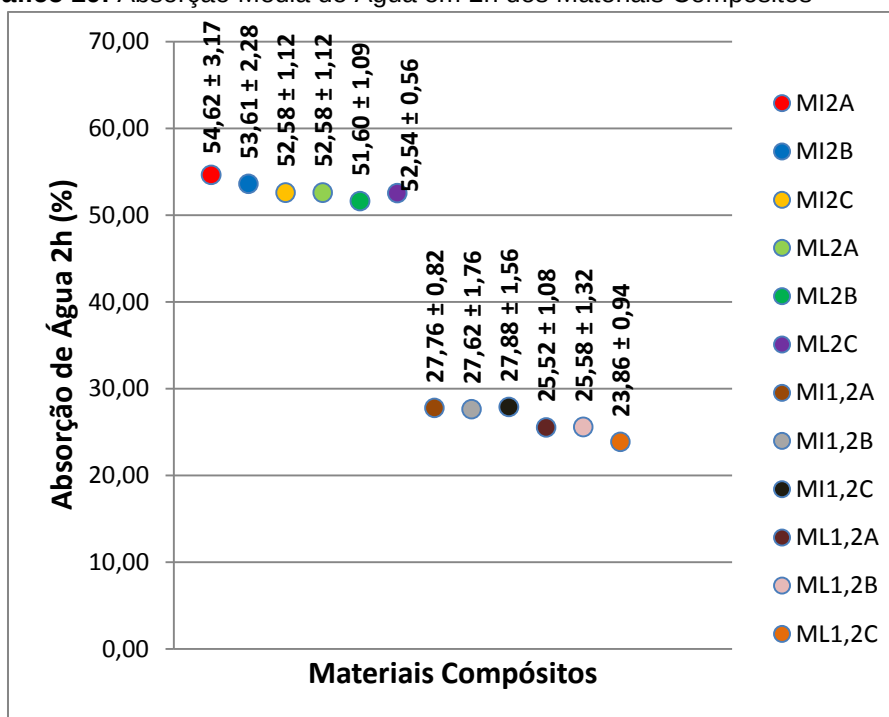
Fator 1 x Fator 2 x Fator 3 (AxBxC)				
A	BxC			
	B1C1	B1C2	B2C1	B2C2
A1	54.16 bA	13.91 abC	23.46 bB	14.33 bC
A2	42.17 cA	12.64 bC	21.11 cB	11.65 cC
A3	63.37 aA	15.43 aD	34.53 aB	20.16 aC

dms para colunas = 1.7196 dms para linhas = 1.8931
 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

A1 Matriz A; A2 Matriz B; A3 Matriz C; B1 In Natura B2 Lavadas C1 1,2mm C 2mm

As absorções médias de água em percentual no período de 2h de todos os compósitos produzidos encontram-se dispostas no Gráfico 29 e apresentam variação que vai do menor valor 23,86 % ao maior 54,62%.

Gráfico 29: Absorção Média de Água em 2h dos Materiais Compósitos



Percentualmente absorções médias de água em percentual no período de 2h sofreu um acréscimo de 128,91% ao comparar a menor absorção que está associada ao material ML1,2C à maior absorção que está associada ao material MI2A. O teste multifatorial de média e o de Tukey demonstra que todos os termos em linha e em coluna têm entre si igual para aqueles que têm a mesma letra associada a ele como demonstra a Tabela X.

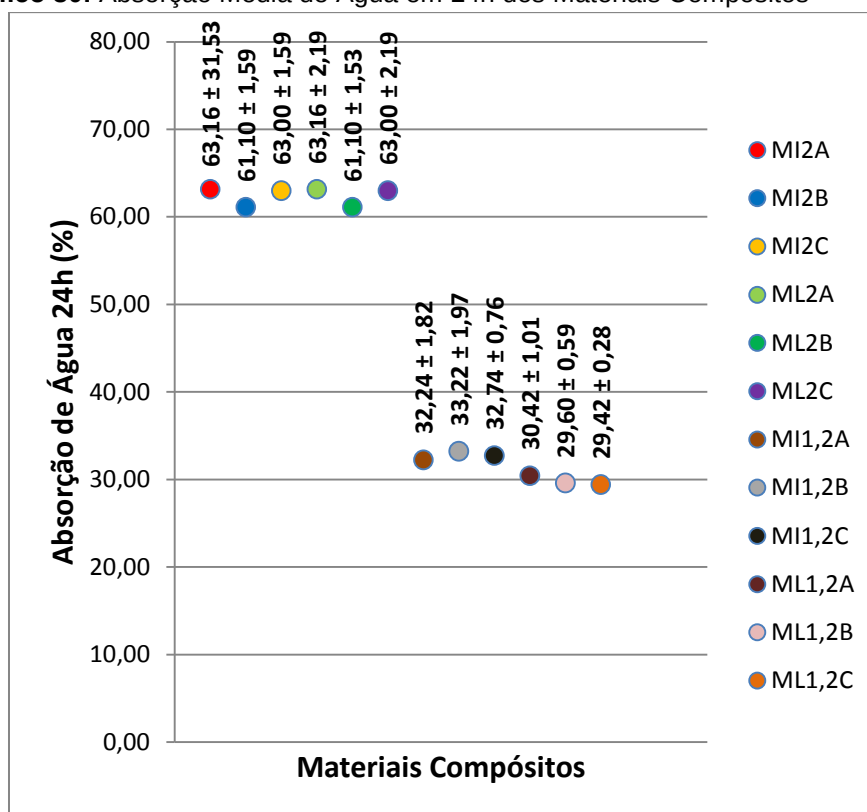
Tabela X – Teste de Média Absorção de Água 2h

Fator 1 x Fator 2 x Fator 3 (AxBxC)				
A	BxC			
	B1C1	B1C2	B2C1	B2C2
A1	27.76aB	54.62aA	25.52aB	52.58aA
A2	27.62aB	53.61aA	25.58aB	51.60aA
A3	27.88aB	52.58aA	23.86aB	52.54aA

dms para colunas = 1.1894 dms para linhas = 1.3093
 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

A1 Matriz A; A2 Matriz B; A3 Matriz C; B1 In Natura B2 Lavadas C1 1,2mm C 2mm

As absorções médias de água em percentual no período de 24h de todos os compósitos produzidos encontram-se dispostas no Gráfico 30 e apresentam variação que vai do menor valor 29,42 % ao maior 63,16%.

Gráfico 30: Absorção Média de Água em 24h dos Materiais Compósitos

Percentualmente absorções médias de água em percentual no período de 2h sofreu um acréscimo de 114,7% ao comparar a menor absorção que está associada ao material ML1,2C à maior absorção que está associada ao material MI2A. O teste de média multifatorial demonstra que as médias na mesma linha que têm a mesma letra são estatisticamente iguais e em coluna também como demonstra a Tabela 52.

Tabela 52 – Teste de Média Absorção de Água 2h

Fator 1 x Fator 2 x Fator 3 (AxBxC)				
A	BxC			
	B1C1	B1C2	B2C1	B2C2
A1	32.24 aB	30.42 bB	30.4200 aB	52.58 bA
A2	33.22 aB	61.10 aA	29.6000 aC	61.10 aA
A3	32.74 aB	63.00 aA	29.4200 aC	63.00 aA

dms para colunas = 2.2583 dms para linhas = 2.4861
 Classific.c/letras minúsculas Classific.c/letras maiúsculas

A1 Matriz A; A2 Matriz B; A3 Matriz C; B1 In Natura B2 Lavadas C1 1,2mm C 2mm

5.3 DISCUSSÕES

As fibras *in natura* do coco babaçu apresentaram resultados satisfatórios no que tange o teor de umidade acumulado em sua estrutura, teor este que gera a possibilidade de produção de chapas de madeira.

O teor de cinzas produzido pelas fibras do coco babaçu denotam um potencial de produção de cinzas relativamente baixo, quando comparado ao carvão e de aproximadamente 5 a 6 vezes maior que da fibra da banana, do bagaço da cana e do curuá fazendo com que a quantidade de resíduos gerados após a queima das fibras do coco babaçu sejam menores que as do carvão.

A densidade da fibra de coco babaçu apresentou valor menor que a densidade do bagaço da cana e do coco, fato relevante pois na constituição de um compósito corrobora para a sua leveza.

O epicarpo submetido à microscopia eletrônica de varredura, demonstrou claramente a união das fibras que o compõem através de um ligante em sua estrutura. As fibras após separadas deste ligante e peneiradas apresentaram diâmetro médio de 400 micrômetros e 750 micrômetros, ambas com poucas rugosidades e imperfeições.

Os ensaios de densidade, densidade, tração, flexão, compressão e absorção de água com 2h e com 24 do qual os materiais compósitos MI2A, MI2B, MI2C, MI1,2A, MI1,2B, MI1,2C, ML2A, ML2B, ML2C, ML1,2A, ML1,2B e ML1,2C foram submetidos, demonstra que mantendo constante o tamanho da fibra e o seu respectivo tratamento, temos que:

- No ensaio de densidade as médias comparadas entre si foram todas estatisticamente iguais pelo teste de Tukey com nível de probabilidade de 1%, exceto para os materiais MI2A, MI2B e MI2C que apresentaram uma pequena diferença estatística em suas médias.
- No ensaio a tração, os materiais compósitos estruturados com resina C, apresentaram maiores resistências, tendo como a maior dentre as médias a resistência do material compósito MI1,2C.
- No ensaio a flexão, os materiais compósitos estruturados com resina C, apresentaram maiores resistências, tendo como a maior dentre as médias a resistência do material compósito MI1,2C.

- No ensaio a compressão, os materiais compósitos estruturados com resina A, apresentaram maiores resistências, tendo como a maior dentre as médias a resistência do material compósito MI1,2A.
- No ensaio de absorção de água, os materiais compósitos estruturados com resina A, apresentaram maiores resistências, tendo como a maior dentre as médias a resistência do material compósito MI1,2A.
- No ensaio absorção de água – 2h, as médias comparadas entre si foram todas estatisticamente iguais para os materiais compósitos estruturados com fibras de coco babaçu de tamanho 2mm e todas as médias comparadas entre si são estatisticamente iguais para os materiais compósitos estruturados com fibras de tamanho 1,2mm, sendo que os materiais compósitos com fibras de tamanho 2mm absorveram maior quantidade de água durante as 2h.
- No ensaio absorção de água – 24h, as médias comparadas entre si foram todas estatisticamente iguais para os materiais compósitos dotados de fibras de coco babaçu de tamanho 2mm e todas as médias comparadas entre si são estatisticamente iguais para os materiais compósitos dotados de fibras de tamanho 1,2mm, sendo que os materiais compósitos com fibras de tamanho 2mm absorveram maior quantidade de água durante as 24h.
- Os testes multifatoriais demonstraram que os materiais que mais se assemelham e apresentam propriedade que resultem em aplicações para a constituição de painéis similares ao mdf são os materiais compósitos MI1,2A e MI1,2C.
- A utilização das fibras para a produção dos materiais compósitos otimizam os descartes de resíduos originários do coco babaçu.

6 CONCLUSÕES

O objetivo desta pesquisa foi produzir materiais compósitos com fibras residuais agroenergéticas do coco babaçu em diferentes matrizes poliméricas e com tratamentos diferentes da fibra. Os resultados foram alcançados utilizando as fibras lavadas e *in natura* em junção com as matrizes Farben, Maxxy Rubber e A.H Gama 306.

As fibras do coco babaçu foram caracterizadas fisicamente por meio dos ensaios de teor de umidade, teor de cinzas, massa específica e a caracterização microestrutural através da microscopia eletrônica de varredura

Os materiais compósitos foram produzidos com a fibra do coco babaçu *in natura e lavada*, com duas dimensões diferentes, sendo elas retidas em peneiras de 1,2 mm e 2 mm tendo como matrizes poliméricas: Farben, Maxxy Rubber e A.H Gama 306. As matrizes poliméricas e as fibras deram origem à materiais compósitos com 12 traços distintos.

Os materiais compósitos produzidos foram caracterizados fisicamente por meio dos ensaios de absorção de água, tração, flexão, compressão e microestruturalmente através da microscopia eletrônica de varredura.

Os materiais compósitos resultantes desta pesquisa verificaram baixos valores de resistência de produção com fibras de coco babaçu que ficaram retidas nas peneiras de malha de 2 mm por aumentarem o índice de vazio do material produzido e assim por consequência diminuindo substancialmente sua resistência mecânica em todos os ensaios e ainda aumentando o percentual de absorção de água quando comparadas as fibras retidas na peneira de malha 1,2 mm.

Para o material compósito produzido com as fibras de coco babaçu, torna-se mais viável a produção com a utilização de fibras retidas em peneiras de 1,2 mm, ocasionando assim redução do índice de vazios dos materiais produzidos e por consequência, ganho em sua resistência mecânica e redução em sua absorção de água.

A análise microestrutural foi realizada através da Microscopia Eletrônica de Varredura possibilitou verificar a interação entre fibra e matriz quanto a sua adesão e os índices de vazios de cada material compósito produzido.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuros nesta linha de pesquisa é sugerido:

- Verificar tratamentos dados as fibras que corroborem significativamente com a adesão entre fibra e matriz como realizado com as fibras de sisal que fora tratada com hidróxido de sódio (Campos, 2011).
- Verificar a médio e longo prazo a deterioração das fibras do coco babaçu dentro das matrizes poliméricas devido as possíveis reações entre fibras e matrizes.
- Verificar outras propriedades mecânicas destes materiais compósitos, tais como: resistência ao impacto, ensaio de dureza e inchamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. D 638 - 90 – *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*.

_____. ASTM D3878-07: Standard Terminology for composite materials. 2007.

_____. D 695 - 90 – *Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics*.

_____. D 790M - 86 – *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials [Metric]*.

_____. D 5628 - 96 – *Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimens by means of a Falling Dart (Tup or Falling Mass)*.

_____. D 5942 - 96 – *Standard Test Method for Determining Charpy Impact Strength of Plastics*.

_____. D 570 - 98 – *Standard Test Method for Water Absorption of Plastics*.

ALMEIDA, Renato Rocha; DEL MENEZZI, Cláudio Henrique Soares; TEIXEIRA, Divino Eterno. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. **Bioresource Technology**, v. 85, n. 2, p. 159-163, 2002.

ANJOS, M. A. S. Compósito à base de cimento reforçado com polpa de bambu- caracterização física, mecânica e microestrutural. Rio de Janeiro: PUC, 2002. 96p. Tese de Doutorado. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil – Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 2002.

ARAÚJO, Eugênio Celso Emérito; MEIO-NORTE, Embrapa. ESTADO DA ARTE E POTENCIAL DO BABAÇU PARA A AGROENERGIA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORAMAS TÉCNICAS (ABNT). **Madeira – Determinação do teor de umidade de cavacos – Método por secagem em estufa**, NBR 14929. 2003. 17p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52 – **Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro 2003.

BARBETTA, Pedro Alberto; REIS, Marcelo Menezes; BORNIA, Antonio Cezar. **Estatística: para cursos de engenharia e informática**. São Paulo: Atlas, 2004.

BELING, R. R. Anuário Brasileiro da Agroenergia. **Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta**, 2006.

BENTUR, A.; MINDESS, S. Fibre Reinforced Cementitious Composites. Barking, Elsevier, 1990.

BEZERRA, J. B. Babaçu. As Guerreiras do Mearim. **Revista Globo Rural**. Editora **Globo**, v. 61, p. 38-45.

BONELLI, Claudia MC et al. Comportamento térmico, mecânico e morfológico de compósitos de polietileno de alta densidade reciclado com fibra de piaçava. **Polímeros Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 4, p. 256, 2005.

BRAND, Martha Andreia. Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem. 2013.

CALLISTER Jr., W.D. (2008). **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. (Sétima Edição). Rio de Janeiro. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., (Capítulo 16).

CALLISTER, William. **Ciência E Engenharia de Materiais: Uma Introdução** . Grupo Gen-LTC, 2000.

CAMPOS, Adriana de et al. Efeito do tratamento das fibras nas propriedades do biocompósito de amido termoplástico/policaprolactona/sisal. **Polímeros**, p. 217-222, 2011.

CARVALHO, Adriana Caldas. Fabricação e caracterização de compósitos à base de resina epóxi e fibras de bananeira ufsj. Programa de pós-graduação em engenharia mecânica, Dissertação apresentada a universidade de São João del-Rei, 2015 – pg 32.

CARVALHO, José Herculaano de.. Babaçu: Programa Nacional de Pesquisa. Brasília, 1984, p. 23 26.

CARVALHO, Maria Cecília Chaves De; GOMES, Carlos Francisco Simões; PEREIRA, Eliane Ribeiro. Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão. **Production**, v. 24, n. 3, p. 495-507, 2014.

CAVALCANTI, Wilma Sales. Compósitos poliéster/tecidos tramados vegetal-vidro: caracterização mecânica e simulação da sorção de água. **Pós-graduação em engenharia de processos. Univercidade Federalde Campina Grande**, 2006.

CHARLET, K. **et al.** Tensile deformation of a flax fiber. **Procedia Engineering**, v. 1, n. 1, p. 233-236, 2009.

DA SILVA, MIRIAM RODRIGUES. **Distribuição do babaçu e sua relação com os fatores geoambientais na bacia do Rio Cocal, Estado do Tocantins**. 2008. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.

DANIEL, Isaac M. *et al.* **Engineering mechanics of composite materials**. New York: Oxford university press, 1994.

DE MENEZES PAVLAK, Marta Cristina et al. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. **Evidência-Ciência e Biotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 7-24, 2007.

DIAS, JMC de S. et al. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais. **Embrapa Agroenergia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.

FELEMA, João; RAIHER, Augusta Pelinski; FERREIRA, Carlos Roberto. Agropecuária Brasileira: desempenho regional e determinantes de produtividade. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, n. 3, p. 555-573, 2013.

FERREIRA, Antonio Marcos Neres. O total aproveitamento do coco babaçu (*Orbignya oleifera*). 2011.

FRANCO, Francisco José Patrício. Aproveitamento da fibra do epicarpo do coco babaçu em compósito com matriz epóxi: estudo do efeito do tratamento da fibra. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

GARCIA, Roberto. Combustíveis e combustão industrial. **Interciência**, 2002.

GORNI, Antonio Augusto. Introdução aos plásticos. **Revista plástico industrial**, v. 10, n. 09, 2003. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/intropol.html>> Acesso em 03 de jan. de 2016.

ISHIZAKI, Marina H. et al. Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: influência do teor de fibra e das condições de mistura. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 182-186, 2006.

JOSHI, Satish V. et al. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites?. **Composites Part A: Applied science and manufacturing**, v. 35, n. 3, p. 371-376, 2004.

KALAPRASAD, G.; JOSEPH, Kuruvilla; THOMAS, Sabu. Influence of short glass fiber addition on the mechanical properties of sisal reinforced low density polyethylene composites. **Journal of composite materials**, v. 31, n. 5, p. 509-527, 1997.

KOZLOWSKI, Ryszard; WLADYKA-PRZYBYLAK, Maria. Recent developments in composites from natural fibers and polymers. 2003.

KUMODE, M. M. N.; MISSIO, A. L.; MAGALHAES, W. L. E. Preparação e caracterização de compósitos reforçados com resíduos lignocelulósicos. Evento de Iniciação Científica da Embrapa Florestas 10., 2011, Colombo. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Brasília – DF

LABORATÓRIO MULTIUSUÁRIO DE MICROSCOPI ELETRÔNICA DE ALTA RESOLUÇÃO. Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging.

LEVY N. F.; PARDINI, L. C. Compósitos Estruturais: ciência e tecnologia. **Edição. Ed. Edgard Blucher. São Paulo**, 2006. P.2.

LIGOWSKI, Ezequiel; DOS SANTOS, Benedito Cláudio; FUJIWARA, Sérgio Toshio. Materiais compósitos a base de fibras da cana-de-açúcar e polímeros reciclados obtidos através da técnica de extrusão Composite materials based on fibers from sugar cane and recycled polymers. **Polímeros**, v. 25, n. 1, p. 70-75, 2015.

LIMA, A. M. V. Caracterização do Comportamento à Fratura de Materiais Compósitos. 1987. 106 f. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 1987.

LIMA, Ademi Moraes *et al.* Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. 2006.

LORENZI, Harri; DE SOUZA, Hermes Moreira. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Editora Plantarum, 1996.

LUZ, S. M.; GONÇALVES, A. R.; DEL'ARCO, A. P. Mechanical behavior and microstructural analysis of sugarcane bagasse fibers reinforced polypropylene composites. **Composites Part A: applied science and manufacturing**, v. 38, n. 6, p. 1455-1461, 2007.

MARINELLI, Alessandra L. *et al.* Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 92-99, 2008.

MATTHEWS, F. L., RAWLINGS, R. D., **Composite Materials: Engineering and Science**. London, Chapman and Hall, 1994.

MONTEIRO, Sergio N. *et al.* Comportamento mecânico e características estruturais de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas e alinhadas de curauá. **Revista Matéria**, v. 11, n. 3, p. 197-203, 2006.

MONTEIRO, Sergio N. *et al.* Efeito da interface fibra/matriz sobre a resistência de compósitos poliméricos reforçados com fibras de coco. **Revista Matéria**, v. 11, n. 4, p. 395-402, 2006.

MONTEIRO, Sergio N. *et al.* Propriedades de compósitos de tecido de juta descartado reforçando matriz de polietileno reciclado. **Revista Matéria**, v. 11, n. 4, p. 403-411, 2006.

MONTEIRO, Sergio N. *et al.* Tenacidade ao entalhe por impacto charpy de compósitos de poliéster reforçados com fibras de piaçava. **Revista Matéria**, v. 11, n. 3, p. 204-210, 2006.

NASCIMENTO, Ulisses Magalhães *et al.* Otimização da produção de biodiesel a partir de óleo de coco babaçu com aquecimento por microondas. **Eclética Química**, v. 34, n. 4, p. 37-48, 2009.

Nunes, Luciano Rodrigues, A. Rodolfo Jr, and W. Ormanji. "Tecnologia do PVC." **São Paulo: ProEditores/BRASKEM** (2002).

OLIVEIRA, Adriana Idalina Torcato; ALEXANDRE, Gerso Pereira; MAHMOUD, Talal Suleiman. Babaçu (*Orbignya* sp): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo. **BBR-Biochemistry and Biotechnology Reports**, v. 2, n. 3esp, p. 126-129, 2013.

PADILHA, A.F. Materiais de Engenharia: Microestrutura e Propriedades. **Hemus Editora Limitada**, São Paulo, 349 páginas, 1997.

PAIVA, Jane MF; TRINDADE, Wanderson G.; FROLLINI, Elisabete. Phenolic-matrix composites reinforced with natural fibers. **Polímeros**, v. 9, n. 4, p. 170-176, 1999.

PINHEIRO, U.B.; FRAZÃO, J.M. Integral processing of Babassu Palm Fruits: Village levels production in Maranhão, Brazil. **Economy Botany**, vol.49, nº1: p.31-39, 1995.

RICHARDSON, James et al. (Ed.). Bioenergy from sustainable forestry: guiding principles and practice. **Springer Science & Business Media**, 2006.

Rider Jr., R. F.; Newton, O. A. (2002). Material handling for wood-plastic composites. In: Proceedings, Wood-plastic composites: a sustainable. Trabalhos apresentados. Viena (AU).

RIOS, Alexandre de Souza. Estudo do envelhecimento acelerado de materiais compósitos revestidos com poliuretano aplicados em aerogeradores. 2012. 164 p. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

RODRIGUES, R. A.; ACCARINI, J. H. Programa Brasileiro de Biodiesel. In: BRASIL. Ministério das relações exteriores - MRE (Org.). **Biocombustíveis no Brasil: realidades e perspectivas**. Brasília: Arte Impressora Gráfica LTDA, 2007. p. 158-181.

ROSA, I.G. Estudo químico, qualitativo e quantitativo, do resíduo amiláceo do coco babaçu. **Revista de Química Industrial**, v. 1, n. 71, p. 56-62, 1986.

ROWELL, Roger M. *et al.* Utilization of natural fibers in plastic composites: problems and opportunities. **Lignocellulosic-plastic composites**, p. 23-51, 1997.

SANTOS, Paulo A. *et al.* Efeito da forma de processamento e do tratamento da fibra de curauá nas propriedades de compósitos com poliamida-6. **Polímeros**, 2009.

Satyanarayana K.G., Guimarães J. L., Wypych W., Comp. Part A: Appl. Sci Manufac.2007; 38(7): 1694-1709.

SCOLARI, D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. In: Visão Progressista do Agronegócio Brasileiro. **Revista da Fundação Milton Campos**, n. 25. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006. p. 9-86.

SILAEX ® QUÍMICA LTDA. Boletim técnico Disponível em: <<http://www.silaex.com.br/datasheet/2001e3181.pdf>> Acesso em 8 de mai. de 2016.

SILVA, L. J. Estudo Experimental e Numérico das propriedades mecânicas de compósitos poliméricos laminados com fibras vegetais. São João del-Rei, p. 1368-1376, 2011.

SILVA, S. P. S.; Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras de Curuá e Híbridos com Fibras de Vidro. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

STEFANELLO, RAQUEL *et al.* Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 135-141, 2006.

TEIXEIRA, Marcos Alexandre. Biomassa de babaçu no Brasil. Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

TESSARO, A. B.; GONÇALVES, M. R. F.; GATTO, D. A.; POLLNOW, E. N.; CARREÑO, N. L. V.; DELUCIS, R. A. Compósitos cimentícios reforçados com fibras de eucalipto puras e tratadas com tetraetilortossilicato (TEOS 98%). *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 47-55, jul./set. 2015.

TITA, Sandra PS; PAIVA, JMF de; FROLLINI, Elisabete. Resistência ao impacto e outras propriedades de compósitos lignocelulósicos: matrizes termofixas fenólicas reforçadas com fibras de bagaço de cana-de-açúcar. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 4, p. 228-239, 2002.

VENTURA, A. M. F.M. Os Compósitos e a sua Aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas. **C.Tecn. Mat.**, Lisboa, v. 21, n. 3-4, 2009.

WOLLERDORFER, Martina; BADER, Herbert. Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. **Industrial Crops and Products**, v. 8, n. 2, p. 105-112, 1998.

www.labmic.ufg.br/n/45686-microscopio-eletronico-de-varredura-mev. Acesso em: 20 de jun. de 2016.

YUAN, Fang; SHEN, Li-yin; LI, Qi-ming. Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste. **Waste management**, v. 31, n. 12, p. 2503-2511, 2011.