



PRODUTOS ECOEFICIENTES NA ARQUITETURA: A PRODUÇÃO DE PAINÉIS FEITOS A PARTIR DO COMPÓSITO DE PLÁSTICO E CASCA DE ARROZ

Fernanda Aparecida Alonge¹

Paula Valéria Coiado Chamma²

Ricardo Ramos da Rocha³

RESUMO

No setor da construção civil o plástico apresenta diferentes possibilidades de uso e vem se intensificando como material para a construção civil, afinal é um material que pode ser produzido em série oferecendo ainda resultados uniformes. Além da alta resistência à biodegradação o plástico apresenta características bem definidas e desejadas em uma construção: resistência à corrosão, baixa densidade, isolamento elétrico, baixa resistência à tração, baixo módulo de elasticidade, baixa condutibilidade térmica. Os compósitos feitos a partir de material plástico e resíduos podem ser úteis para o mercado da construção e decoração, tornando-se uma proposta possível de redução de custos no produto final. O presente trabalho buscou produzir um material, na forma de painel, inovador ecologicamente e que pudesse ser utilizado na construção civil, e em especial na arquitetura de interiores. Dessa análise, foram estabelecidos parâmetros para gerar um novo produto com potencialidade para ser empregado como material de acabamento a partir do uso de do plástico e de um resíduo orgânico agrícola, no caso a casca de arroz, que atuaria como material lignocelulósico. Realizaram-se ensaios físicos e mecânicos para avaliar as possibilidades de obtenção de um produto ecoeficiente a partir de materiais agrícolas que são descartados.

PALAVRAS-CHAVE: Painel. Arquitetura. Resíduo Orgânico. Ecoeficientes. Casca de Arroz.

¹Estudante do curso de Arq. e Urbanismo, Universidade do Sagrado Coração,
fer.alonge@gmail.com

²Bolsista CAPES de Pós Doutorado do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação-FAAC, Unesp-Campus Bauru,
arq.paula.chamma@gmail.com

³Prof. Ms. do Centro de Exatas e Sociais Aplicadas do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Sagrado Coração-USC-Bauru, rocharr2003@ig.com.br



ECOEFFICIENT PRODUCTS IN ARCHITECTURE: THE PRODUCTION OF PANELS MADE FROM COMPOSITE PLASTIC AND BARK OF RICE.

ABSTRACT

In the construction sector the plastic has different possibilities of use and has intensified as material for construction, after all it is a material that can be produced in series still offering consistent results. Besides high resistance to biodegradation plastic features well defined and desired in a construction features: corrosion resistance, low density, electrical insulation, low tensile strength, low modulus, low thermal conductivity. The composites made from plastics material and waste can be useful in the construction and decoration market, making it possible to reduce costs proposed in the final product. This study aimed to produce a material in the form of panel, innovative and environmentally that could be used in construction, especially in interior architecture. This analysis parameters to generate a new product with the potential to be used as a finish material from the plastic and use of an organic agricultural waste, in the case rice husk, which acts as a lignocellulosic material have been established. There were physical and mechanical tests to evaluate the possibilities of obtaining an eco-efficient products from agricultural materials that are discarded.

KEY-WORDS: *Panel. Architecture. Organic. Ecoeficientes residue. Rice Husk.*

PRODUCTOS ECOEFICIENTES DE ARQUITECTURA: LA PRODUCCIÓN DE PANELES HECHOS DE PLASTICO COMPUESTO Y CORTEZA DE ARROZ.

RESUMEN

En el sector de la construcción el plástico tiene diferentes posibilidades de uso y ha intensificado como material para construcción, después de todo, es un material que puede ser producido en serie que todavía ofrece resultados consistentes. Además de la alta resistencia a la biodegradación de plástico características bien definidas y deseado en características de construcción: resistencia a la corrosión, de baja densidad, aislamiento eléctrico, resistencia a la tracción baja, de bajo módulo, baja conductividad térmica. Los materiales compuestos hechos de material plástico y los residuos pueden ser útiles en el mercado de la construcción y la decoración, por lo que es posible reducir los costos propuestos en el producto final. Este estudio tuvo como objetivo producir un material en forma de paneles, innovadora y ambientalmente que podría ser utilizado en la construcción, sobre todo en la arquitectura de interiores. Estos parámetros de análisis para generar un nuevo producto con el potencial para ser utilizado como un material de acabado del plástico y el uso de un residuo agrícola orgánica, en el caso de cáscara de arroz, que actúa como han establecido un material lignocelulósico. Había pruebas físicas y mecánicas para evaluar las posibilidades de obtener un eco-eficiente de productos a partir de materiales agrícolas que se descartan.

PALABRAS-CLAVE: *Panel. Arquitectura. Residuos Orgánicos. Ecoeficientes. La cáscara de arroz.*



INTRODUÇÃO

Nos meios de produção, busca-se a maior eficiência de produtos a partir do menor gasto possível de fabricação. Segundo Assis e Colombini (2002), a questão ambiental somada à gestão empresarial é vista hoje como necessidade para a sobrevivência dentro de um mercado competitivo, onde o mercado consumidor está à procura de melhores preços aliados à eficácia semelhante dos produtos tradicionais e às alternativas que apresentem um apelo ecológico e social aliados à um bem de consumo.

A busca pela sustentabilidade criou no mundo uma corrida para o desenvolvimento de mercadorias que tragam um incentivo de consumo à sociedade. O termo “sustentabilidade” representa explorar áreas ou fazer o uso de recursos existentes no planeta, sejam eles naturais ou não, de forma a prejudicar da menor maneira possível o equilíbrio entre o meio ambiente, as comunidades humanas e toda a biosfera que dele dependem para existir.

Segundo LOSCHIAVO (2014), o termo “ECOEICIENTE” foi criado pelo Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável (World Business Council for Sustainable Development), em 1992, no livro *Changing Course*. Este conceito reúne materiais e ações que atendam às necessidades humanas, que ofereça qualidade de vida, que faça o uso de recursos naturais de maneira reduzida poupando assim o desgaste do planeta e que ainda ofereça um preço de mercado competitivo, atraindo consumidor.

A tecnologia trouxe a facilidade de desenvolvimento de materiais que buscam preservar os recursos naturais e ao mesmo tempo trazer mais agilidade e qualidade para as construções. Em química e tecnologia, os plásticos são materiais orgânicos poliméricos sintéticos, de constituição macrocelular, dotada de grande maleabilidade, além de possuir a facilidade de ser transformado se trabalhado utilizando as ferramentas do calor e da pressão, e que serve de matéria prima para a fabricação dos mais variados objetos. (MACHADO, 2010).

As matérias primas básicas para a produção de plásticos podem ser de origem vegetal, mineral ou até mesmo animal, como nitrogênio, petróleo, calcário, cloreto de



sódio, areia, carvão, material vegetal, leite, entre outros. Os plásticos destacam-se pela resistência à corrosão, plasticidade, baixa densidade, isolante térmico, pequeno peso específico, possibilidade de coloração como parte integrante do material, facilidade de adaptação à produção em massa, além do relativo baixo custo, que atrai os olhares do mercado produtivo. (LIMA; ROCHA E KONAGANO, 2012).

A reciclagem é a revalorização dos descartes domésticos e industriais através de várias operações que permitem que os materiais sejam reaproveitados como matéria prima para outros produtos, aliando consciência ecológica ao desenvolvimento econômico e tecnológico. Reciclar segue as etapas de coleta e separação por tipos de materiais, revalorização que prepara os materiais separados para serem transformados em novos produtos e a transformação ou processamento dos materiais para gerar novos produtos a partir de materiais revalorizados. (FILHO 2000, p. 17).

Os resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004).

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004) os resíduos são classificados em perigosos (Classe I), não-inertes (Classe II) e inertes (Classe III). Os resíduos da classe I apresentam periculosidade ou têm características comprovadas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogeneidade. Os resíduos classe II não apresentam periculosidade e podem apresentar as seguintes propriedades: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Já os resíduos classe III são aqueles, que uma vez em contato estático ou dinâmico com água destilada à temperatura ambiente, não têm nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, com exceção aos aspectos: cor, turbidez e sabor.



Chamma (2004, p. 138) propôs um painel preparado a partir de resíduos provenientes de embalagens cartonadas e plásticas, utilizando-se como elemento de reforço, resíduos lignocelulósicos como a casca de amendoim e casca de arroz. Os resultados obtidos demonstraram que os painéis a base de embalagem plástica reforçados com casca de arroz apresentaram propriedades superiores do que os demais painéis produzidos na pesquisa, sendo indicado para o uso como divisórias, revestimentos decorativos, forros e demais aplicações com as mesmas propriedades físicas e mecânicas. O elemento arquitetônico desenvolvido por Chamma (2004, p. 138) representou um novo mercado potencial por atender o conceito de produto ecoeficiente.

A casca de arroz é considerada um resíduo agrônômico, subproduto do beneficiamento do grão de arroz e muitas vezes, as próprias beneficiadoras de arroz utilizam-se das cascas como combustível para a secagem e parbolização dos grãos.

Segundo Fávaro, Neto e Radovanovic (2008), muitas fibras naturais tais como celulose, casca de arroz, madeira, juta, kenaf, abacaxi, coco e sisal têm sido utilizadas como reforço em materiais compósitos. A casca de arroz, em especial, está sendo alvo de vários estudos, uma vez que possui uma grande produção mundial, em torno de 120 milhões de toneladas ao ano, e assim tem se tornado um grande problema por ser de difícil eliminação no solo, devido às suas grandes concentrações de lignina e sílica. Muitos estudos têm sido realizados procurando tornar viáveis aplicações para este material, entre eles sua utilização como reforço em compósitos.

Segundo Souza e Yamamoto (1999, p. 34) a casca de arroz possui em torno de 32% de celulose, 28% de lignina, 20% de hemicelulose e 20% de matéria inorgânica. Na matéria inorgânica encontra-se 96% são compostos por sílica, óxidos de potássio, magnésio, sódio e cálcio, o restante são traços de elementos como ferro, manganês e alumínio. Analisada através do aspecto econômico e tecnológico, possibilita a confecção de materiais de baixo custo por atuar como material de enchimento ou até mesmo de substituição parcial da matéria-prima (agregado miúdo) utilizada em materiais de construção convencionais. Já sob o aspecto ambiental, a utilização da casca de arroz permite a redução de seu descarte, ou da queima indiscriminada. (MILANI E FREIRE, 2006).



Atualmente, o Brasil está entre os dez maiores produtores de arroz do mundo, com uma produção de 12 milhões de toneladas/ano concentrada nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso. Este cereal oferece um fácil cultivo, adaptando-se a diferentes condições de clima e solo, porém, seu cultivo gera uma exagerada quantidade de resíduo, cerca de 2,4 milhões de toneladas/ano. A casca do arroz é um envoltório protetor formado durante o crescimento do grão e que apresenta baixa densidade e elevado volume, é um material fibroso contendo em sua estrutura um elevado teor de sílica, fator que dificulta o processo de decomposição da casca, permanecendo por vários anos no solo obrigando seus produtores a queimá-las o que acaba gerando inúmeros problemas ambientais. (CORRÊA e QUEVEDO, 2013).

A casca de arroz tem diferentes formas de aproveitamento e pode ser utilizada como material isolante na construção civil, bem como material de construção (tijolos, isolante térmico), como aditivos em cimento Portland e na forma de agregado em argamassas e concretos.

Diante de seu cultivo em diversos países, o arroz apresenta-se como um dos alimentos de maior destaque na cultura agrícola do mundo. Segundo Riceboard (2001) citados por Pauleski (2005), utilizar a tecnologia para produção de painéis utilizando como parte do compósito a casca de arroz, foi uma solução ideal para o destino dos resíduos gerados por este produto e assim para a preservação ambiental e conseqüentemente para um maior valor lucrativo gerado pela empresa produtora.

Os painéis produzidos com casca de arroz apresentam como característica fundamental a durabilidade, uma vez que sendo material não-lenhoso, torna-se imune ao ataque de brocas de madeira. Apresenta ainda características favoráveis à absorção de água e uma ótima resistência, sendo indicados a serem usados na construção civil. (PAULESKI, 2005).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o incremento de produtos ecoeficientes na arquitetura e a produção de painéis utilizando, como matéria-prima, o plástico Polipropileno (PP) e um resíduo orgânico (casca de arroz).

Desta forma, o objetivo específico foi produzir painéis com propriedades físicas e mecânicas apropriadas suficientes para a utilização como elemento arquitetônico.



No presente estudo gerou-se também um painel ecoeficiente usando o plástico virgem (Polipropileno – PP) juntamente com um resíduo agrônômico (casca de arroz) e cujas propriedades físicas e mecânicas foram analisadas para a possível indicação de viabilidade de uso comercial.

DESENVOLVIMENTO

A confecção dos painéis foi realizada no Laboratório de Resíduos e Compósitos da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu-SP, bem como os ensaios mecânicos. Os ensaios físicos de inchamento e absorção foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Sagrado Coração, em Bauru-SP.

Foram utilizados como matéria prima casca de arroz, Polipropileno (em grânulos) e Epolene (material aglutinante das misturas entre o plástico polipropileno e o material orgânico).

Para gerar o painel utilizou-se inicialmente uma balança de precisão para pesar as amostras (Polipropileno, Epolene e casca de arroz), definindo a variação da porcentagem de fibra e plástico, sendo que cada uma das amostras teria no fim 1kgf.

Depois de dosadas, as amostras foram misturadas manualmente para obter uma homogeneidade e posteriormente foi utilizado um béquer para a colocação do produto na extrusora dupla-rosca modelo ZSK-25- Werner Pfleiderer Corp. que tem a função de derreter e aglutinar os materiais processados, formando um único produto. O equipamento foi programado para funcionar a 160 graus Celsius (para que ocorra a fusão do Polipropileno com o material orgânico), a 60 RPM Rotação por Minuto) e a um Torque (componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto que é efetivamente utilizada para fazê-lo girar em torno de um eixo) menor que 100 RPM para não acionar o sistema de segurança do próprio equipamento e comprometê-lo.

Na sequência foi utilizado um equipamento de moagem SAGEC MAQUINAS LTDA, programado para moer o produto da extrusora em grãos na potência de 40 RPM, para assim facilitar e otimizar o trabalho da prensa ou da injetora na preparação



dos painéis ou corpos de molde, assim respectivamente. Os produtos finais foram ensacados e armazenados para serem prensados posteriormente. Ao término do processo, com uma mangueira de ar, o equipamento é limpo antes de iniciar um novo experimento, garantindo a precisão dos resultados.

Os resultados obtidos foram realizados à partir das amostragens em porcentagens de 10%, 20%, 40%, 50%, 60% e 70% de casca de arroz (fibra) e o restante de Polipropileno e Epolene.

Para o experimento inicial (piloto) escolheu-se a amostragem cujo delineamento tinha 10% de fibra e a amostra foi aglutinada e inserida na extrusora e posteriormente no triturador. Diante dos resultados dos ensaios pilotos apresentados na Tabela 1, chegou-se à conclusão de que o painel deveria ser moldado nas seguintes condições: densidade 0.70g/cm^3 , pressão de 100kgf/cm^2 , temperatura de 170 graus Celsius (pois o polipropileno se funde a 165 graus Celsius) e deixando o material por cinco minutos na prensa.

Após a extrusão e moagem das amostras dacasca de arroz e do plástico Polipropileno, as amostras foram prensadas (prensa de toneladas) - MH-Equipamentos LTDA FM 74, nº 5887.

Optou-se por essa prensa em busca de melhores resultados, já que a mesma oferece as prensagens a quente e a frio, garantindo um painel com melhores resultados finais, uma vez que o produto obtido sofrerá um choque térmico instantâneo, impedindo que sejam sofridas alterações como envergaduras causadas por um resfriamento natural por exemplo. A Figura 1 ilustra o painel produzido, ainda no envoltório metálico do molde, já na etapa finalizada do procedimento.

Figura 1. Painel de 10% de Casca de Arroz



Fonte: Elaborada pela autora, 2013.



Foram realizados ensaios pilotos também na prensa quente/frio para identificar a melhor condição de prensagem. A amostra piloto 8 (apresentada na Tabela 1) foi a que melhor apresentou resultado final, chegando ao peso, temperatura e tempo ideais para preencher o molde e gerar a espessura desejada do painel, sendo seguido para as seguintes amostras de 10%, 20%, 40%, 50%, 60%, 70% de casca de arroz. O peso das amostras para a placa final foi baseado no resultado desejado, ou seja, obter uma densidade final em torno de $0,9\text{g/cm}^3$. Foram realizadas 3 repetições para cada amostra.

Tabela 1. Experimento de prensagem quente frio

Piloto	Experimento de prensagem quente/frio		
	Peso (g)	Temp. (°C)	Tempo (min)
1	44g	160	7
2	50g	170	9
3	50g	175	9
4	50	180	9
5	34,5g	180	9
6	35,5g	185	9
7	35,5g	200	9
8	36,5g	200	5

Fonte: Elaborada pela autora, 2013.

Após a prensagem e obtenção das placas finais, foram realizados os ensaios físicos e ensaios mecânicos. O ensaio físico foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Sagrado Coração. Iniciaram-se os ensaios físicos calculando-se peso das amostras, largura, altura, espessura e densidade. Cada amostra foi pesada com a balança GEHAKA modelo BK 2000II (máximo carga 2100g e mínimo de carga 0,2g) e medida utilizando-se um micrômetro analógico.

Para o ensaio de inchamento as placas ficaram imersas em um recipiente com água desde o horário das 16h:38min na sexta feira, até as 16h:38min da segunda feira. Assim que foram retiradas, ficaram 20 minutos fora do recipiente para secarem e após este período foram pesadas novamente para que fossem realizados os cálculos e obter os resultados indicativos de variação. A determinação do inchamento foi realizada a partir da diferença entre a espessura final e espessura inicial, dividido pela espessura inicial e multiplicado por 100. Já a determinação da absorção de água foi realizada a partir da diferença entre a peso final e inicial, divididos pelo peso inicial,



multiplicado por 100. A Tabela 2 apresenta resultados resumidos dos ensaios físicos realizados para obter a densidade. Na Tabela 3 apresentam-se os resultados do ensaio de inchamento e absorção de água. Foram realizadas 3 repetições para cada amostra. Para facilitar a leitura dos resultados, definiu-se como legenda:

- CA - para casca de arroz

O número subsequente as letras referem-se a porcentagem da fibra e o número após o hífen refere-se repetição da amostra.

Tabela 2. Quadro-resumo dos ensaios físicos

Amostra	Densidade (g/cm ³)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Espessura média (mm)	Altura média (mm)	Largura média (mm)	Espessura média final (mm)	Altura média final (mm)	Largura média final (mm)
CA(10-1)	0,92	22,6	22,7	1,21	14,46	14,1	1,22	14,5	14,25
CA(10-2)	0,95	23,19	23,75	1,2	14,25	14,3	1,2	14,3	14,3
CA(10-3)	0,91	24,07	24,27	1,32	14,15	14,2	1,35	14,16	14,21
CA(20-1)	0,99	25,28	25,47	1,27	14,21	14,2	1,3	14,23	14,21
CA(20-2)	0,95	25,72	25,85	1,33	14,33	14,28	1,35	14,33	14,28
CA(20-3)	1,13	25,59	25,8	1,11	14,38	14,2	1,12	14,41	14,21
CA(40-1)	0,96	24,41	24,52	1,25	14,3	14,25	1,25	14,38	14,25
CA(40-2)	0,98	24,86	25,01	1,25	14,35	14,2	1,26	14,4	14,2
CA(40-3)	0,97	26,22	27,54	1,31	14,41	14,3	1,33	14,41	14,33
CA(50-1)	1,07	25,89	26,53	1,17	14,35	14,36	1,2	14,41	14,36
CA(50-2)	1,05	26,11	26,39	1,21	14,33	14,31	1,23	14,4	14,35
CA(50-3)	1,03	25,73	26,05	1,23	14,28	14,28	1,25	14,3	14,36
CA(60-1)	1,12	25,89	26,51	1,14	14,23	14,28	1,15	14,25	14,31
CA(60-2)	1,12	26,11	27,18	1,12	14,35	14,48	1,15	14,36	14,5
CA(60-3)	1,16	25,73	28,17	1,07	14,36	14,41	1,1	14,36	14,48
CA(70-1)	1,02	25,89	28,44	1,35	13,73	13,63	1,37	13,75	13,65
CA(70-2)	1,04	26,55	29,45	1,37	13,7	13,63	1,37	13,75	13,65
CA(70-3)	1,06	26,21	28,86	1,35	13,53	13,6	1,36	13,58	13,62
MÉDIA-CA	1,02	25,34	26,19	1,24	14,21	14,17	1,25	14,24	14,2

Fonte: Elaborada pela autora, 2013.



Tabela 3. Porcentagem de inchamento e absorção

Amostra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Absorção (%)	Espessura média (mm)	Espessura média final (mm)	Inchamento (%)
CA(10-1)	22,6	22,7	0,83	1,21	1,22	0,44
CA(10-2)	23,19	23,75	0,83	1,2	1,2	2,41
CA(10-3)	24,07	24,27	2,27	1,32	1,35	0,83
CA(20-1)	25,28	25,47	2,36	1,27	1,3	0,75
CA(20-2)	25,72	25,85	1,50	1,33	1,35	0,51
CA(20-3)	25,59	25,8	0,90	1,11	1,12	0,82
CA(40-1)	24,41	24,52	0,00	1,25	1,25	0,45
CA(40-2)	24,86	25,01	0,80	1,25	1,26	0,60
CA(40-3)	26,22	27,54	1,53	1,31	1,33	5,03
CA(50-1)	25,89	26,53	2,56	1,17	1,2	2,47
CA(50-2)	26,11	26,39	1,65	1,21	1,23	1,07
CA(50-3)	25,73	26,05	1,63	1,23	1,25	1,24
CA(60-1)	25,89	26,51	0,88	1,14	1,15	2,39
CA(60-2)	26,11	27,18	2,68	1,12	1,15	4,10
CA(60-3)	25,73	28,17	2,80	1,07	1,1	9,48
CA(70-1)	25,89	28,44	1,48	1,35	1,37	9,85
CA(70-2)	26,55	29,45	0,00	1,37	1,37	10,92
CA(70-3)	26,21	28,86	0,74	1,35	1,36	10,11
MÉDIA-CA	25,34	26,19	1,41	1,24	1,25	3,53

Fonte: Elaborada pela autora, 2013.

Os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório de Resíduos e Compósitos da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu-SP, cujos resultados, apresentados na Tabela 4, são resumidos (média dos três corpos de prova de cada amostra) das seis repetições dos corpos de prova de cada tratamento, realizados na Máquina de ensaios EMIC DL2000.

Tabela 4. Quadro-resumo do ensaio de tração

Amostra	Tensão (MPa)	Força (kgf)
CA (10-1)	19,56	84,25
CA (20-1)	18,85	81,20
CA (40-1)	16,06	69,19
CA (50-1)	15,31	65,98
CA (60-1)	16,93	72,92
CA (70-1)	19,36	83,42

Fonte: Elaborada pela autora, 2013.



Após os ensaios realizados foi possível comparar os resultados do material criado (uma mistura de plástico PP com material orgânico), no caso a casca de arroz com as categorias apresentadas na Tabela 5, seguindo os usos recomendados de mercado.

Tabela 5. Classificação, valores mínimos e uso recomendado de painéis pela norma ANSI A208.1

Classificação	Categorias	Densidade (g/cm ³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	TP (MPa)	Uso recomendado
Baixa densidade	LD1	< 0,64	3,00	550	0,10	Enchimento de portas
Baixa densidade	LD2	< 0,64	5,00	1025	0,15	Enchimento de portas
Média densidade	M1	0,64 a 0,80	11,00	1725	0,40	Comercial
Média densidade	MS	0,64 a 0,80	12,50	1900	0,40	Comercial
Média densidade	M2	0,64 a 0,80	14,50	2250	0,45	Industrial
Média densidade	M3	0,64 a 0,80	16,50	2750	0,55	Industrial
Alta densidade	H1	0,80	16,50	2400	0,90	Industrial de alta densidade
Alta densidade	H2	0,80	20,50	2400	0,90	Industrial de alta densidade
Alta densidade	H3	0,80	23,50	2750	1,00	Industrial de alta densidade
	PBU		11,00	1725	0,40	Contra piso
	D2		16,60	2750	0,55	Piso
	D3		19,50	3100	0,55	Piso

Fonte: CHAMMA, 2004, apud ANSI, 1993.

CONCLUSÃO

Notou-se pelos estudos que a densidade adquirida se manteve entre 0,83g/cm³ e 1,16g/cm³, acima até do que foi almejado. Utilizando-se como referência os painéis produzidos por Chamma (2004), conclui-se que em média o presente estudo obteve uma alta densidade, ou seja, uma média de 1,02g/cm³.

O inchamento demonstrou pouca variação entre os tratamentos, chegando a uma média de 3,53%. A norma ANSI A208.1 (ANSI, 1993) especifica que o máximo permitido do inchamento em espessura é de 8% para painéis de alta densidade. Assim sendo, a porcentagem de inchamento para casca de arroz está dentro dos padrões aceitáveis.

Em relação à absorção de água nota-se que a as repetições de casca de arroz apresentaram uma média de 1,41%, representando assim a resistência das partículas que constituem os painéis quando submersos em água. Esses ensaios são realizados sistematicamente pelas indústrias, indicando o controle de qualidade de seus produtos.



Diante dos resultados dos ensaios mecânicos é possível concluir que o material com 10% de casca de arroz foi o que apresentou melhores resultados, 70% de casca de arroz indicando assim que o resíduo agrônômico tem bom desempenho à tração. Diante das demais amostras, a que apresentou os menores resultados foi a de 50% de casca de arroz.

Considerando a possibilidade de reciclagem e de criação de produtos ecoeficientes torna-se claro que a utilização do plástico juntamente com um material orgânico pode ser rentável, além de garantir propriedades físicas, químicas e mecânicas de alto índice. Portanto, o uso da casca de arroz pode gerar um produto final de grande interesse ao mercado atual principalmente para a área da construção civil e arquitetura, áreas que sempre estão em busca de novos produtos, pela inovação, beleza, conforto, preços acessíveis além da durabilidade e de mitigar os impactos ambientais dos resíduos gerados pela sociedade, fatores que podem interferir na qualidade de uma obra.

A partir de resíduos agroindustriais surgem fibras que podem dar origem a uma nova geração de plásticos. Esses plásticos podem ser mais leves, resistentes e ecologicamente corretos do que os polímeros convencionais utilizados industrialmente.

Considerando a abundância de resíduos como a casca de arroz na sociedade brasileira, em função de fazer parte culturalmente dos alimentos por nós consumidos (arroz) e ainda considerando que não há amplo aproveitamento desse resíduo, conclui-se que o presente trabalho indicou um material em potencial para ser explorado, de baixo custo de produção e com características de um produto ecoeficiente que foi almejado neste presente estudo.

Na construção civil, materiais como o que foi gerado nessa pesquisa têm grandes potencialidades para serem aproveitados como revestimentos, pisos, embalagens e na área de arquitetura de interiores na fabricação de móveis, objetos e demais produtos, já que resultou em um aspecto bastante homogêneo e que se manuseado com a incorporação de corantes pode se tornar um material com aparência e textura de madeira, podendo facilmente substituí-la em diferentes aplicações.



Conclui-se desta forma, que o material desenvolvido apresentou características físicas e mecânicas aceitáveis, indicando uma importância de aprofundamento de estudos sobre o mesmo e podendo chegar até à produção em escala industrial. O resultado foi satisfatório, não só por ter surpreendido com aspectos como cor e textura, mas por contribuir para geração de produtos sustentáveis.

Agradecimento

Os autores deste trabalho agradecem ao CNPq/PIBIC pela concessão de bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor para execução da pesquisa e ao Prof. Dr. Alcides Lopes Leão do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp-Campus de Botucatu, que viabilizou a realização de parte dos procedimentos laboratoriais dessa pesquisa no Laboratório de Resíduos e Compósitos da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, campus de Botucatu-SP.

REFERÊNCIAS

ASSIS, V. B. de.; COLOMBINI, A. P. **Ecoeficiência para desenvolvimento de construções sustentáveis.** Tec Hoje. 2002. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1073>. Acesso em 18 ago. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004.** Resíduos sólidos. Classificação. Rio de Janeiro, 2003. 71 p.

CHAMMA, P. V. C. **Produção de painéis a partir de resíduos sólidos para uso como elemento arquitetônico.** 2004. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia- Energia na agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CORRÊA, G. S.; QUEVEDO, S. P. Estudo das propriedades mecânicas de compósito polimérico com resina poliéster insaturada e casca de arroz. In: Foro Científico Estudantil do Instituto Superior Tupy. 7., 2013. Joinville. **Reusmos...**: Instituto Superior Tupy, 2013. p. 3.

MILANI, A. P. S.; FREIRE, W. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e casca de arroz. **Engenharia Agrícola.** Vol. 26, n. 1., p. 10, Jan. 2006. Contido em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162006000100001&script=scj_arttext>. Acesso em: 30 agos. 2008.

FILHO, H. R. do P. Plástivida radiografa reciclagem de plástico - O esforço para a sua integração ambiental. **Banas Ambiental.** p.17- 23, Jun. 2000.



LIMA, A. C. A. C. de.; ROCHA, G. S. da.; KONAGANO, N. Y. H. **A utilização de plásticos na construção civil.** COBENGE. 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104468.pdf>. > Acesso em; 18 ago. 2014.

LOSCHIAVO, R. **O que é Ecoeficiência e Sustentabilidade?**. Ecoeficientes. 2014. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-ecoeficiencia-e-sustentabilidade/>. > Acesso em: 18 ago. 2014.

MACHADO, F. **Plástico na Construção Civil.** Ebah. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA9NkAF/plastico-na-construcao-civil>. > Acesso em: 18 ago. 2014.

PAULESKI, D. T. **Características de compósitos manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira.** 2005. 100 f. Dissertação (mestrado em engenharia florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SILVIA L. F.; NETO, A. G. V. C. de; RADOVANOVIC, E. Compósitos polietileno pós-consumo/fibras naturais: análise de ensaios mecânicos de tensão e flexão e de resistência ao impacto. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 31., 2008, Maringá. **Resumos...** Maringá: Sociedade Brasileira de Química, 2008. p.1. Contido em: <<http://sec.sbq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T1287-1.pdf>>. Acesso em: 30 agos. 2008.

SOUZA, M. F., YAMAMOTO, J. Mulita a partir de hidróxido de alumínio e de sílica de casca de arroz. **Cerâmica**, v. 45, n. 291, p. 34-37, fev.1999.