



CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE BIOCMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRA DE COCO

Vitor César de Almeida Louzi¹, Aliny Pires Guidoni¹, Jaqueline Borlini Cusini¹
Josenildo Rui Rosa¹, Marcos Roberto Teixeira Halasz²

1. Alunos do curso de Engenharia Química das Faculdades Integradas de Aracruz (vitorcesarlouzi@hotmail.com), Aracruz - Brasil.
2. Professor do curso de Engenharia Química das Faculdades Integradas de Aracruz (halasz@fsjb.edu.br), Aracruz - Brasil.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

Atualmente compósitos constituídos de fibras vegetais vem sendo bastante difundidos em virtude de sua versatilidade bem como pelo fato de contribuir para o desenvolvimento sustentável, quando da utilização de materiais que seriam de descarte. Desta forma, o trabalho apresenta a produção de biocompósitos a partir de fibras de coco, com granulometria entre 8# e 35#, e resina fenol-formaldeído (FF) nas proporções de 91%, 90%, 89% e 88% em massa. Foram realizados testes físicos para a densidade, isolamento acústico e térmico de amostras produzidas revelando que a densidade desses materiais é baixa quando comparado a outros biocompósitos, fator este que vem sendo buscado quando da produção de placas leves. Outro ponto é que aumentando a quantidade de fibras na composição dos biocompósitos faz com que a capacidade dos materiais em serem isolantes térmicos e acústicos aumente. Assim, observou-se que a fibra de coco pode ser uma fonte alternativa que substitua outras fibras sintéticas, quando se tratar da produção de compósitos, por ser uma matéria-prima de baixo custo ou até mesmo sem custo quando coletada como rejeito.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos. Isolamento Acústico. Isolamento Térmico.

PHYSICAL CHARACTERIZATION OF POLYMER BIOCMPOSITES REINFORCED WITH FIBER COCONUT

ABSTRACT

The polymer composites with vegetable fibers emerge as a good alternative in the field of materials engineering applications and also in its re-use, once they are disposed of inconvenience. Thus, the paper describes the production of biocomposites from coconut fibers, with a granulometry between 8# a 35#, and phenol-formaldehyde resin (FF) in proportions of 91%, 90%, 89% and 88% by weight. Physical tests were performed by measuring the density, acoustic and thermal insulation of samples produced revealing that the density of these materials is relatively good, and that increasing the amount of fiber in the composition of biocomposites causes the capacity of the materials being in thermal insulation and

acoustic increase. Thus, it was observed that the coconut fiber may be an alternative source to replace other synthetic fibers, in the case of the production of composites, being a raw material of low cost.

KEYWORDS: Composites. Acoustic Insulation. Thermal Insulation.

INTRODUÇÃO

As cascas de coco são resíduos da agroindústria com alto potencial de aproveitamento, estas quando descartadas em aterros se tornam, como toda matéria orgânica, potenciais emissores de metano e ainda, esses rejeitos contribuem para a diminuição da vida útil desses depósitos, proliferando focos transmissores de doenças e poluindo o meio ambiente (PASSOS, 2005).

O Espírito Santo possui uma produção de cerca de 165 mil frutos por ano e quase 12 mil hectares de área plantada; o coco é a segunda fruta responsável pela geração de renda no agronegócio capixaba (INCAPER, 2010).

Uma opção que visa amenizar esses impactos ambientais e tornar o resíduo uma alternativa limpa, obtendo também uma boa rentabilidade econômica, está em utilizar estas fibras de coco como reforços em matrizes poliméricas, a fim de desenvolver biocompósitos. Essas fibras naturais quando comparadas às fibras sintéticas possuem propriedades como baixo custo, baixa densidade, biodegradabilidade, alta disponibilidade, são atóxicas e não abrasivas, tem boas propriedades térmicas e mecânicas (FLORENTINO et al., 2011). Segundo SENHORAS (2003, p. 29):

[...] a fibra de coco é utilizada há várias décadas como um produto isolante em diversas situações devido às características que apresenta. Tendo em vista suas excepcionais performances acústicas, a fibra de coco verde e maduro contribui para uma redução substancial dos níveis sonoros, quer de impacto, quer aéreo, sendo a solução ideal para muitos dos problemas na área acústica, superando largamente os resultados obtidos com a utilização de outros materiais.

As fibras são formadas por celulose, hemicelulose, lignina e também por pectina, cera e substâncias solúveis em água. A celulose é responsável pela estabilidade e resistência mecânica das fibras e é o principal constituinte estruturante. A hemicelulose é um polissacarídeo que funciona como ligante entre lignina e a celulose. A lignina é constituída por um polímero complexo de estrutura amorfa, que é responsável pela formação da parede celular e confere rigidez à mesma. Sua concentração nas fibras influencia nas propriedades, na estrutura, na morfologia, na flexibilidade e taxa de hidrólise. Fibras com alto teor de lignina possuem alta flexibilidade e são de ótima qualidade (BRAUSS, 1952; CASTILHOS, 2011; PASSOS, 2005).

Utilizando resina polimérica como matriz e fibras vegetais como meio de reforço, obtêm-se compósitos com matriz de polímero (como polietileno, poliéster, polipropileno, etc.). Resinas fenólicas do tipo resol podem ser convertidas em produtos altamente reticulados sem a adição de um agente de cura. Isto é possível devido à presença de grupos hidroximetilados ligados ao anel. Deste modo, a simples adição de calor ao sistema pode iniciar a reação de cura característica. Temperatura na faixa de 130-200 °C é ideal para este processo. Entretanto, esta temperatura de cura pode ser diferente dependendo dos tipos de reagentes envolvidos durante a síntese. (BORGES, 2004).

A produção de materiais biocompósitos na qual se tem fibra de coco como reforço consiste-se nas etapas de: obtenção e beneficiamento das fibras de coco,

tratamento químico e/ou físico das mesmas, adição e mistura do reforço com matriz, moldagem, prensagem, cura do material e acabamento do produto final (FLORENTINO et al., 2011).

A região interfacial é de fundamental importância na determinação das propriedades dos compósitos, pois é através da interface que os esforços atuantes na matriz são transmitidos ao reforço. Métodos químicos e físicos podem ser usados para modificar a fibra e otimizar a interface (FRANCO, 2010).

O tratamento alcalino, aplicado para limpar a superfície, retirando graxas e ceras intrínsecas é um dos métodos mais antigos de modificação das fibras vegetais. Ele remove parcialmente a lignina e a hemicelulose e aumenta a rugosidade da superfície da fibra, sem alterar a área disponível para a interação com outros materiais (FRANCO, 2010).

Em termos de regulamentação, entidades licenciadoras vêm exigindo comprovações experimentais do isolamento sonoro aos sons de condução aérea, como licenças em edifícios de habitação. O isolamento térmico tem se tornado cada vez mais importante em edifícios, devido o aumento do custo de energia. Nessas situações, que requerem adequados níveis de isolamento sonoro e térmico, estão sendo aplicados os materiais compósitos (MACEDO, 2005).

Dessa forma, a principal proposta deste trabalho se baseia na avaliação da capacidade de isolamento térmico e acústico de placas produzidas a partir de fibras de coco na forma de compósitos com resina de fenol-formaldeído (FF) visando o aproveitamento das fibras provenientes do coco seco.

METODOLOGIA

Foram produzidos, corpos de prova com teor de 9%, 10%, 11% e 12% em relação às fibras de coco, sendo o processo realizado em triplicata para cada material. Toda a fibra utilizada foi proveniente do coco seco obtido da zona rural do município de Aracruz. As fibras de coco foram obtidas a partir de extração, por desfibramento manual do coco (Figura 1). As partes externas desfibradas (cascas) foram descartadas. Posteriormente ao desfibramento, as fibras foram lavadas com água corrente e secas em estufa a 60 °C por 24 horas. Em seguida, passaram por um moinho de facas, peneiradas e selecionadas (entre 8 a 35 #). Nesta etapa, peneiras com malhas de 8 #, 10 #, 14 #, 20 #, 28 # e 35 # do equipamento Granutest foram utilizadas. Durante o procedimento de peneiramento, cada batelada possuiu duração de 15 minutos.



Figura 1 – Fibras de coco utilizadas no estudo

As fibras moídas foram imersas em uma solução de hidróxido de sódio (10 %), em um béquer, à temperatura ambiente por 1 hora. Decorrido este tempo, as fibras foram lavadas repetidamente com água destilada, utilizando filtros de algodão

costurado, medindo-se o pH frequentemente com um pHmetro portátil, até ser alcançado um pH neutro ou próximo de neutro através da água de saída. Utilizou-se 100 mL de solução alcalina para cada 10 g de fibras. Após a lavagem e neutralização do meio, as fibras foram secas em uma estufa a 60 °C por um período de 24 horas.

Após tratamento alcalino, as fibras de coco já tratadas e a resina Fenol-Formaldeído foram misturadas no interior de um béquer de plástico e transferidas com auxílio de um bastão de vidro, para um molde metálico com dimensões 20 cm x 20 cm x 5 cm. O molde metálico e sua tampa foram forrados com plástico resistente a temperatura, utilizando-se cera de carnaúba sobre o plástico e no interior do molde a fim de facilitar a desmoldagem dos biocompósitos. Posteriormente, o molde foi fechado, a mistura foi prensada aplicando-se uma carga de 100 kg durante 10 minutos usando uma prensa hidráulica e encaminhada à estufa a uma temperatura de 150 °C por 1 hora. Os biocompósitos produzidos foram desmoldados, imediatamente após serem retirados da estufa com a ajuda de espátulas metálicas e luvas isolantes (Figura 2).



Figura 2 – Biocompósitos produzidos em laboratório

Após serem produzidos, os corpos de prova (amostras) de cada biocompósito passaram por ensaios físicos que seguiram: a norma NBR 14810-3: 2002, para determinação da densidade de cada material; GUEDES (2007) para ensaio de isolamento acústico; e BATTISTELLE et al. (2006) para ensaio de isolamento térmico. Placas de isopor e EVA foram testadas sob mesmas condições por motivos de comparação.

No teste de densidade, a espessura e o comprimento de cada amostra foram aferidos, com a utilização de um paquímetro de resolução 0,1 mm e a massa de cada um medida em uma balança analítica, após serem levados a uma estufa, a uma temperatura de 60°C, durante 24 horas.

Para realização do ensaio de isolamento acústico foi necessária a construção de uma caixa reverberante, que não permitisse a passagem de som por suas paredes. Foram utilizadas folhas de compensado de madeira nas seguintes quantidades e dimensões: 2 folhas de 0,8 m x 1,2 m, 2 folhas de 0,8 m x 1 m e 2 folhas 1 m x 1,2 m, totalizando seis folhas de compensado de espessura igual a 20 mm. Os pedaços de compensados foram unidos através de cola de madeira de silicone (para vedação das junções dos compensados).

Após secagem da cola, a junção de cada parte foi consolidada com a fixação de pregos finos, para que fosse aumentada a estabilidade das paredes. Foi instalada uma fonte sonora no interior da caixa, representada por um auto-falante, fixado em um dos cantos do interior da câmara. Fez-se um corte quadrado no centro da folha frontal da caixa para que uma janela perspectiva fosse criada com o intuito de se acoplar os corpos de prova durante a realização do ensaio acústico e, finalmente, colou-se e pregou-se a folha de compensado frontal à caixa para que a mesma pudesse ser utilizada (Figura 3). Instalou-se um fio conector entre o auto-falante dentro da caixa reverberante e uma caixa de som do lado de fora. Um cabo USB foi ligado de um computador à caixa de som, com o intuito de enviar o som gravado para a caixa de som e dela para o auto-falante.



Figura 3 – Caixa reverberante para utilização nos testes acústicos

Após instalação dos equipamentos deu-se início às medições das intensidades sonoras emitidas por cada corpo de prova fixado na janela perspectiva. Ajustou-se o volume no máximo emitido pelo auto-falante, através do computador. As medições das intensidades sonoras que atravessavam cada corpo de prova, em dB, foram realizadas através de um decibelímetro do tipo 2250, da marca Brüel & Kjaer, nas frequências de 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz, em bandas de oitava, ajustadas pelo próprio equipamento. O decibelímetro foi posto a uma distância mínima de 1 cm de cada placa durante o ensaio. Mediram-se também as intensidades do som sem barreira acústica e de uma placa de EVA para permitir comparações nas mesmas condições.

O ensaio de medição do isolamento térmico consistiu em acoplar na vertical uma placa de aço 1020, de dimensões 30 mm x 30 mm x 13 mm, a uma mesa de aço. Um maçarico foi posto a 40 cm de distância da placa. E cada corpo de prova foi posto em contato com a placa, na vertical, do lado oposto ao do maçarico. Utilizaram-se três multímetros do tipo ET-1110, da marca DMM, previamente testados com água para calibragem da medição de temperatura, instalando-se cada um da seguinte forma: um em contato com a face da placa de aço em frente ao maçarico, outro na interface entre a placa de aço e o corpo de prova, e outro em contato apenas com o corpo de prova (Figura 4). O teste teve duração de cinco minutos para cada corpo de prova, e as temperaturas foram registradas a cada 30 segundos.

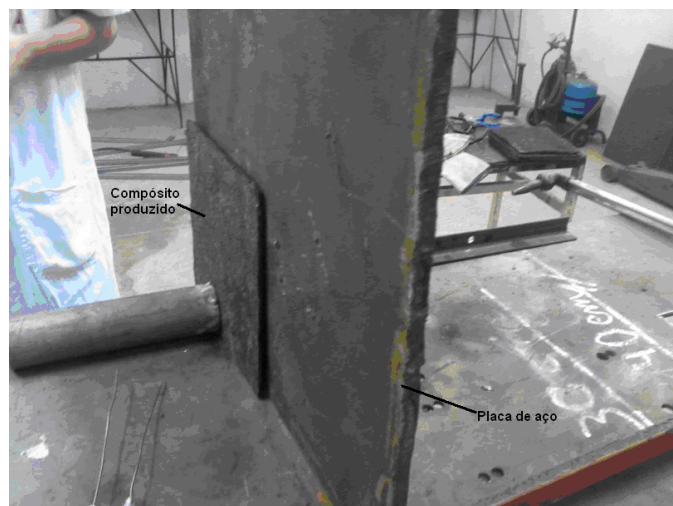


Figura 4 – Suporte da placa para teste térmico

RESULTADOS

Os corpos de prova de 20 cm x 20 cm foram confeccionados e as respectivas composições foram definidas com as relações Fibras de Coco e Resina conforme a Tabela 1.

TABELA 1 - COMPOSIÇÕES DOS CORPOS DE PROVA COM RESINA FF

Fibras (%)	Resina (%)
9	91
10	90
11	89
12	88

Na tabela 2 estão representados os valores obtidos da densidade (ρ), em kg/m^3 , para cada composição em relação à fibra de coco.

TABELA 2 - DENSIDADE MÉDIA DOS CORPOS DE PROVA NAS DIFERENTES COMPOSIÇÕES RELACIONADAS À FIBRA DE COCO.

Composição (%)	ρ (kg/m^3)
9	706,49
10	713,82
11	720,10
12	724,66

Analisando-se os resultados, foi possível perceber que o aumento na composição em relação às fibras de coco faz com que a densidade dos materiais fabricados também aumente. Segundo CALLISTER (2008, p. 64) materiais como o vidro, poliestireno e polietileno apresentam densidades iguais a 2230 kg/m^3 , 1050 kg/m^3 , 925 kg/m^3 , respectivamente. Nesse caso, as densidades obtidas para os biocompósitos produzidos encontram-se numa faixa menor de valores (705 a 725

kg/m³) quando comparadas à desses materiais, utilizados como isolantes térmicos e acústicos, já que materiais mais leves estão sendo cada vez mais utilizados nesse ramo.

Na Figura 5, demonstra-se através de um gráfico o comportamento da intensidade sonora recebida (I_{sr}) pelo decibelímetro, em dB, nas frequências (f) de 125, 250, 500, 1000, 2000 e 4000 Hz para cada corpo de prova, placas de EVA e sem barreira acústica, aferidos durante o ensaio de isolamento acústico.

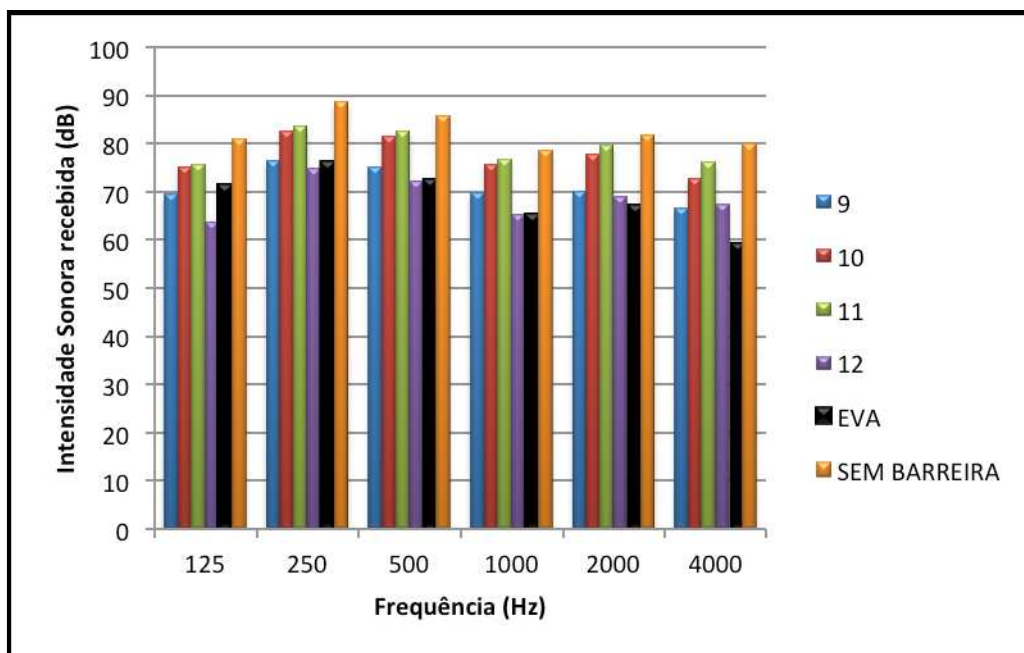


FIGURA 5 – Resultado do ensaio de isolamento acústico aplicado aos copos de prova.

Observou-se que os biocompósitos produzidos com 9% e 12% de fibra, quando comparadas aos de 10% e 11% em sua composição, ofereceram melhores resultados quanto à capacidade em diminuir a intensidade do som emitida de um ambiente a outro. Além disso, observando a variação das intensidades em relação ao EVA, considerado bom isolante acústico, devido aos resultados obtidos, verifica-se que o melhor resultado quanto à capacidade em isolar um ambiente acusticamente é do corpo de prova com 12% de fibra em sua composição até uma frequência de 1000 Hz.

A Figura 6 representa variação da temperatura na face sem contato com o maçarico de cada corpo de prova e pelas placas de isopor e EVA durante o tempo determinado para o ensaio de isolamento térmico.

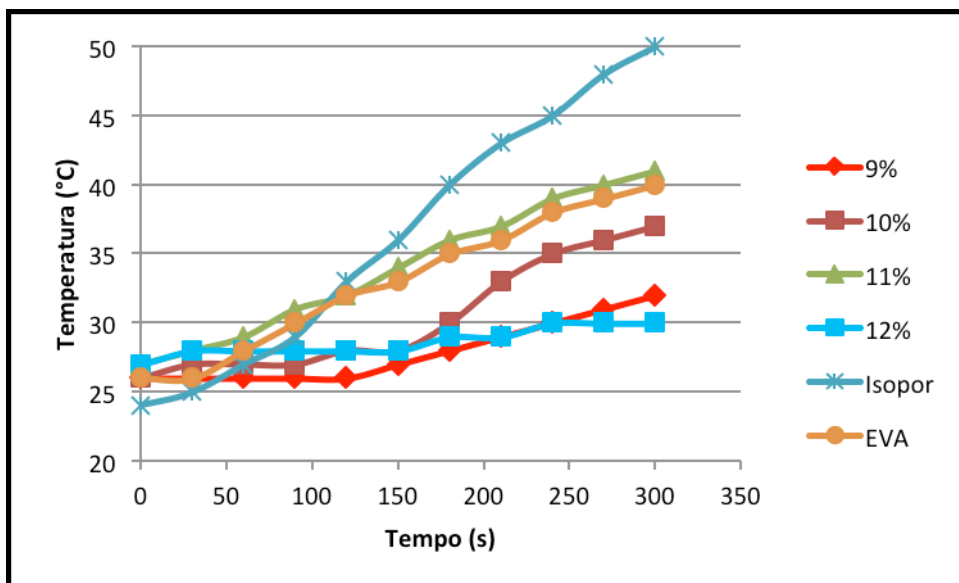


FIGURA 6 - Comportamento da temperatura na face sem contato com o maçarico para cada corpo de prova durante o ensaio de isolamento térmico.

Na Figura 7 observa-se a variação de temperatura sofrida (ΔT_c) por cada biocompósito e também pelas placas de isopor e EVA durante o experimento.

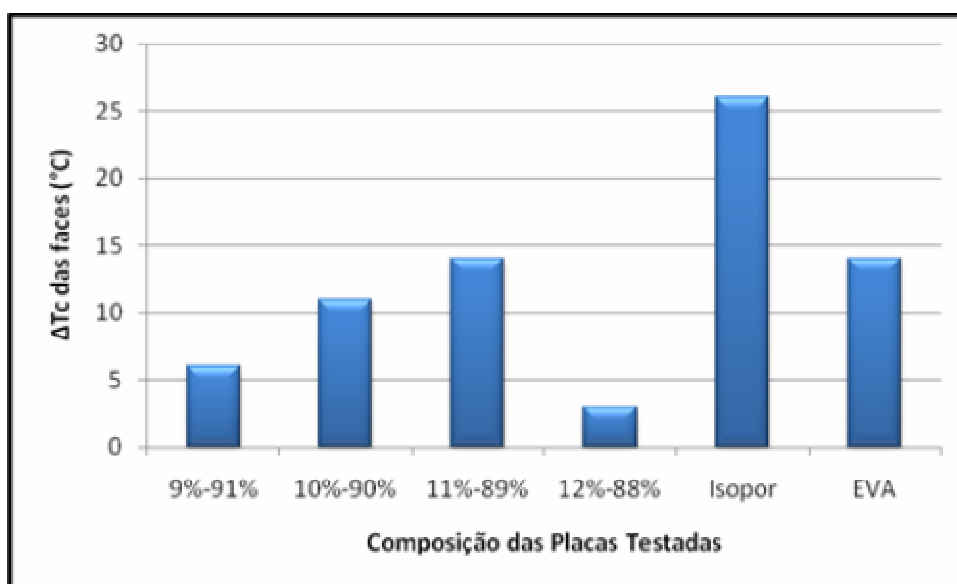


FIGURA 7 - Variação de temperatura sofrida por cada material na face sem contato com o maçarico durante o ensaio de isolamento térmico.

Para o teste de isolamento térmico observou-se que os corpos de prova com 10% e 11% de fibras de coco em sua composição não ofereceram grande resistência no que se refere ao aumento da temperatura de sua face, entre o início e o fim do experimento, quando comparados às placas de 9% e 12% de fibras. Da mesma maneira, a partir desse ensaio, as placas de isopor e EVA também não mostraram resultados satisfatórios por aumentarem a temperatura de suas faces em curto intervalo de tempo.

No intuito de se comparar a variação total de temperatura na face dos biocompósitos, entre o início e o fim do experimento, observa-se, através do gráfico 4, que no corpo de prova com 11% de fibra houve grande variação de temperatura,

ao passo que para as placas de 9% e 12% esses valores foram menores, indicando que por não mudarem bruscamente sua temperatura com o tempo, essas placas oferecem bons resultados quanto às suas capacidades em isolar um ambiente termicamente.

Um ponto que devemos observar é que em ambos os testes os valores de 9% e 12% tiveram um comportamento melhor, não exatamente nos mesmos pontos analisados, mas no conjunto de características. Não é possível comparar esse parâmetro com dados da literatura, pois a quantidade de trabalhos com este objetivo é pequeno.

Desta forma verifica-se que os compósitos de 9% e 12% de fibra tendem a serem os melhores, devendo no futuro serem realizados novos experimentos com testes estatísticos para afirmar com confiabilidade os melhores resultados.

CONCLUSÕES

Foi possível produzir biocompósitos com diferentes proporções mássicas de resina FF e fibra de coco através de processo produtivo adequado, proporcionando a criação de corpos de prova com 9%, 10%, 11% e 12% de fibra de coco em sua composição.

Determinaram-se as propriedades físico-mecânicas como: densidade, isolamento acústico e térmico dos corpos de prova produzidos.

Entre todos os materiais produzidos, a placa produzida com 12% e 9% de fibra de coco em sua composição apresentaram melhores resultados, podendo ser caracterizadas como biocompósitos de boa qualidade no que se refere ao isolamento termo-acústico dos ambientes, enquanto que as placas com teores de 10 e 11% de fibra apresentaram resultados não satisfatórios sendo caracterizadas como biocompósitos com pouca capacidade em isolar ambientes termo-acusticamente.

Foi possível observar que com relação ao isolamento acústico a variação das intensidades em relação ao EVA, considerado bom isolante acústico, teve um comportamento ora superior e ora inferior ao corpo de prova com 12% de fibra em sua composição, mostrando sua potencialidade como isolante acústico.

Com relação ao isolamento térmico, para os corpos de prova de 9% e 12% os resultados obtidos foram melhores que no caso do isopor e EVA, mostrando também sua potencialidade de isolante térmico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, **NBR 14810-3: 2002 Chapas de madeira aglomerada Parte 3: Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2002.

BATTISTELLE, R.A.G.; SANTOS, M.F.N.; MIYAZATO, T.; REDIVO, C.; FREITAS, P.N.P.. **Estudo comparativo entre chapas de partículas confeccionadas com diferentes resíduos e sua aplicação em design de produtos**. São Paulo, 2006. In: XIII SIMPEP. Bauru, 2006.

BORGES, S.G. **Síntese e caracterização de resinas fenólicas líquidas do tipo novolaca aplicáveis no processo de pultrusão**. UFRGS. Porto Alegre, 2004.

BRAUSS, F. E. **The chemistry of lignin**. Academic Press INC. New York. 1952.

CALLISTER, JR. **Ciência a Engenharia de Materiais : Uma Introdução**. Rio de Janeiro: RJ LTC, 2008.

CASTILHOS, L.F.F. **Aproveitamento da Fibra de Coco**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR. Paraná, 2011.

FLORENTINO, W.M.; BRANDÃO, A.; MILÉO, P.C.; GOULART, S.A.S.; MULINARI, D.R.. **Biocompósitos de Poliuretano reforçados com Fibras de Coco Verde**. Cadernos UniFOA. Volta Redonda, Ano VI. n. 17, dezembro 2011.

FRANCO, F.J.P. **Aproveitamento da fibra do epicarpo do coco babaçu em compósito com matriz de epóxi: estudo do efeito do tratamento da fibra**. Dissertação de mestrado. Natal-RN. 2010.77 f.

GUEDES, R.C. **Projeto e construção de uma câmara reverberante em escala reduzida para caracterização acústica de materiais absorventes**. Universidade Federal do Pará. Belém, 2007.

INCAPER. **Informativo especial do instituto capixaba de pesquisa, assistência técnica e extensão rural**. Ano 1 - Nº 1 - Janeiro a Dezembro de 2010. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2010/caracterizacao-do-quadro-atual-e-principais-ameacas-a-producao-de-coco-seco-no-nordeste-do-brasil/>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

MACEDO, D.C.B., TUBINO, R.M.C. **Comportamento térmico e acústico de placas pré-moldadas com borracha de pneu**. Anais do 1º. Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto pré-moldado. UFSCar – São Carlos, novembro 2005.

PASSOS, P. R. A. **Destinação Sustentável de Cascas de Coco Verde: Obtenção de Telhas e Chapas de Partículas**. Rio de Janeiro, 2005. 166 f. Tese (Doutorado em ciências em planejamento estratégico) – Programa de pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

SENHORAS, E. M.. **Estratégias de uma Agenda para a Cadeia Agroindustrial do Coco: Transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes**. Campinas, 2003. 38 f. Monografia, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2003.