

USO DE MADEIRA PLÁSTICA PARA FABRICAÇÃO DE *PLAYGROUNDS*:

UMA PROPOSTA DE INOVAÇÃO PARA SUBSTITUIR A MADEIRA NATURAL

Marcelle Suzete Müller¹
Fábio Gonçalves Teixeira²
Lauren da Cunha Duarte³

RESUMO

O objetivo deste trabalho, que é o recorte de uma pesquisa em andamento, é analisar materiais compósitos e sugerir a substituição da madeira natural em *playgrounds* por essa matéria-prima. Esses compósitos, conhecidos como materiais verdes, combinam fibras naturais com polímeros biodegradáveis, sendo eles sustentáveis, ou seja, de fácil compostagem no final de sua vida útil, sem prejudicar o meio ambiente. A partir de uma investigação laboratorial, com foco 3 (três) materiais compósitos, foram utilizados equipamentos para análise da superfície e composição química do produto. Os resultados demonstram que os 3 (três) materiais podem substituir a madeira natural, devido à sua resistência e durabilidade, porém, necessita-se de mais ensaios para verificar a viabilidade quanto ao processo de usinagem de peças para os equipamentos de *playground*.

Palavras-chave: *Playground*. Madeira natural. Madeira ecológica.complementares. Estudo de caso.

1. Pós-doutorada, e-mail: marcelledesigner@hotmail.com
1. Pós-doutor, e-mail: fabiogt@ufrgs.br
1. Doutor, e-mail: lauren.duarte@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

Segundo Lemos e Martins (2014), é crescente a necessidade de pensar em aspectos, tais como racionalizar o consumo, o desenvolvimento de novos produtos, optar por soluções e produtos sustentáveis, que buscam o equilíbrio entre o homem e a natureza. Assim, o emprego de materiais biocompósitos vem ganhando destaque. Esses materiais, considerados compósitos verdes, combinam fibras naturais com polímeros biodegradáveis, sendo sustentáveis, ou seja, de fácil compostagem no final de sua vida útil, sem prejudicar o meio ambiente.

TAMBÉM HÁ UM GRANDE NÚMERO DE RESÍDUOS DE MADEIRA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA QUE NÃO SÃO UTILIZADOS. NESTE SENTIDO, CRESCE O NÚMERO DE PESQUISAS PARA A SUA REUTILIZAÇÃO.

Uma das formas de reaproveitar esse material é a produção da madeira plástica, formada por um material compósito: pó de madeira + resina plástica. Esse material, também conhecido como conjugado, é formado por pelo menos duas fases, ou dois componentes, sendo geralmente uma fase polimérica, denominada matriz polimérica, e outra fase de reforço, normalmente na forma de fibras. A própria madeira pode ser considerada um material conjugado, pois contém fibras de celulose + matriz de lignina.

Conforme a Ecowood (2014), que desenvolve a madeira ecológica, esta pode substituir a madeira natural, tradicionalmente utilizada em móveis, parques infantis e/ou *playgrounds*, *decks*, *pallets* e carrocerias. As suas características

físicas são o ponto forte para haver essa substituição, tais como: longa durabilidade, mais de 50 anos, não exige manutenção como a madeira, é imune a pragas, não absorve água e ainda tem alta resistência física.

Esse material, intitulado por algumas empresas como madeira plástica ou tábua ecológica, ou ainda tábua plástica, é um compósito derivado da mistura de sobras de um material polimérico e outros componentes, que podem ser fibras naturais, como casca de arroz, sobras de madeira (como serragem), fibra de vidro ou outro. Dessa forma, esse material pode ser extrudado em perfis diversos, que podem ser utilizados para fabricação de bancos, mesas, *decks*, tablados ou outros objetos.

DESSE MODO, A PROPOSTA DESSE ARTIGO É SUGERIR O USO DE UM MATERIAL MAIS RESISTENTE PARA SER UTILIZADO EM *PLAYGROUND*, COMO A MADEIRA PLÁSTICA OU ECOLÓGICA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO DE BRINQUEDOS MAIS SEGUROS E DURADOUROS PARA AS CRIANÇAS, POIS ESSE MATERIAL COMPÓSITO TEM UMA VIDA ÚTIL LONGA.

Visando verificar os componentes do material, bem como conhecer suas propriedades físicas, realizaram-se testes em 3 (três) materiais compósitos que podem vir a substituir a madeira tradicional: Material 01; Material 02 e Material 03. Nesse processo, foram utilizados equipamentos

2 MADEIRA PLÁSTICA E NATURAL: APLICABILIDADE E USO EM PLAYGROUNDS

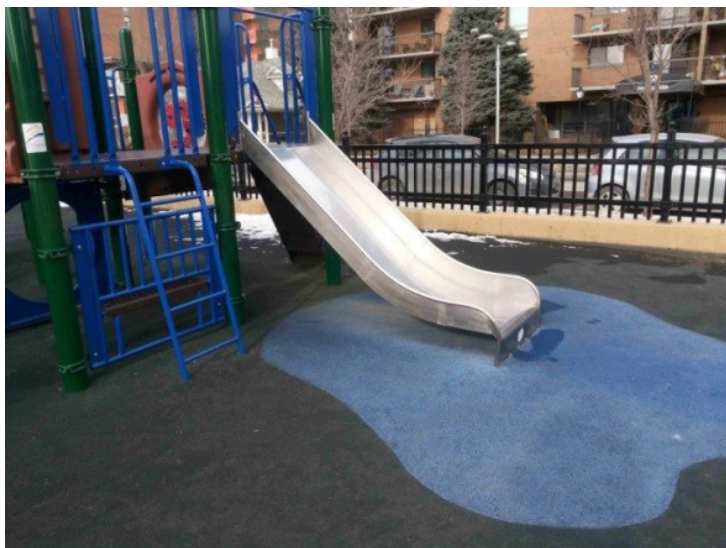
Usa-se de fibras naturais para formar um compósito devido ao reforço que este material incorpora ao produto, originando materiais com maior resistência e também reduzindo a quantidade de polímeros empregados em sua composição. Esse produto resiste às intempéries, como sol, chuva e neve, conforme Figura 1. Na seleção dessas fibras para reforço do compósito, conforme Lemos e Martins (2014), é necessário levar em consideração o custo e a disponibilidade em adquirir a fibra, o efeito sobre as características de fluidez do polímero, as propriedades físicas, a estabilidade térmica, a resistência química, a abrasividade ou o desgaste, a biodegradabilidade, a toxicidade, a reciclabilidade, a molhabilidade e a compatibilidade com a matriz polimérica.

A madeira tradicional é utilizada em *playgrounds* existentes em escolas e praças públicas, que, conforme Müller (2013), não é um material apropriado para os brinquedos. Isto se deve ao rápido desgaste desse material ao ser exposto às intempéries, causando, além de danos na superfície dos equipamentos, tais como lascas, parafusos com a cabeça aparente, felpas, pintura descascando, que podem ser perigosos para os usuários, além de transmitir uma aparência de abandono e desleixo.

Os brinquedos, em geral, não são aprovados pelo INMETRO¹, pois estão irregulares em relação à ABNT NBR 16071, a atual norma brasileira que aborda requisitos de segurança para os *playgrounds*. Segundo o órgão fiscalizador, um dos grandes problemas observados é o piso, que deveria ser emborrachado, garantindo amortecimento no impacto da criança, como já vistos em parques no Canadá e nos EUA, como pode ser visto na Figura 1.

1. O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - Inmetro - é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, que atua como Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Conmetro), colegiado interministerial, que é o órgão normativo do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro). Vide: <<http://www.inmetro.gov.br/inmetro/oque.asp>>.

Figura 1: Piso *playground* – Calgary/Canadá



Fonte: Dos autores (2015)

No Brasil, a situação dos parques públicos é precária, não só no que tange às questões de inclusão e acessibilidade, mas também quanto à falta de segurança.

O INMETRO (2014) divulgou uma série de incidentes envolvendo parques infantis no Rio de Janeiro e, em seguida, o Jornal Diário aúcho relatou problemas nos parques em Porto Alegre/RS, que também foram expostos pelo Fantástico/Rede Globo, no dia 14/09/2014.

As três reportagens referiam-se a brinquedos como os da Figura 2, quebrados, com parafusos aparentes, enferrujados e o entorno com grama alta, sujeira e entulhos, oferecendo riscos à vida das crianças, como o relato do fantástico: “Em novembro, um menino de 3 anos se machucou em ferros soltos em um escorregador em Palmas e perdeu dois dedos da mão esquerda. Depois do acidente, a prefeitura retirou os brinquedos do local” (GLOBO, 2014). Foi observada também a necessidade da presença dos pais enquanto a criança está brincando, sendo sugerido pelo INMETRO o uso de placas informativas no âmbito do parque onde está localizado o *playground*.

Figura 2: Problemas em *Playgrounds* brasileiros



(A) Carrossel mal conservado, com pintura descascada e quebrado (B) Trenzinho quebrado (C) Gangorras com suporte para as mãos quebradas, com farpas em toda a superfície e pintura descascando. Fonte: Dos autores. (D) Balanço quebrado.

Fonte: Diário Gaúcho (2014)

As praças visitadas fazem parte dos seguintes bairros em Porto Alegre: Restinga, Lomba do Pinheiro, Praia de Belas, Medianeira e Rubem Berta. Conforme o Professor Benamy Turkienicz (UFRGS), que acompanhou o Jornal Diário Gaúcho, os principais problemas foram encontrados no escorregador:

Os parafusos salientes na estrutura que a criança usa para se segurar enquanto desce podem machucar sua mão. Se alguma criança passar embaixo do brinquedo, outro risco: pontas da madeira expostas sem proteção. Na caixa de areia, além da sujeira, há uma laje que pode se tornar um obstáculo durante a queda. Em um dos balanços, parte do assento de madeira está quebrada e, como a tinta está descascada, a madeira está apodrecendo, sem condições de uso. (DIÁRIO GAÚCHO, 2014).

O mesmo tema foi destaque no Jornal Folha de São Paulo, em 07 de dezembro de 2014, onde foram levantadas questões para os pais e cuidadores pensarem, tais como: Você sabe se o parquinho que seu filho frequenta é seguro? Já reparou se os brinquedos estão em boas condições de uso? Muitos pais podem nunca ter se perguntado sobre a manutenção dos equipamentos dos *playgrounds* (FOLHA DE SÃO PAULO, 2014). Conforme esta notícia, não existe regulamentação específica sobre a segurança dos brinquedos de creches, escolas, condomínios, parques e praças. Assim, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) abriu uma consulta pública para ouvir da sociedade sugestões, críticas e relatos sobre a segurança dos brinquedos utilizados nos parquinhos. Contudo, existe desde 2012

a norma ABNT NBR 16071, dividida em 7 capítulos, que estabelece regras para instalação e manutenção de parques. No entanto, esta norma não é seguida nos parques disponíveis em praças públicas, escolas brasileiras e outros espaços. A NBR 16071/2012 denomina *playground* como um “[...] local coberto ou ao ar livre, onde os usuários podem brincar sozinhos ou em grupo, de acordo com as suas próprias regras ou próprias motivações, podendo mudá-las a qualquer momento.” (ABNT, 2012, p. 2).

Na Parte 2, são apresentados os requisitos de segurança, especificações para os materiais que serão utilizados nos brinquedos (Quadro 1), ressaltando que esses espaços de lazer devem ter sombreamento quando recebem muita incidência solar e que todos os equipamentos devem ser projetados possibilitando o escoamento da água da chuva naturalmente, evitando o seu acúmulo na superfície do brinquedo. Mas, a madeira, sugerida para aplicação nos *playgrounds*, é o material ideal?

Quadro 1: Recomendações de materiais para os brinquedos do *playground*

Material exposto às intempéries	Requisitos
Madeira	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ter resistência natural. ■ Utilização de madeiras tratadas. ■ Brinquedos feitos com compensados devem ser resistentes às intempéries. ■ Peças dos brinquedos com madeiras não podem apresentar rachaduras com mais de 8 mm. ■ Brinquedos fabricados com madeira, deve-se preferir madeira que tenha baixa tendência a lascar-se.
Metais e Cabos de aço	<ul style="list-style-type: none"> ■ Os componentes e peças de metal devem ser protegidos contra oxidação. ■ Os metais que escamam, que entram em contato com usuários, devem ser revestidos com materiais atóxicos.
Plásticos e Pneus	<ul style="list-style-type: none"> ■ As peças de plástico não podem apresentar trincas e rachaduras. ■ Devem ser atóxicos e livre de trincas e rachaduras. ■ Pneus não podem apresentar fios de aço afloando ou pontas de fios de aço expostas.
Compósitos de fibras e resinas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Os materiais sintéticos devem ser resistentes aos raios ultravioletas.
Concretos	<ul style="list-style-type: none"> ■ As partes, peças e componentes de concreto armado não podem apresentar armadura exposta.

Material exposto às intempéries	Requisitos
Tecidos	<ul style="list-style-type: none"> Os tecidos devem apresentar integridade nas suas malhas. O material de tingimento não pode apresentar substâncias químicas em dosagens que causem efeitos adversos à saúde dos usuários.
Tintas	<ul style="list-style-type: none"> Revestimentos de tintas, vernizes ou acabamentos similares em playgrounds não podem ter elementos químicos, ou seus compostos solúveis, em proporções excedentes ao máximo, conforme a ABNT NBR NM 300-1.
Fibras de vidro	<ul style="list-style-type: none"> Equipamentos fabricados com este material não podem ter acabamento lacerável.

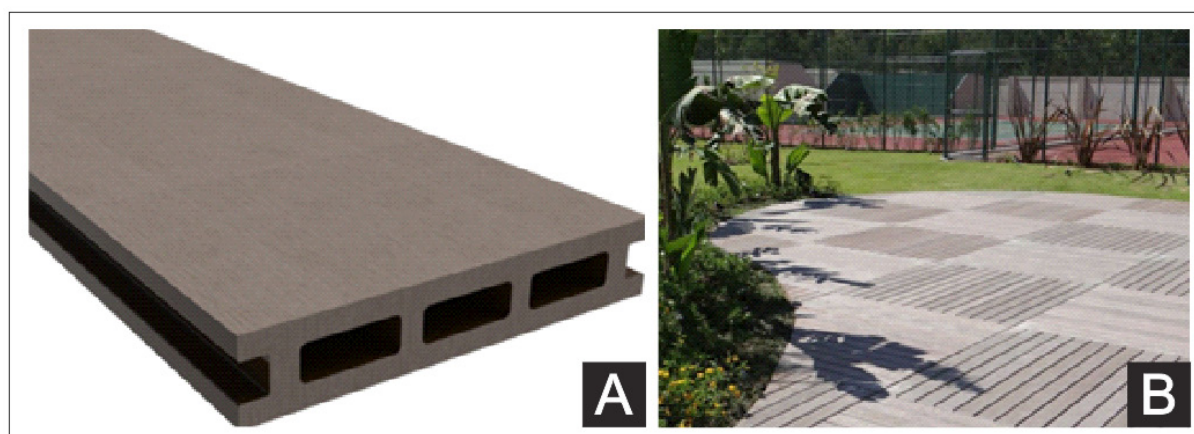
Fonte: Adaptado de ABNT (2012)

2.1 A madeira ecológica e/ou plástica

A madeira plástica, fabricada pela Empresa Madeplast® (2014), Figura 3, é composta por 30% de plástico proveniente de sacolas plásticas descartadas e 70% de sobras de madeira. Este material permite aplicação de verniz em sua superfície, é resistente às intempéries, aceita tinta própria para madeira, pode ser cortado ou parafusado com ferramentas comuns utilizadas em madeira, não solta farpas, não sofre

ataque de insetos e todas as sobras do produto podem ser recicladas. O processo inicia pela Trituração do material, em que o plástico é moído, transformando-se em fragmentos de um centímetro. Em seguida, é aglutinado, o material é movimentado e submetido ao calor, de modo a unir as partículas e formar uma massa plástica. No final, é feita a Extrusão dos perfis, processo em que a massa é derretida e se funde, tornando-se homogênea. Em seguida, é empurrada para dentro de uma matriz, de onde sai já no formato de tábuas.

Figura 3: Compósitos de polímero e fibras



(A) Madeira plástica Madeplast - (B) Madeira ecológica

Fonte: MADEPLAST® (2014) / Fonte: Ecowood (2014)

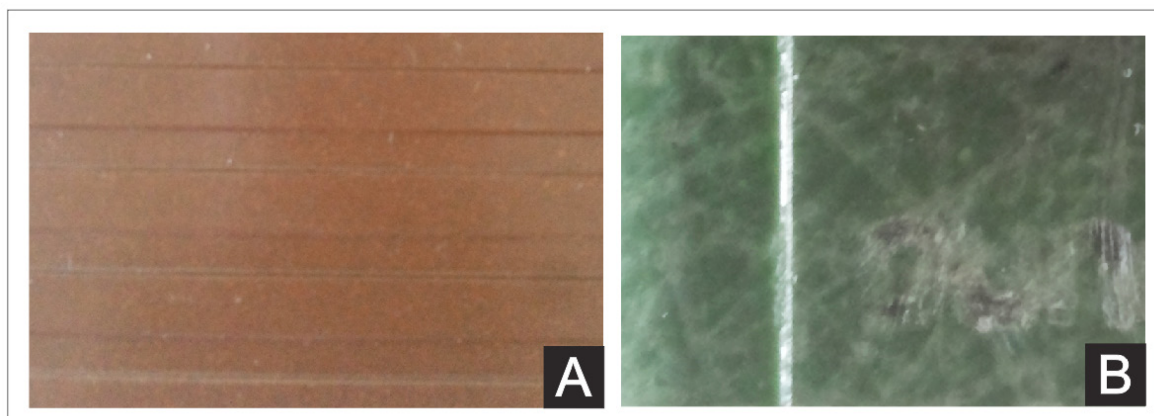
A empresa Ecowood® patenteou o processo de ‘intrusão’ para desenvolver a madeira ecológica (Figura 4) com a casca do arroz e pedaços de polipropileno (PP), provenientes de pratos e outros produtos pós-consumo. O material é moído, aglutinado, em seguida é adicionado à casca de arroz e ao corante, formando o composto. Esse composto é introduzido em moldes de 3 metros feitos em aço, que é prensado até o limite em uma temperatura de 200°C. A densidade do material é de aproximadamente 1,3 g/cm³ e não é tóxico. Nos modelos que imitam a cor da madeira natural é acrescentado 1% de corante. Já nas opções com cores (amarelo, azul, vermelho etc.), são acrescentados em média 6% de corante. Segundo o fabricante, o uso da casca de arroz no composto deve-se pela resistência que este proporciona ao produto, como a resistência ao fogo, que, por conter sílica, não permite que a chama de propague no material.

O WPC – *Wood plastic composite*, produzida pela empresa Ekoplus®, Figura 4, é composto por polipropileno, pó de madeira ou fibra de coco e aditivos. No processo de injeção, a temperatura deverá ser baixa, para prevenir a degradação dos componentes, ficando aproximadamente em 175°C. O produto é fornecido em sacos de plásticos de 20 kg, fechados com solda, e deve ser armazenado em local seco. Para uma alta processabilidade e resultados, é interessante utilizar entre 35% e 75% da máxima capacidade de dosagem da máquina. Dosagens muito reduzidas podem causar a degradação. Após a extrusão, o composto é injetado em perfis a uma temperatura de aproximadamente 185°C (EKOPLUS®, 2014). O estudo feito por Najafi (2013) apresentou uma revisão detalhada sobre algumas propriedades essenciais do lixo e plásticos reciclados, importantes para a produção

WPCs, e de pesquisas publicadas sobre o efeito de plásticos reciclados nas propriedades físicas e mecânicas de WPCs. O autor concluiu que a degradação de plásticos, devido a repetidos ciclos de processamento e exposição ambiental, complicam a reciclagem. O efeito do nível de degradação de materiais reciclados nas propriedades mecânicas e de desempenho de WPCs precisa ser identificado, para melhorar as propriedades físicas e mecânicas do produto final. É necessária mais investigação sobre WPCs produzidos a partir de misturas de plásticos reciclados (ou MPW).

Já na pesquisa realizada por Shiroma e Beraldo (2008), para o desenvolvimento de *pallets* em WPC, a partir de plásticos reciclados, primeiramente, secou-se esses componentes em um forno por 24 horas e em uma temperatura de 80°C. Em seguida, os componentes foram misturados e colocados diretamente no funil de alimentação da extrusora, sendo mesclados e homogeneizados, formando fios contínuos que foram resfriados em um tanque com água. Posteriormente, os fios contínuos, após resfriados, foram inseridos em um molde, pelo processo de injeção. Esse molde foi inserido em um forno por 24 horas a 80°C. Na sequência, o material foi resfriado e foram feitos testes de impacto, tração e flexão. Segundo o autor, o WPC – *Wood plastic composite*, possui baixo custo, é sustentável e substitui a madeira. Dependendo do polímero utilizado, apresenta alta durabilidade (+ de 50 anos), imunidade ao ataque de fungos, cupins e outros, tem resistência à umidade, não apresenta rachadura e não irá trincar por estar exposto ao sol e chuva. O WPC utilizado neste estudo contém em sua composição 70% palha de arroz, 26% de plástico PP reciclado e 4% de resina virgem.

Figura 4: Compósitos de polímero e fibras



(A) WPC - (B) Perfil do composto de fibra de vidro e resina

Fonte: Dos autores (2015) / Fonte: Pultrusão do Brasil (2014)

Segundo Santos, Gomes e Arakaki (2006), a pultrusão é o processo usado para produzir perfis estruturais com seção transversal constante. Pode ser comparado ao processo de extrusão de metais, em que materiais homogêneos aquecidos são empurrados através do molde de seção transversal constante. Este processo consiste na disposição de fibras de vidro contínuas (que serão o reforço do produto), impregnadas em uma matriz com resina, que são puxadas continuamente em um pré-molde e um molde que dará a geometria da seção. O reforço da fibra de vidro depende do tipo, orientação, quantidade e localização no interior da matriz. A resina une

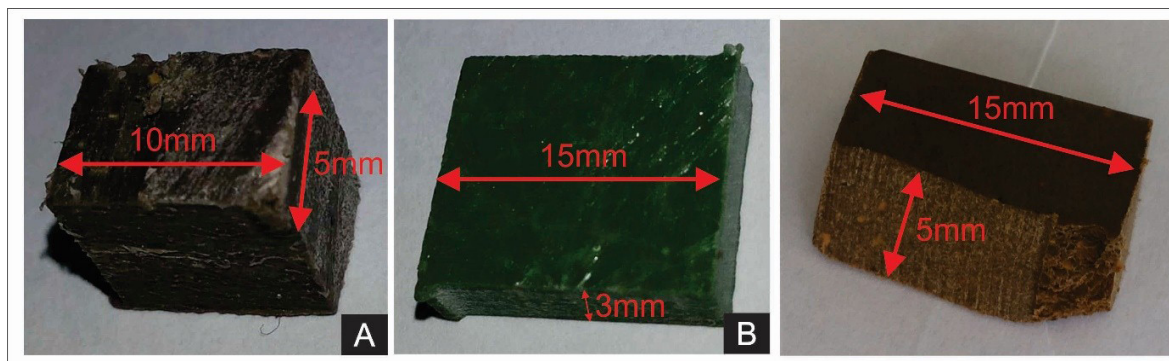
a fibra e é responsável pela resistência da peça à corrosão, à chama, ao impacto e à fadiga. Este perfil, Figura 5, segundo a empresa Pultrusão do Brasil (2014), que desenvolveu o Manual de Engenharia – Pultrusão do Brasil Tecnologia, o composto é proveniente de uma matriz polimérica reforçada com fibra de vidro denominado “plástico reforçado”, também conhecido genericamente como *fiberglass*, proveniente da pultrusão, que apresenta uma melhor relação custo/benefício, se comparado com o aço e alumínio. Além disso, é mais leve que estes materiais, é resistente à corrosão, não propaga a chama e é resistente ao impacto e à fadiga.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram feitos ensaios com as amostras dos três compostos, Figura 5, que visam substituir a madeira tradicional: Material 01: Compósito; Material 02: WPC - *Wood plastic composite*; e Material 03: Perfil de PRFV - Plástico Reforçado com Fibra de Vidro. As análises

foram realizadas no LDSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As amostras foram cortadas nas seguintes dimensões: (A) 10 x 10 x 5 mm (B) 15 x 15 x 3mm e (C) 15 x 15 x 5 mm, como pode ser visto na Figura 5.

Figura 5: Amostras dos materiais



Material 01: Madeira Ecológica (B) Material 02: WPC - *Wood plastic composite* (C) Material 03: Perfil de PRFV - Plástico Reforçado com Fibra de vidro

Fonte: Dos autores (2015)

Primeiramente foram realizados alguns testes de gravação a laser em cada material, com o objetivo de entender se é possível escrever na superfície deles por meio da máquina de corte e gravação a laser da marca Mira®, da Empresa Automatisa, com o apoio do *software Laser Draw*, conforme a Figura 6. Na sequência, foram capturadas as imagens da superfície de cada material pelo Estereoscópio Olympus SZX16®, com ampliação em 1.6x e 4x (Figura 8), que oferece uma variedade de zoom entre 0,7x e 11.5x, permitindo ao usuário observar detalhes

finos, mantendo um amplo campo de visão sem substituir lentes objetivas. A visualização das imagens foi realizada por meio do *software AnalySIS Starter*®. Em seguida, realizaram-se análises pelo MEV e EDS pelo microscópio Hitachi® TM 3000, conforme a Figura 6. A análise feita pelo MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura, que é capaz de produzir imagens de alta resolução da superfície de uma amostra com uma aparência tridimensional, analisou-se a estrutura superficial de cada amostra com ampliação em 200x e 500x.

Figura 6: MEV e EDS dos materiais



(A) Microscópio Hitachi® TM 3000 (B) Detalhe amostra no microscópio Hitachi® TM 3000 (C) Computador utilizado.

Fonte: Dos autores (2015)

A análise por Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV é considerada uma das mais importantes ferramentas de verificação superficial de amostras (CALLISTER 2006). “Este microscópio utiliza um feixe de elétrons no lugar de fótons utilizados em um microscópio óptico convencional, o que permite solucionar o problema de resolução relacionado com a fonte de luz branca.” (CEMM, 2007, p. 09). Foi utilizada aceleração do feixe de elétrons de 15 KV,

contudo o equipamento opera com aumentos de até 30.000 vezes. O EDS - *Energy Dispersive Spectrometry* (Espectrómetro de Dispersão de Energia) permite análises da composição química do material em diferentes regiões. Por fim, na primeira amostra, Material 01: Madeira Ecológica da Empresa Ecowood, ainda foram feitos testes de usinagem com o projeto de um banco para um balanço na Modeladora/Fresadora modelo Mdx 40 A®, figura 7.

Figura 7: Maquinário utilizado no LDSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais



(A) Estereoscópio Olympus SZX16® - (B) Modeladora/Fresadora modelo Mdx 40 A® - (C) Máquina de corte e gravação à laser da marca Mira®. -

Fonte: Dos autores (2015) / Fonte: ROLANDO (2014) / Fonte: AUTOMATISA SISTEMAS (2014)

4 RESULTADOS

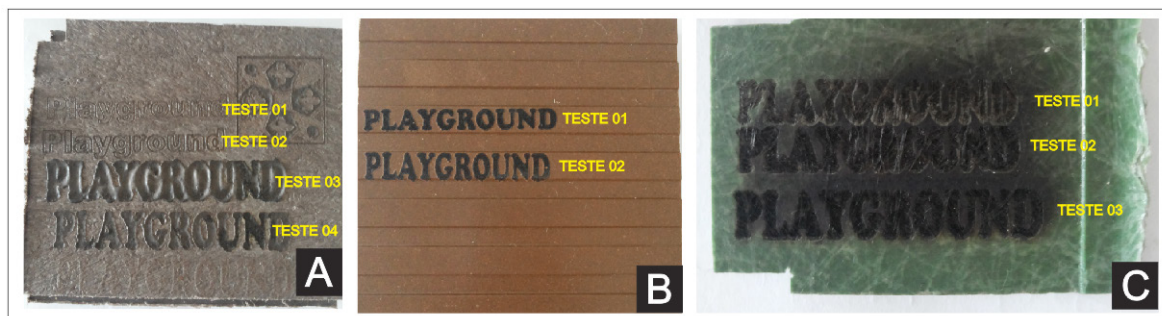
No *software* CorelDRAW X7®, escreveu-se a palavra “PLAYGROUND” com preenchimento e sem preenchimento. Em seguida, o arquivo foi salvo na extensão JPG. No *software* Automatisa Laser Draw®, abriu-se o arquivo e se configurou a máquina para corte e gravação a laser da marca Mira®, de acordo com a altura das peças, posicionou-se a dimensão do arquivo na peça e, para cada amostra, testou-se 3 diferentes velocidades limitante, potência e velocidade desejada.

A primeira amostra, Material 01, foi testada primeiramente, com potência de 100 watts, velocidade limitante de 100 e velocidade desejada de 40, com a palavra *playground* sem preenchimento (teste 01). Com essa configuração, a gravação ficou de difícil leitura, quase imperceptível. Em seguida, alterou-se a velocidade limitante para 79, ficando mais fácil a leitura e melhorou o acabamento (teste 02). Contudo, visando melhorar ainda mais a legibilidade, alterou-se a potência para 30 watts e velocidade

limitante de 80, com a palavra *'playground'* com preenchimento (teste 03). Porém, devido à fusão do material, ocorreu um derretimento nas bordas da gravação, sendo necessário testar

mais uma vez com a potência de 80 watts e velocidade limitante em 60 (teste 04), sendo estes os melhores parâmetros para este material, como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8: Testes com laser nos 3 (três) materiais



Material 01: madeira ecológica (B) Material 02: WPC (C) Material 03: PRFV

Fonte: Dos autores (2015)

A segunda amostra, Material 02, foi testada somente com a palavra *'playground'* com preenchimento, uma vez que, devido à falta de legibilidade na primeira amostra, já se descartou a gravação a laser sem preenchimento, utilizando, primeiramente, a potência de 80 watts, velocidade limitante de 74 e velocidade desejada de 60 (teste 01). Em seguida, manteve-se potência e velocidade desejada e alterou-se a velocidade limitante para 69 e a palavra *'playground'* foi ligeiramente esticada verticalmente, visando melhorar ainda mais a sua legibilidade (teste 02). Contudo, para este material, os melhores parâmetros são do teste 01: 80 de potência – velocidade limitante de 74 e velocidade desejada de 60. Já a terceira amostra, Material 03, foi testada primeiramente com potência de 80 watts, velocidade limitante 31 e velocidade desejada de 74 (teste 01). O acabamento ficou bem ruim e o material queimou durante toda

a gravação a laser. Em seguida, manteve-se a potência, reduzindo a velocidade limitante para 31 e a velocidade desejada para 30 (teste 02). O material novamente queimou. Por fim, aumentou-se a potência para 60 watts (100%), a velocidade limitante para 500 e a velocidade desejada para 100, originando um resultado melhor (teste 03), mas ainda com acabamento razoável, pois não ocorreu a fusão no material.

Por meio do Estereoscópio Olympus SZX16® e da visualização das imagens pelo *software* AnalySIS Starter® com ampliação em 1.6x, pode-se ver a fusão da letra 'P' gravada a laser no Material 01, Figura 9 (A), e 4x, Figura 9 (B). Nestas imagens, é possível ver toda a estrutura e junções do material que compõem a peça, sendo o PP – polipropileno e fibras de casca de arroz.

Figura 9: Amostras do Material 01

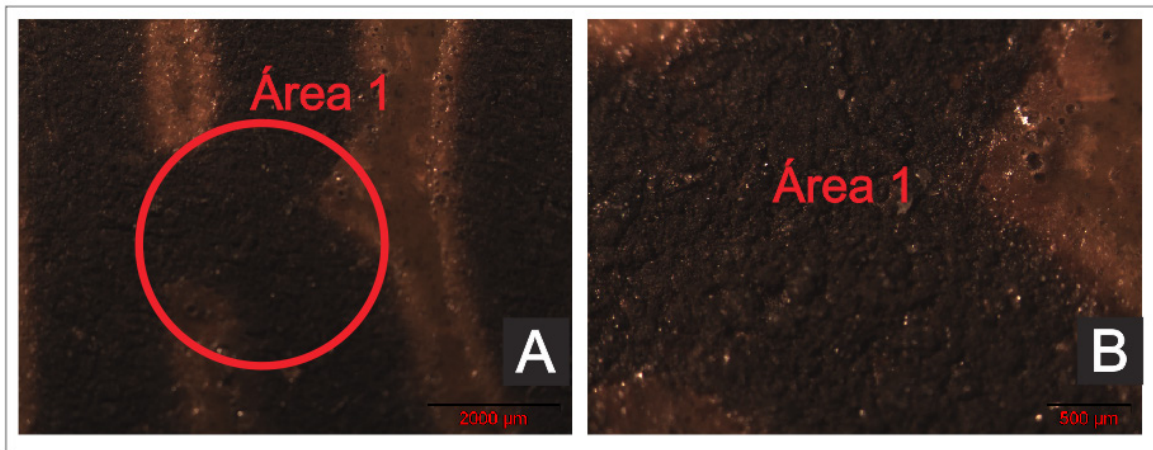


(A) Ampliação em 1.6x (B) Ampliação em 4x (área 1) (C) Ampliação 4x (área 2) – ampliação das imagens visualizadas pelo software AnalySIS Starter®

Fonte: Dos autores (2015)

Também foram realizadas imagens do Material 02, Figura 10. Nessas imagens, não é possível identificar as fibras da palha de arroz e a resina, todo o composto tornou-se homogêneo após o processo para formação do WPC.

Figura 10: Amostras do Material 02

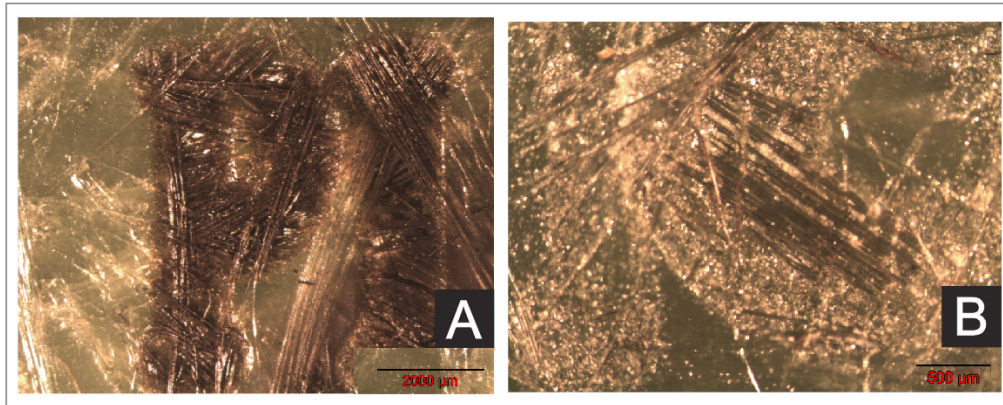


(A) Ampliação de 1.6x no software (B) Ampliação de 4x – ampliação das imagens visualizadas pelo software AnalySIS Starter®

Fonte: Dos autores (2015)

Já na Figura 11, devido ao aspecto cintilante, são visíveis as fibras de vidro que compõem a estrutura do material aglutinada à resina.

Figura 11: Amostras do Material 03



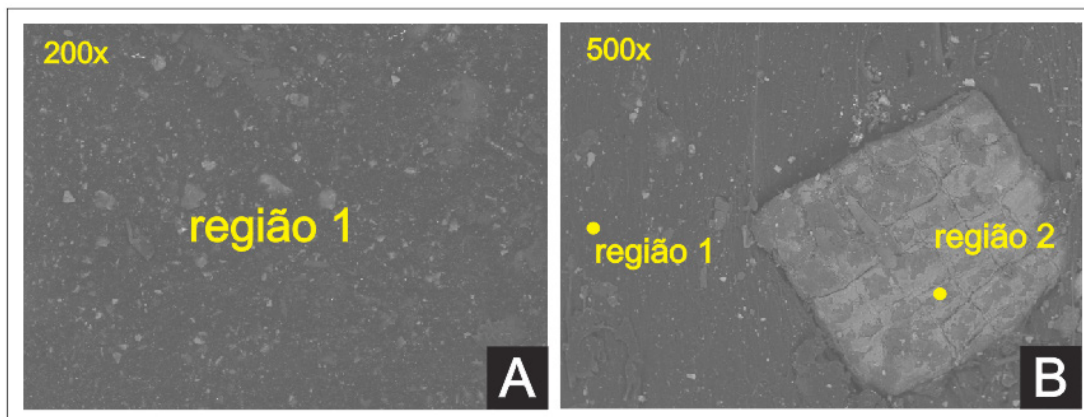
(A) Ampliação de 1.6x no software (B) Ampliação de 4x – ampliação das imagens visualizadas pelo software AnalySIS Starter®

Fonte: Dos autores (2015)

Nas imagens geradas pelo MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) e pelo EDS – (Energy Dispersive Spectrometry), observou-se a estrutura superficial de cada amostra com ampliação em 200x e 500x, bem como a composição química de cada amostra em 2 regiões, averiguando se os componentes para formar o compósito

eram os informados pelos fabricantes. Na Figura 12, é possível ver uma parte grande da casca de arroz do Material 01, na ampliação em 500x. Já na região 1 (B), notam-se algumas partículas da casca de arroz, com dimensões semelhantes, formando a superfície da amostra.

Figura 12: Imagem eletrônica de varredura do tipo BSE (*backscattered electron*) obtida pelo MEV Material 01



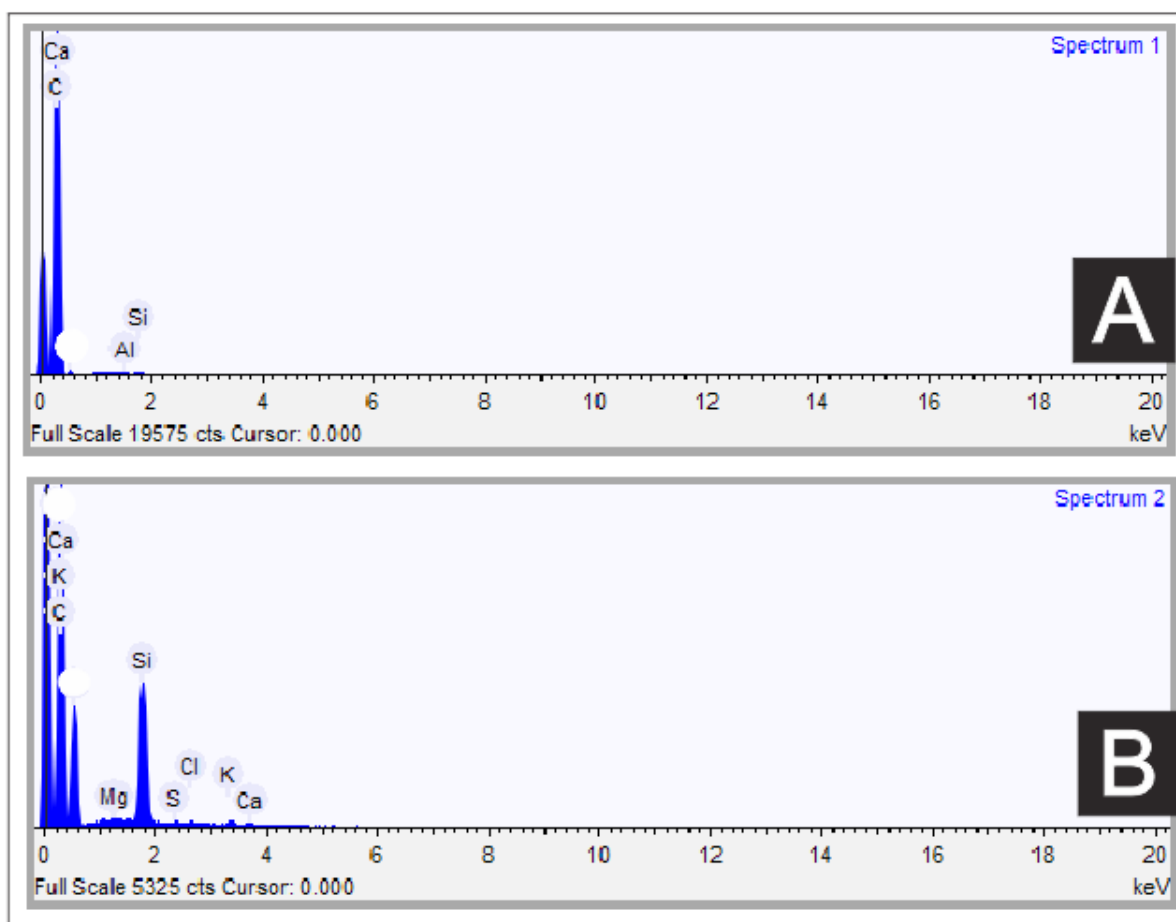
(A) MEV e EDS de 2 regiões (B) MEV e EDS da região 1

Fonte: Dos autores (2015)

Na amostra do Material 01, foram analisadas duas regiões para verificar a composição química dos materiais existentes na amostra, como pode ser visto na Figura 12, (A) e (B). Na região 1, verificam-se altos picos dos elementos químicos Cálcio (Ca), um metal alcalino, Carbono (C), não metal. Na região 2, verificam-se altos picos dos elementos químicos Cálcio (Ca), Carbono

(C), Potássio (K) e Silício (Si), como pode ser visto na Figura 13. A presença de silício confirma a utilização da casca de arroz na amostra, pois a sílica é um elemento químico presente neste resíduo, bem como o Cálcio (Ca). Assim como a presença de Carbono (C), confirma-se o uso de polímeros nesse produto.

Figura 13: EDS: Material 01



(A) Região 1 – spetrum 1 (B) região 2 – spectrum 2

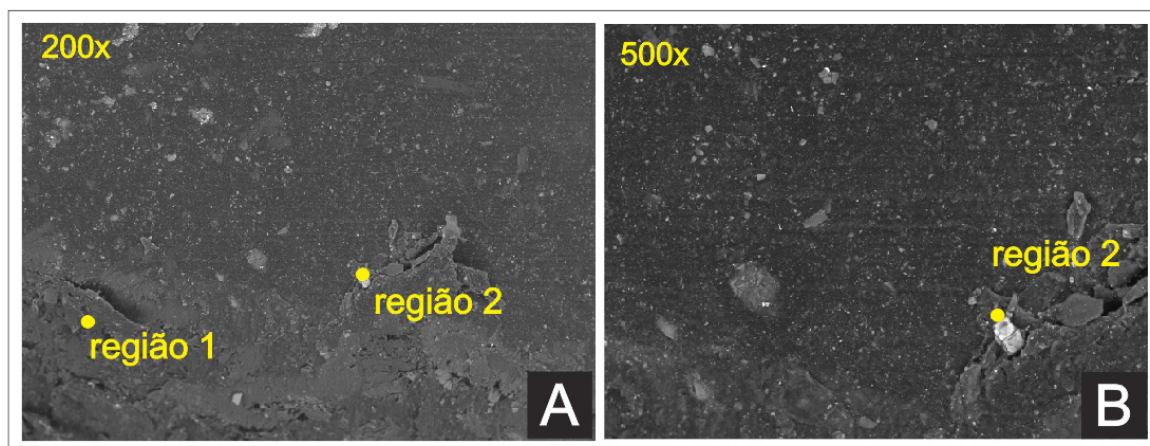
Fonte: Dos autores (2015)

Na amostra do Material 02, foram analisadas duas regiões para verificar a composição química dos materiais existentes na amostra, como pode ser visto na Figura 15. Na região 1, há altos picos dos elementos químicos Cálcio (Ca), um metal alcalino, Carbono (C), não

metal, Potássio (K), metal alcalino, um pouco de Ferro (Fe) e Silício (Si), como pode ser visto na Figura 17. Na região 2, verificam-se altos picos dos elementos químicos Carbono (C), Silício (Si), Cálcio (Ca), Oxigênio (O) e Ferro (Fe), como pode ser visto na Figura 16.

A presença de Carbono (C) confirma o uso de polímeros nessa amostra, assim como o Silício (Si) confirma o uso da palha de arroz e o Cálcio (Ca).

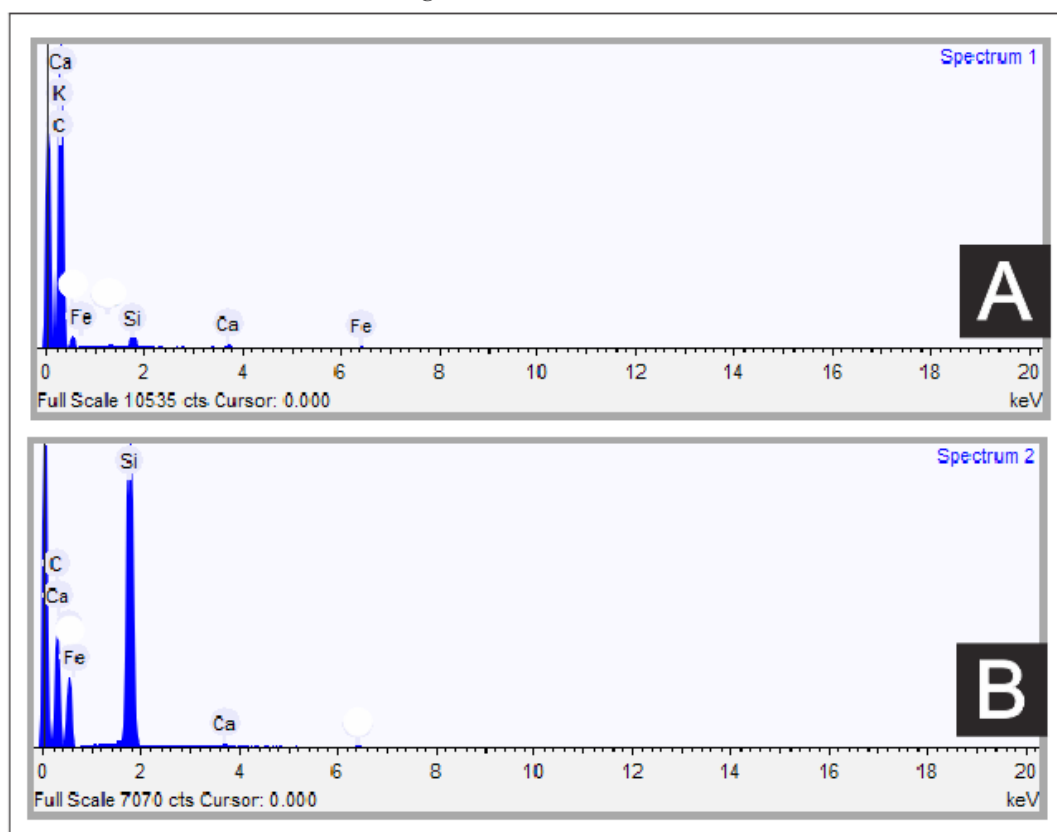
Figura 14: Imagem eletrônica de varredura do tipo BSE (*backscattered electron*) obtida pelo MEV Material 02



M(A) MEV e EDS de 2 regiões (B) MEV e EDS da região 1

Fonte: Dos autores (2015)

Figura 15: EDS: Material 02

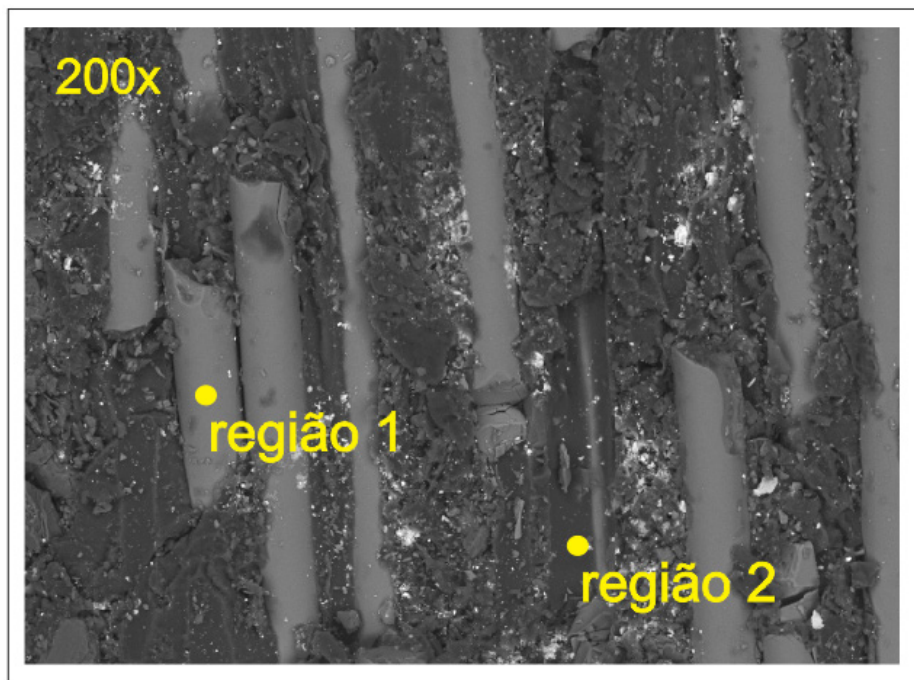


(A) Região 1 – spetrum 1 (B) região 2 – spectrum 2

Fonte: Dos autores (2015)

Na Figura 17, material 03, é possível ver as fibras de vidro em sentido longitudinal (comprimento) unidas pela resina, formando, assim, os perfis que garantem a resistência do produto.

Figura 16: Imagem eletrônica de varredura do tipo BSE (*backscattered electron*) obtida pelo MEV Material 03



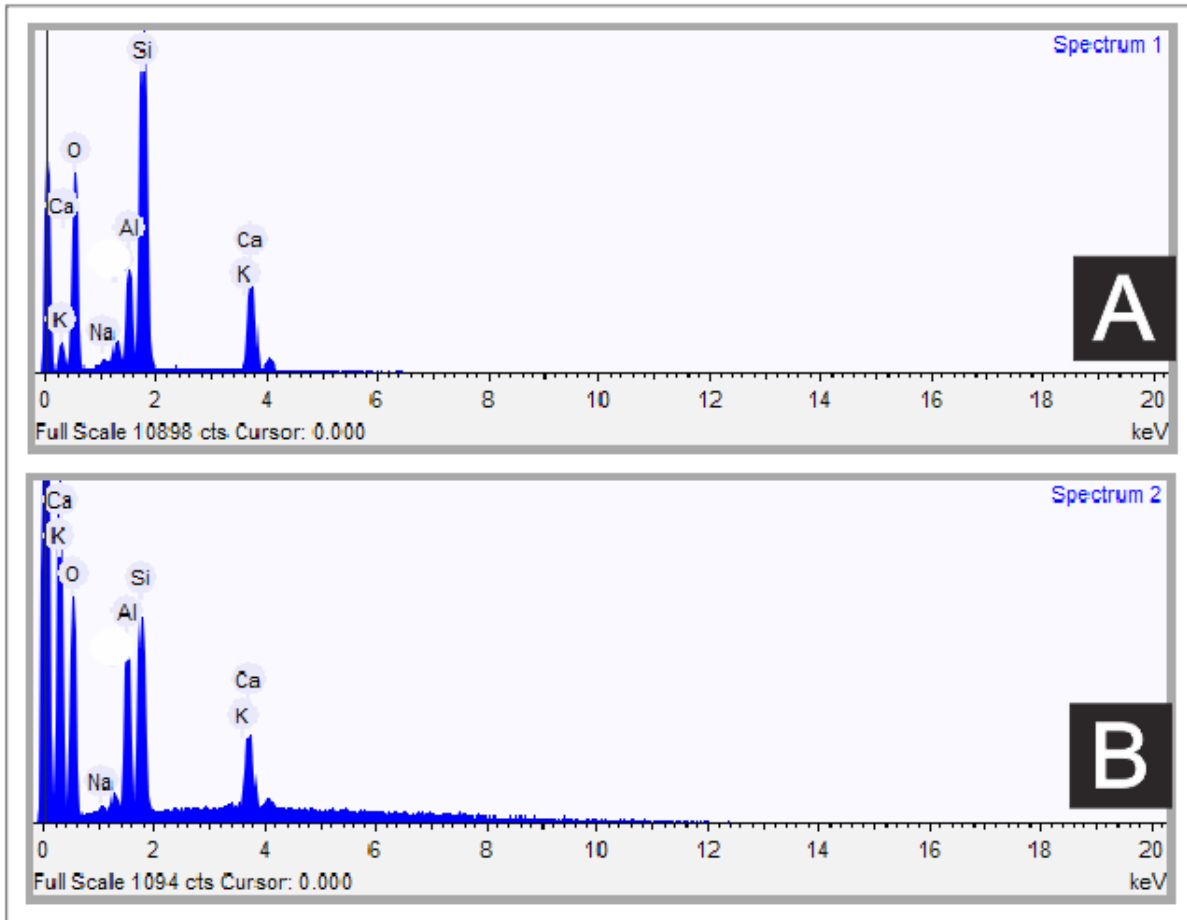
(A) MEV e EDS região 1 e 2

Fonte: Dos autores (2015)

Na amostra do Material 03, foram analisadas duas regiões para verificar a composição química dos materiais existentes na amostra, como pode ser visto na Figura 18. Na região 1, verificam-se altos picos dos elementos químicos Silício (Si), Alumínio (Al), Cálcio (Ca), Potássio (K) e Sódio (Na). No espectro 2, verificam-se altos

picos dos elementos químicos Cálcio (Ca), Potássio (K), Silício (Si), Alumínio (Al) e Sódio (Na). A presença de Potássio, Cálcio e Alumínio confirmam a existência de fibra de vidro na amostra.

Figura 17: EDS: Material 03



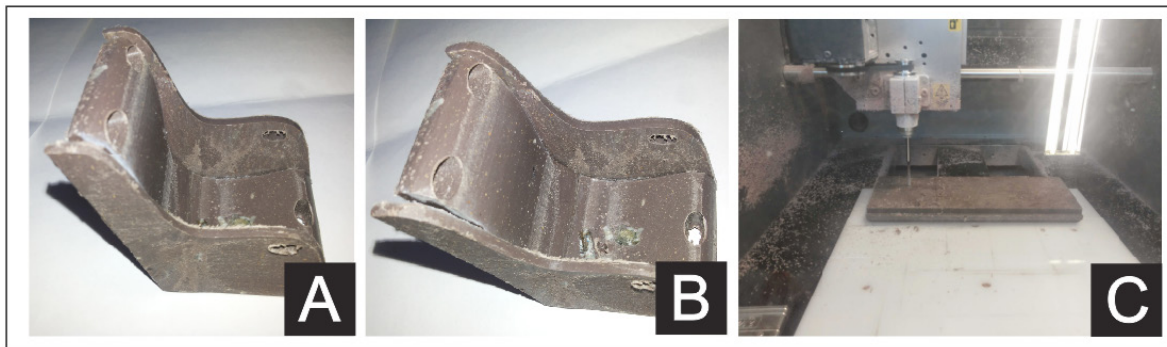
(A) Região 1 – spetrum 1 (B) região 2 – spectrum 2

Fonte: Dos autores (2015)

Modelou-se um banco para um balanço no *software Rhinoceros*[®]. Este projeto, utilizando o material 01, em seguida foi usinado na Modeladora/Fresadora modelo Mdx 40 A[®], Figura 19, nas dimensões de 45 x 70 x 50mm (LxHxP). A Usinagem é um processo mecânico de remoção de material (cavaco) por

determinada ferramenta (por ex. Fresas), que visa alterar a forma de uma peça. No processo de usinagem por fresamento, foi retirado o excesso de material da superfície da peça, alterando as suas formas e dimensões, como por ser visto na Figura 19.

Figura 18: Processo de usinagem do banco para balanço



(A) Banco usinado (B) Banco usinado (C) Processo de usinagem

Fonte: dos autores (2015)

Durante o processo de usinagem, que durou 3h e 45min, observou-se a peça em formação, sendo possível sentir um cheiro específico de madeira queimada. Após a usinagem, o material estava com aspecto frágil, com as fibras de arroz aparentes (grandes pedaços) e com

as extremidades amolecidas. Cerca de 1 hora após o processo, colou-se as 3 (três) partes usinadas. Contudo, devido à fragilidade obtida pelo material durante a usinagem, as laterais do banco ficaram levemente inclinadas.

5 CONCLUSÕES

Cresce o número de pesquisas propondo a substituição da madeira tradicional por um compósito formado pela junção de fibras provenientes da casca de coco, casca de arroz ou outra substância, aglutinada com uma resina plástica. Este material pode ser denominado como ‘conjugado’, tendo geralmente uma fase polimérica denominada matriz polimérica e outra fase de reforço, normalmente na forma de fibras.

AS VANTAGENS EM RELAÇÃO À MADEIRA SÃO INÚMERAS, ENTRE ELAS: ALTA RESISTÊNCIA MECÂNICA, NÃO RACHA, NÃO EMPE-NA, EXIGE POUCA OU NENHUMA MANUTENÇÃO E DURABILIDADE.

Para formar este compósito, é necessário haver uma interação química e/ou física entre a matriz polimérica e o reforço, proporcionando a transferência de esforços mecânicos entre da matriz polimérica para o reforço.

Neste estudo, foram analisados 3 (três) tipos de materiais compósitos, a fim de entender a sua composição e identificar as propriedades que os tornam superior à madeira natural utilizada em *playgrounds*: O Material 01: Madeira Ecológica; Material 02: WPC - *Wood plastic composite* e Material 03: Perfil de PRFV - Plástico Reforçado com Fibra de Vidro. Quanto à composição química, pode-se concluir que os 3 (três) materiais são fidedignos em suas composições, pois contêm em sua estrutura as resinas e fibras informadas pelos fabricantes, identificadas pela Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV e pelo *Energy Dispersive Spectrometry* – EDS. Já ao utilizar a máquina de corte e gravação à laser da marca Mira, da Empresa Automatiza, e o *software* Automatiza *LaserDraw*[®], pode-se constatar que nem todos os materiais reagem bem ao laser. Os materiais 01 e 02 obtiveram ótimos resultados, com ótima legibilidade da palavra '*playground*' gravada a laser. Já o material 03, com fibra de vidro, propagou a chama durante o corte a laser e a palavra '*playground*' ficou ilegível. Assim, constatou-se que os materiais 01 e 02 são mais adequados para este procedimento, seja de informações no *playground*, placas, letreiros, entre outros. Entretanto, o material 03, composto por fibra de vidro, muito utilizado na construção civil, mesmo

tendo alta resistência à tração, flexão e impacto, não obteve um bom acabamento na gravação a laser. Ao usinar o material 01, observou-se que esse processo não é o adequado para este biocompósito, sendo necessário mais estudo e análises para se concluir qual o melhor processo para fabricação dos equipamentos utilizando madeiras ecológicas e/ou plásticas.

Por fim, visando atender o objetivo deste estudo, que foi o de analisar 3 (três) materiais biocompósitos, pode-se considerar que os 3 (três) materiais, o material 01: Madeira Ecológica; material 02: WPC - *Wood plastic composite* e material 03: Perfil de PRFV - Plástico Reforçado com Fibra de Vidro, já utilizados na construção civil e produtos diversos, são adequados para uso em *playgrounds*, substituindo a madeira natural atualmente utilizada. É possível, inclusive, a sua utilização nos equipamentos com perfis diversos e no piso, sendo nesse último necessário testes de amortecimento e resistência, devido ao desgaste ao uso e exposição às intempéries. Entretanto, quanto à usinagem realizada, somente com uma das matérias-primas, com o material 01: Madeira Ecológica, esse estudo necessita de mais ensaios para verificar a viabilidade desse processo para desenvolver equipamentos para os *playgrounds*, tais como: escorregador, balanço e trezinho.



PLASTIC WOOD USE FOR PLAYGROUNDS MANUFACTURING: AN INNOVATION PROPOSAL TO REPLACE NATURAL WOOD

ABSTRACT

The aim of this study, which is part of a research in progress, is to analyze composite materials in order to suggest the replacement of natural wood in playgrounds for that raw material. Those composites, known as green materials, combine natural fibers with biodegradable polymers, which are sustainable, that is, easily composted at the end of its useful life without harming the environment. From a laboratory investigation, focusing on three (3) composite materials, which were used equipment for surface analysis and chemical composition of the product. The results showed that the three (3) materials can replace the natural wood, because of its strength and durability, however, it's necessary to have more tests to check the feasibility on the part machining process for playground equipment.

KEYWORDS: *Playground.
Natural wood. Ecological wood.*

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16071-1:** Playgrounds. Parte 1: Terminologia, que define os termos utilizados para playgrounds. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 16071-2:** Playgrounds. Parte 2: Requisitos de segurança, que especifica os requisitos de segurança para os equipamentos de playground destinados a reduzir os riscos que os usuários não sejam capazes de prever ou que possam ser razoavelmente antecipados. Rio de Janeiro, 2012.

CALLISTER JR., W. D. **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais:** uma abordagem integrada. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

CEMM. Laboratório Central de Microscopia e Microanálise. IDEIA - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2007.

DIÁRIO GAÚCHO. Reportagem: Pracinhas oferecem perigo às crianças de 07/10/2014. Disponível em: <http://diariogaucho.clicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2014/10/pracinhas-oferecem-perigo-as-criancas-4615490.html>. Acesso em: 10/10/2014. ECOWOOD. **Madeira ecológica Ecowood.** Disponível em: <http://www.ecowood.ind.br/monta.asp?link=ecowood&clang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2014.

EKOPLUS. **A união perfeita do plástico com a madeira.** 2014. Disponível em: <http://www.ekoplus.com.br/deck-wpc/>. Acesso em: 07 dez. 2014.

INMETRO. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia- Inmetro. **Análise de Impacto Regulatório para Equipamentos de Playground.** Portaria n.º 338, de 18 de julho de 2014.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Inmetro abre consulta sobre segurança nos playgrounds.** 2014. Disponível em: <http://maternar.blogfolha.uol.com.br/2014/08/26/inmetro-abre-consulta-sobre-seguranca-nos-playgrounds/>. Acesso em: 10 nov. 2014.

GLOBO. Reportagem: **Inmetro faz pesquisa para detectar os maiores riscos dos parquinhos.** 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/fantastico/noticia/2014/09/inmetro-faz-pesquisa-para-detectar-os-maiores-riscos-dos-parquinhos.html>. Acesso em: 20 set. 2014.

SOBRE OS AUTORES

LEMOS, A. L.; MARTINS, R. M. **Desenvolvimento e Caracterização de Compósitos Poliméricos à base de Poli (Ácido Láctico) e Fibras Naturais.** UNIVERSIDADE FEEVALE, Polímeros, vol. 24, n. 2, p. 190 – 197, 2014.

MADEPLAST. **A inovação da madeira.** Disponível em: <<http://www.madeplast.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

NAJAFI, Saeed K. **Use of recycled plastics in wood plastic composites – A review.** Department of Wood and Paper Science and Technology, Natural Resources Faculty, Tarbiat Madares University, Iran.

PULTRUSÃO DO BRASIL. **Material Pultrudado.** 2014. Disponível em: <<http://www.pultrusao.com.br/#>>. Acesso em 07 dez. 2014.

SANTOS, Guilherme M.; GOMES, Carlos A.; ARAKAKI, Francisco K. **Análise da propriedade mecânica de tração em perfis estruturais pultrudados em fibra de vidro e resina termofixa.** Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. REVISTA UNIVAP, São José dos Campos, SP, v. 13 n° 24, outubro de 2006. ISSN 1517-3275.

SHIROMA, Leandro; BERALDO, Antônio, L. **Wood – plastic composite.** 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology November 10-12, 2008, Concepción, CHILE.

Data de recebimento: 31/01/2015

Data de aprovação: 30/07/2015



Marcelle Suzete Müller

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Design e Tecnologia (PGDesign - UFRGS) na linha de

pesquisa Projeto de Artefatos. Coordenadora da Graduação Tecnológica em Design de Produto e Design Gráfico e Professora Adjunta da Faculdade de Tecnologia TecBrasil (FTEC). Atuou como professora temporária do Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) da Faculdade de Arquitetura (UFRGS). Possui Mestrado em Design pelo Programa de Pós-Graduação em Design e Tecnologia (UFRGS) e Graduação em Design com Habilitação em Produto e Ênfase em Ergonomia, pela Universidade Feevale. Participou de 2004 a 2007 como bolsista de Iniciação Científica no Projeto de Pesquisa “Desenvolvimento de estudos de Design Inclusivo de Equipamentos, Brinquedos e Vestuário”. Tem experiência nas áreas de Design de Produto, Design para Acessibilidade, Desenho Técnico e à Mão Livre, realizando pesquisas que abordam os seguintes temas: Ergonomia, Inclusão, Acessibilidade e Tecnologia Assistiva.



Fábio Gonçalves Teixeira

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do

Sul (UFRGS) desde abril de 2011, sendo professor do quadro permanente desde a fundação do Programa, em 2007. Professor Associado do

Departamento de Design e Expressão Gráfica da UFRGS. Foi Chefe do Departamento de Design e Expressão Gráfica da UFRGS nos períodos 2007-2009 e 2011-2013 e é Chefe Substituto desde Set/2013. Foi Coordenador dos cursos de Graduação em Design de Produto e de Design Visual da UFRGS (de Set/2010 a Set/2011), onde também ministra as disciplinas de Projeto de Produto IV (Design da Mobilidade) e Geometria Descritiva. Possui Pós-Doutorado na Universidade do Porto em Portugal na área de projeto de juntas adesivas e sua aplicação no desenvolvimento de produtos com bolsa CAPES da área de Design (2009-2010). Possui Doutorado em Engenharia Mecânica na área de modelagem geométrica paramétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003), Mestrado em Engenharia Civil com ênfase na simulação computacional de estruturas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1991) e Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1988). Fez parte da equipe de criação dos cursos de graduação em Design (2005), de mestrado em design (2006 e 2007) e de doutorado em Design (2011 e 2012). Trabalha com projetos de pesquisa relacionados à metodologia de projeto e processos criativos, ao design virtual de produtos, ao projeto de produtos e à representação e modelagem, incluindo computação gráfica, modelagem geométrica paramétrica, simulação numérica de estruturas, realidade virtual e visualização científica. Também atua em pesquisa na área da Tecnologia Assistiva, orientando trabalhos de mestrado na área. Atua em projetos de pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias educacionais abrangendo os seguintes temas: learning design, ambientes virtuais de aprendizagem, objetos de aprendizagem, geometria descritiva e hipermídia.



Lauren da Cunha Duarte

Geóloga, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), com mestrado (2003) e doutorado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008). É Especialista em Gemologia pela Universidade Federal de Ouro Preto (2004) e possui pós-doutorado em Beneficiamento de Materiais Naturais, junto à Engenharia de Materiais (PPG3M)/UFRGS (2008-2009). Atualmente é professora adjunta da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo Departamento de Engenharia de Materiais. É Docente Colaboradora junto ao Programa de Pós-graduação em Geociências/UFRGS onde pesquisa na área de Geologia de Gemas, atuando principalmente nos seguintes temas: gênese de depósitos, gemologia, cristaloquímica e hidrotermalismo. Atualmente também pesquisa sobre modificações de cor de materiais gemológicos por tratamentos por Irradiação Gama. É Docente Permanente junto ao programa de Pós-graduação em Design e Tecnologia/UFRGS atuando na área de pesquisa de Materiais Naturais, nas seguintes temáticas: beneficiamento e melhoramento de materiais naturais, caracterização de materiais, processos de fabricação para design de gemas, joalheria, aplicação de gravação e corte a laser em materiais naturais, aplicação de microcápsulas em materiais naturais e métodos de tratamento de modificação de características estéticas de gemas.

