

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

APLICABILIDADE DE PLACAS DE FIBRA DE BANANEIRA NA ABSORÇÃO SONORA E ISOLAMENTO ACÚSTICO¹

SILVA, Diógenes M (1); DEMARCHI, Carlos A (2); MORALES, Gilson (3)

(1) UEL, e-mail: magri1982@yahoo.com.br; (2) UEL; e-mail: dm@gestaoambiental.bio.br; (3) UEL, e-mail: gmorales@uel.br

RESUMO

A emergência das questões ambientais, na atualidade, tem propiciado inúmeras discussões acerca da sustentabilidade e, consequentemente, do desenvolvimento de produtos ambientalmente adequados. É neste contexto que se fundamenta o presente estudo que se caracteriza como pesquisa experimental, e propõe desenvolver um produto para absorção acústica, utilizando resíduos fibrosos da cultura da bananeira. Para embasar este experimento, foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica, que compreendeu noções de: cultura da bananeira; sustentabilidade; desenvolvimento de produtos ambientalmente corretos e conceituação de acústica. Os painéis absorsores foram confeccionados no Laboratório de Matérias, da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O material utilizado e a fibra do pseudocaule da bananeira, foram confeccionadas painéis de dimensão 30x30cm com espessura 2cm e 5cm. Foram realizados testes determinação de absorção sonora em tubo de impedância, flamabilidade, e análise por MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura). Na maioria dos materiais com bom desempenho acústico, a porosidade varia entre 0,80 e 0,98. Os valores obtidos pelo experimento desenvolvido variaram entre 0,80 e 0,95, o que comprova que a placa de fibra de bananeira tem potencial para se tornar material base para a fabricação de revestimento para absorção acústica, em função desta porosidade. Concluiu-se que a espessura da placa é um dos fatores mais significativos quanto ao desempenho como material para absorção acústica, visto que as placas com espessura de 5 cm absorveram melhor o som do que as placas com espessura de 2 cm. Quanto à combustibilidade, verificou-se a inviabilidade do uso das placas sem a aplicação de um produto antichama, por não atender as disposições da norma técnica NBR 9178. O desempenho apresentado pelas placas em tubo de impedância, para faixa de frequência 1000(Hz) apresenta uma absorção de 0,95 para fibra de bananeira, fibra coco 0,5, espuma Sonex 0,44, lã de vidro 0,87 e lã de rocha 0,88 de absorção, ou seja, os resultados foram satisfatórios e pode-se pensar na confecção de painéis ressonantes/vibrantes. Recomenda-se que o isolamento atenda o conforto acústico de acordo com a NBR 10152 (Nível de ruído para conforto acústico).

Palavras-chave: Painéis Acústicos. Sustentabilidade. Absorção Sonora. Novos Materiais.

ABSTRACT

The current emergence of environmental issues has generated countless discussions about sustainability, and consequently, the development of environmentally appropriate products. This pseudostem is the raw material used in this study. A literature review was conducted as the background for this study, and it included notions related to bananas, sustainability, development of environmentally correct products, and acoustics conceptualization. This

¹ SILVA, Diógenes M; DEMARCHI, Carlos A; MORALES, Gilson. Aplicabilidade de placas de fibra de bananeira na absorção sonora e isolamento acústico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

study concludes that the banana fiber panels showed excellent performance in sound absorption. The performance displayed by the prototypes was better than the performance of other panels made of materials such as coconut fiber, Sonex® foam, fiberglass, and mineral wool.

Keywords: Acoustic panels. Sustainability. Sound absorption. New materials.

1 INTRODUÇÃO

Problemas ambientais, não são recentes e têm causado estragos antes nunca observados, em todas as partes do planeta (GOLDEMBERG E BARBOSA, 2004).

Sob esta óptica, desenvolveu-se o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual, segundo Veiga (2007), inclui o de "empreendedorismo sustentável", que se fundamenta na ecoeficiência, na minimização da produção de lixo e na prevenção contra a poluição. Assim, o empreendedorismo sustentável consiste no uso inteligente dos recursos disponíveis, ou seja, numa combinação entre desenvolvimento e preservação, único caminho para a permanência da vida no planeta. Neste sentido, Savastano et al. (2000), indicam a possibilidade do uso de matrizes à base de cimento reforçado com fibras naturais para a produção de componentes construtivos, como telhas, painéis de vedação vertical, caixas d'água, pias de cozinha, entre outros.

No caso particular da fibra do pseudocaule da bananeira, trata-se de uma fibra natural celulósica. Segundo Justiz-Smith et al. (2007), as fibras celulósicas despertam grande interesse por apresentarem altos valores de módulo de Young, quando comparadas a outras fibras poliméricas, pois seu alto conteúdo de lignina proporciona um incremento de resistência à tração (tensão de escoamento). Assim, os autores indicam que a utilização de fibras naturais é de interesse para a formulação de materiais compósitos de matriz cerâmica, polimérica ou metálica, para aplicações que vão da construção civil à indústria aeronáutica. Balzer et al. (2007) apresentam a utilização de fibra do pseudocaule da bananeira como reforço em materiais termoplásticos, melhorando as propriedades de um composto de PVC reforçado com estas fibras.

Santos (2005) desenvolveu painéis de isolamento acústico a partir de materiais normalmente descartados, como: embalagens de ovos, balões, garrafas pet, entre outros. Muitas pesquisas têm levado ao desenvolvimento de produtos à base de materiais disponíveis descartados junto à natureza.

Dentre as propriedades que podem ser favorecidas por estas incorporações está a absorção sonora. Segundo Fernandes (2002), "O som é um fenômeno vibratório resultante de variações da pressão no ar". Fonte sonora é todo e qualquer fenômeno causador de ondas de pressão no ar. Frequência, intensidade e timbre são as três variáveis físicas que caracterizam o som. Ele ainda define que "frequência é o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som".

Desta forma, o ouvido humano é capaz de captar sons numa faixa ou banda audível que varia entre 20 e 20.000 hertz.

Segundo Bistafa (2006), a propagação do ruído em recintos fechados pode ser causadora de vários problemas: a perda de audição, muito frequente em ambientes industriais; em uma sala de aula, a redução da inteligibilidade da fala; dificuldade de dormir, num quarto; numa biblioteca, a dificuldade de concentração; e dificuldade de se comunicar em qualquer ambiente fechado. Devido à energia das ondas sonoras, materiais rígidos, utilizados como divisórias ou mesmo paredes, vibram parcialmente ou como um todo. Estes obstáculos, como são compostos de materiais rígidos, vibram e se comportam como diafragmas, acabando por irradiar a energia sonora neles incidida (SILVA, 2005).

O som incidente em uma superfície divide-se em três partes, sendo que parte é refletida no mesmo ambiente, enquanto as outras duas partes se dividem em energia sonora transmitida e energia sonora absorvida. Existem três formas de dispositivos especializados de absorção sonora: painel perfurado sobre material poroso/fibroso, membrana flexível sobre material fibroso/pôrto e painel ressonante (BISTAFÁ, 2006).

Ante o exposto, procurou-se realizar neste trabalho uma análise da utilização da fibra do pseudocaule da bananeira, sendo que é neste contexto que se encaixa o produto desenvolvido por este estudo. Para tal, foram produzidas placas para absorção acústica, as quais são muito usadas na construção civil. Objetivou-se melhorar a compreensão do desempenho destas placas, com o propósito de utilizá-las no tratamento acústico de elementos na construção civil.

Conforme Outa (2014), que estudou a fibra da cana e da comparação entre os materiais de mercado, conclui-se que a fibra da cana pode ser utilizada como material de absorção acústica, surge então a possibilidade de experimentação com outras fibras.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa experimental que, conforme Gil (1991, p. 53), "é o melhor exemplo de pesquisa científica".

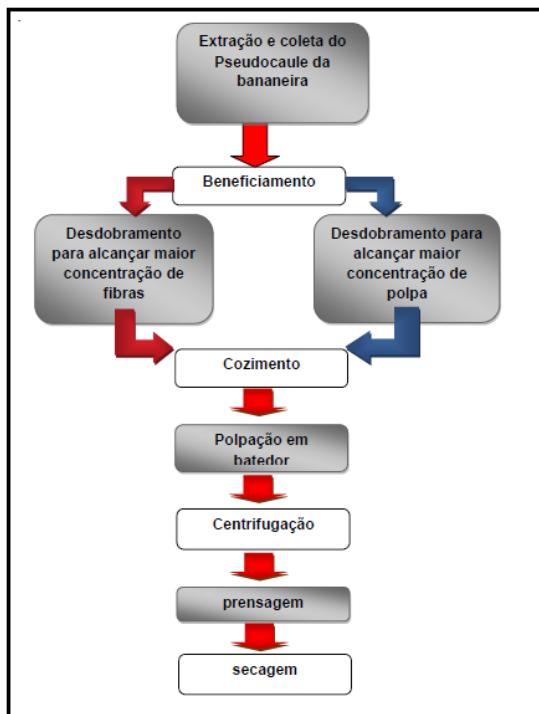
A subespécie de bananeira, cujo nome científico é *Musa Cavendishii* – AAA, subgrupo Giant Cavendishii, foi a escolhida para este trabalho. As amostras foram cedidas pelo Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, no Município de Londrina, Paraná, Brasil.

Esta pesquisa foi norteada pela sequência: extração, beneficiamento, conformação, aplicabilidade de placas de fibra de bananeira, determinação e análise comparativa entre os coeficientes de absorção sonora das placas confeccionadas com fibra de bananeira e os valores encontrados na literatura referentes a placas de espuma Sonex®, placas de fibra de coco, lã de vidro e lã de rocha.

Dentre as questões de pesquisa, uma delas era verificar qual seria o melhor desempenho quanto à absorção acústica, se o das placas de fibra de bananeira com maior concentração de fibras ou daquelas com maior concentração de polpa.

Após coleta do pseudocaule da bananeira, o processo se dividiu nas seguintes etapas, conforme a Figura 01.

Figura 1 – Processo de beneficiamento do pseudocaule da bananeira para a obtenção de fibras.



Fonte: Os autores.

2.1 Cozimento

O cozimento foi feito em tambor de aço contendo 200 litros d'água, a uma temperatura média de 140°C, controlada por meio de termômetro. O tempo de cozimento entorno de duas foi determinado por meio de testes experimentais, sendo considerado ideal quando se verificou que a poupa se soltava da fibra.

2.2 Polpação

A polpação é uma operação que consiste em romper a estrutura da bainha e reduzi-la a uma massa fibrosa. O processo de rompimento das fibras pode se dar de várias formas, mecanicamente, quimicamente ou combinações entre elas, sempre com o uso de calor para ajudar a dissolução do material. Optou-se pela polpação termomecânica.

Foram adotadas duas formas de realizar a polpação, em função da

dimensão das amostras.

A primeira forma foi por meio de um batedor com três hélices, constituído de um tambor metálico de volume igual a 20 litros e motor de 1,5 cavalos e 1700RPM. O material, previamente cozido, com dimensões de cerca de 10cm de largura por 10cm de comprimento, era colocado no tambor contendo 5 litros de água a temperatura ambiente e batido durante 2 minutos.

A segunda forma foi por meio da prensagem em um cilindro de alumínio, utilizada para o material com comprimento superior a 100mm, separando a polpa das fibras, sendo a mesma coletada em um tambor.

2.3 Centrifugação

A centrifugação da matéria foi feita em centrifuga doméstica convencional, com capacidade para dez quilos da marca Wanke. A operação consistiu no depósito do material, polpa e fibra, em sacos de algodão, sendo os mesmos centrifugados por 2 minutos.

2.4 Moldagem das placas

O material foi desfiado manualmente e disposto de forma uniforme em uma moldura de madeira, com a dimensão de 30cmx30cm e altura de 6cm, apoiada sobre um fundo de madeira. O consumo de material para a prensagem é função da espessura desejada, a qual foi fixada em 2 e 5 cm. Para a placa com espessura de 2 cm, o consumo de material variou de 1,0 a 1,5 g/cm², e para a de espessura 5 cm, o consumo variou de 3,2 a 3,8 g/cm². Não houve adição de qualquer produto para promover a aglomeração das fibras, a qual se deu unicamente por meio da polpa.

2.5 Secagem

O material moldado e prensado foi removido da moldura para se proceder a secagem. A secagem foi feita de duas formas distintas: em estufa, à temperatura de 35°C para evitar a combustão, durante 7 dias, e ao sol, durante um período de 4 dias. Recorreu-se à secagem em estufa em função do período de chuvas que dificultou a secagem ao sol.

2.6 Ensaio de Absorção Sonora no Tubo de Impedância

O ensaio de absorção sonora no tubo de impedância consiste no seguinte: definida a faixa a ser ensaiada, conecta-se então o tubo à fonte sonora. O intervalo de frequência a ser ensaiado foi de 100 e 1600 Hz. Os microfones são posicionados na extremidade oposta à fonte sonora. Calibrado o equipamento a ser utilizado no ensaio segundo a ISO 10534-2, inicia-se o processo de medição ao excitar com um ruído branco o tubo, para poder

então medir a pressão no interior do mesmo, isto feito com a amostra em duas diferentes posições, repetindo-se o ensaio com todas as 18 amostras.

Foram empregadas as seguintes frequências: 100Hz; 125Hz; 160Hz; 200Hz; 250Hz; 315Hz; 400Hz; 500Hz; 630Hz; 800Hz; 1000Hz; 1250Hz.

O experimento foi realizado com dois microfones, visando conseguir maior velocidade no ensaio por captar dois sons simultaneamente e também pela disponibilidade do equipamento.

Foram moldados 18 corpos de prova redondos, com diâmetro de 100mm, sendo 9 corpos de prova com maior concentração de polpa, 3 do tipo 1A com espessura de 50mm e massa específica de 0,29 g/cm³; 3 do tipo 1B com espessura de 50mm e massa específica de 0,10 g/cm³ e 3 do tipo 1A1 com espessura de 20mm e massa específica de 0,04 g/cm³ e 9 corpos de prova com maior concentração de fibras, 3 do tipo 2A com espessura de 50mm e massa específica de 0,33 g/cm³ de massa; 3 do tipo 2B com espessura de 50mm e massa específica de 0,15 g/cm³ e 3 do tipo 1A1 com espessura de 20mm e massa específica de 0,05 g/cm³.

2.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foram realizadas imagens através de microscopia eletrônica de varredura, por meio do microscópio Modelo Quanta 200 da FEI Philips do Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade, capaz de chegar a uma aproximação de 50.000 vezes.

As amostras de fibra de bananeira, secas em estufa, foram cobertas com uma camada de ouro de 30 nanômetros de espessura, em um equipamento metalizador denominado Sputtercuater SCD 050, para aumentar a condutividade e melhor refletir a luz, de modo a favorecer a captação da imagem, por se tratar de material opaco. Também foram feitas fotos com cobertura do material com carbono para possibilitar a indicação de medidas nas amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio de absorção sonora foi realizado pela Empresa Waytech Eng. e Com. Ltda. Para a execução do ensaio foi necessária a utilização de um sistema Pulse de captação e tratamento de sinais, composto por: computador para tratamento e armazenamento de dados e amplificador para ajuste do sinal dentro do tubo de impedância. O ensaio utilizou as seguintes frequências: 100 Hz; 125 Hz; 160Hz; 200Hz; 250Hz; 315Hz; 400Hz; 500Hz; 630Hz; 800Hz; 1000Hz; 1250Hz.

Nesta etapa do processo foram empregados dez amostras diferentes de placas de fibra de bananeira, de dimensões de 30 cm x 30 cm, sendo assim caracterizadas: com maior número de fibras e com maior concentração de polpa; com duas massas específicas diferentes; e duas espessuras também diferentes. Foram obtidas placas com maior concentração de polpa e com

maior concentração de fibras, com duas espessuras distintas, 2 e 5 cm. A Tabela 1 apresenta as características gerais das placas.

Ao se observar os valores específicos das massas de cada tipo de placa, verificou-se que a massa das placas com maior concentração de fibras, após secagem, mostrou-se levemente maior do que a das placas com maior concentração de polpa. Isto ocorre porque a polpa absorve maior quantidade de água, enquanto massa úmida, após a centrifugação. As fibras retiveram uma menor quantidade de água, porém, tal característica não foi significativa na massa final das placas secas.

Tabela 1 - Caracterização das placas de fibra de bananeira.

(*) Placas (1) com maior concentração de polpa

(**) Placas (2) com maior concentração de fibra

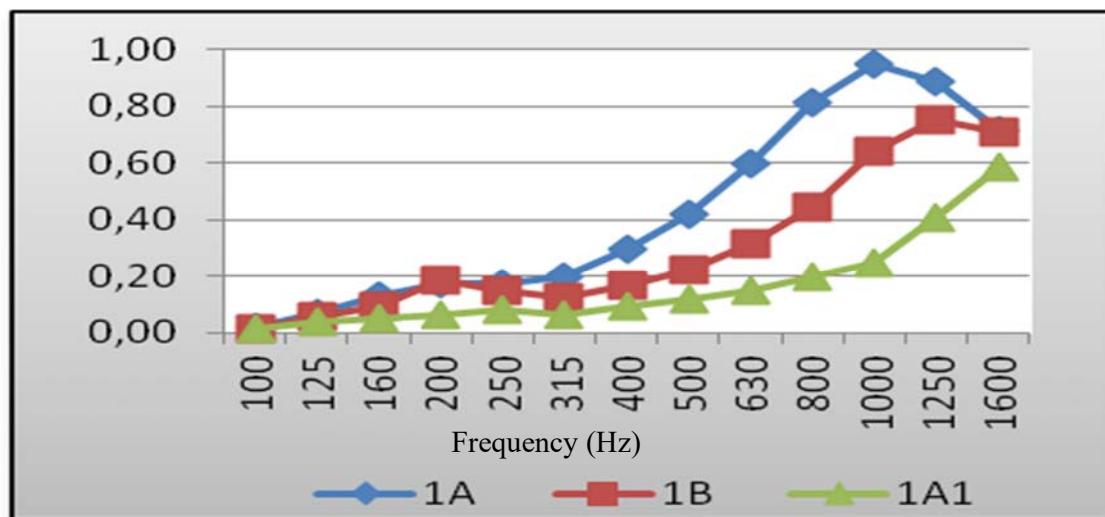
Placas		Massa da placa prensada úmida [kg]	Massa médio da placa prensada seca [kg]	Massa específica [g/cm ³]
Código	Espessura [cm]			
1 A *	5	3,44	1,31	0,29
1B *	5	2,92	0,44	0,10
1A1 *	2	1,38	0,20	0,11
1B1 *	2	0,92	0,15	0,08
2 A**	5	3,44	1,49	0,33
2B**	5	2,92	0,47	0,15
2A1**	2	1,38	0,21	0,11
2B1**	2	0,92	0,19 kg	0,10

Fonte: Os autores

3.1 Absorção Sonora no Tubo de Impedância

A figura 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção sonora no tubo de impedância, com corpos de prova com maior concentração de polpa, sendo que os 1 A têm espessura de 5 cm e massa específica de 0,29 g/cm³; os 1B, espessura de 5 cm e massa específica de 0,10 g/cm³; e os 1 A1, espessura de 2 cm e massa específica de 0,04 g/cm³. As amostras dos tipos 1B1 e 2B1 não foram ensaiadas por apresentarem menor massa específica e pelo fato de já haver sido constatado, em amostras anteriores, que a absorção, nestes tipos de placas, é diretamente proporcional à massa específica.

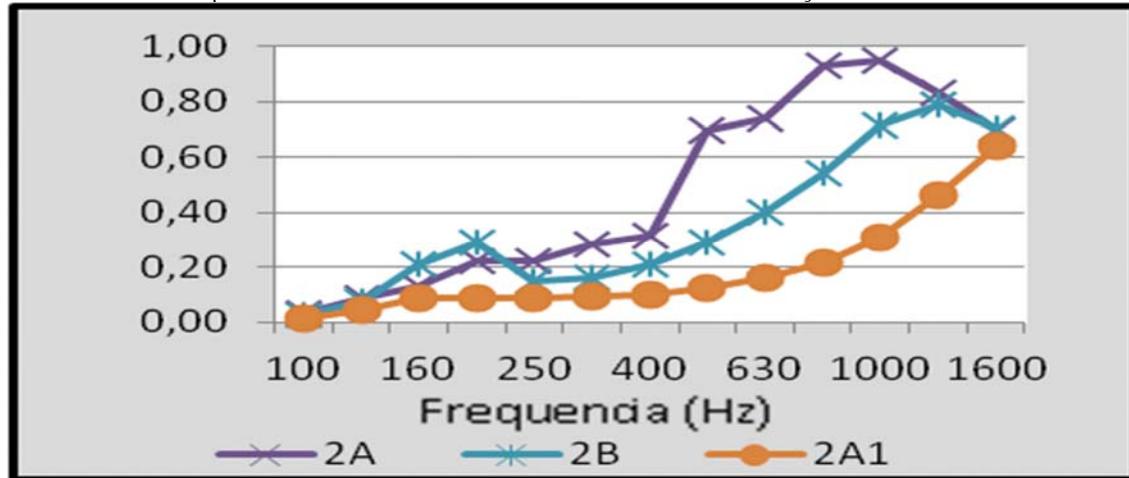
Figura 01 - Variação da absorção em função da frequência para os corpos de prova 1 A, 1B e 1 A1 com maior concentração de polpa.



Fonte: Os autores

Ao se fazer a leitura dos dados apresentados na figura 01, constatou-se que, das três amostras analisadas, a 1A alcançou o melhor desempenho em relação à absorção acústica quando comparada às outras duas, 1B e 1A1. A amostra 1B, com massa específica 0,10g/cm³ e espessura 5cm, superou a amostra 1 A1, com massa específica 0,11 g/cm³ e espessura 2 cm.

Figura 02 - Variação da absorção sonora em função da frequência, para os corpos de prova 2 A, 2 B e 2 A1, com maior concentração de fibras.



Fonte: Os autores

Ao se analisar os dados da figura 3, conclui-se que, das três amostras analisadas, o corpo de prova 2A, com massa específica 0,33 g/cm³, alcançou o melhor desempenho em absorção acústica em relação aos outros dois corpos de prova, ou seja, 2B e 2A1, com massas específicas 0,15 e 0,11g/cm³ respectivamente. Já o desempenho do corpo de prova 2B, com massa específica 0,15g/cm³ e espessura de 5cm, superou o do corpo de prova 2 A1, com massa específica 0,11 e espessura de 2cm. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de absorção sonora para efeito

de comparação e análise.

Segundo os dados da figura 1 e 2, as amostras 2A e 1A apresentaram melhor desempenho acústico quando comparadas às amostras 2B e 1B. Como todas tinham a mesma espessura, verificou-se que o fator que influenciou tais resultados foi a massa específica.

Desta forma, a espessura é um dos fatores mais significativos em relação à absorção acústica deste material, pois, nas amostras em que a massa específica era, ligeiramente, superior, no caso, o corpo de prova 2 A1, cuja massa específica era 0,11 g/cm³, superior à do corpo de prova 1B, com massa específica 0,10 g/cm³, o desempenho foi melhor. Percebeu-se que os corpos de prova que apresentaram maior absorção acústica foram os com 5 cm de espessura. Isto indica que a espessura é um fator que se deve levar em conta na definição deste tipo de placa. Observou-se, também, que a placa com maior massa específica foi a que apresentou maior absorção sonora.

Os corpos de prova com maior concentração de fibras apresentaram resultados superiores aos dos corpos de prova com maior concentração de polpa, assim, conclui-se que todos os corpos de prova com maior concentração de fibras, independente da espessura, apresentam melhor desempenho para a absorção acústica.

A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de absorção sonora no tubo de impedância, com corpos de prova de: lã de vidro, lã de rocha, Sonex®, fibra de coco e fibra de bananeira, segundo dados da literatura e resultados obtidos, neste trabalho, com a fibra de bananeira. Os valores de frequência, de 125 a 4.000 hertz, correspondem à faixa normalmente utilizada na construção civil. Para efeito de comparação, foi considerado o melhor resultado obtido com a fibra de bananeira, correspondente aos corpos de prova do tipo 2 A.

Tabela 2 - Absorção sonora, em função da frequência, para diferentes materiais.

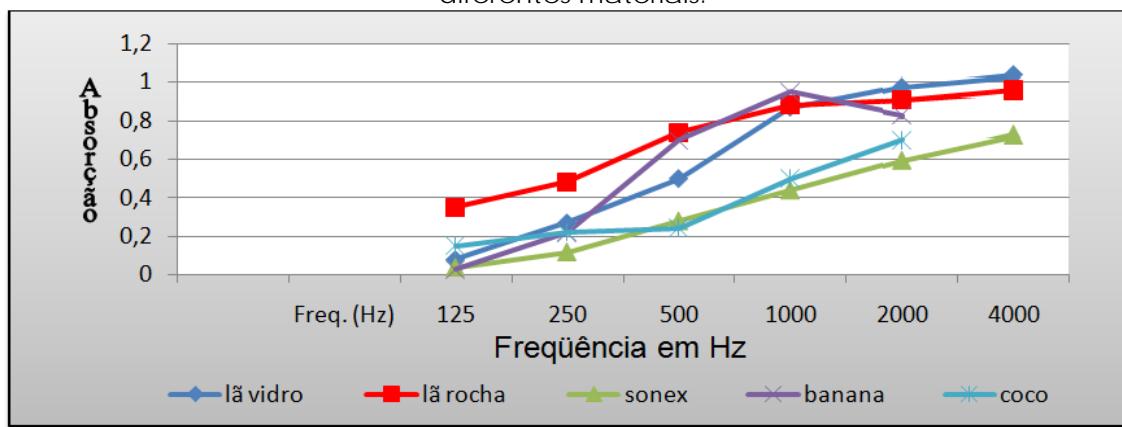
Frequencia (Hz)	Materiais				
	Lã Vidro	Lã Rocha	Sonex®*	Coco**	Banana
125	0,08	0,35	0,04	0,15	0,03
250	0,27	0,48	0,12	0,22	0,22
500	0,5	0,74	0,28	0,24	0,7
1000	0,87	0,88	0,44	0,5	0,95
2000	0,98	0,91	0,6	0,7	0,83
4000	1,04	0,96	0,73		

* Segundo Bistafa (2006)

** Segundo Mafra (2004)

Fonte: Os autores

Figura 3 - Variação da absorção sonora em função da frequência para os diferentes materiais.



Fonte: Os autores

Pelos dados demonstrados na Tabela 2 e na figura 3, observa-se que a placa de fibra de coco é justifica o empenho na investigação da fibra de bananeira a placa de espuma Sonex® apresentam resultados de absorção sonora muito próximos; já a fibra de bananeira apresenta resultados semelhantes aos das placas de fibra lã de rocha e lã de vidro.

3.2 Teste Flamabilidade

Para verificação de combustão do material aplicou-se, nas placas, um produto antichama, à base de enxofre, por meio de um borrisfador, sendo que, nas placas que receberam o tratamento, não ocorreu a combustão. As placas que não receberam tratamento antichama apresentaram velocidade de queima maior do que o permitido pela norma NBR9178, ou seja, 100 mm/min. Desta forma, destaca-se a necessidade deste tratamento.

3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura

Neste ensaio, foram obtidas imagens por meio de amostras recobertas com ouro. O uso do recobrimento em ouro, se fez necessário para melhorar ainda mais a captação da imagem, por se tratar de um material opaco.

Na imagem ampliada 1.600 vezes (Figura 4), podem ser observados pequenos conjuntos de fibras e um corte, ao longo de uma delas, que revela uma sequência de células parcialmente abertas. As características observadas levam à conclusão de que o material se comporta como um conjunto de ressonadores de som. A Figura 5 apresenta uma imagem com ampliação de 80 vezes, na qual aparece uma parede que toma quase todo o espaço da mesma, onde se verifica a repetição dos elementos.

Figura 4 - Série de fibras de bananeira, em corte longitudinal, mostrando uma sequência de células parcialmente abertas.

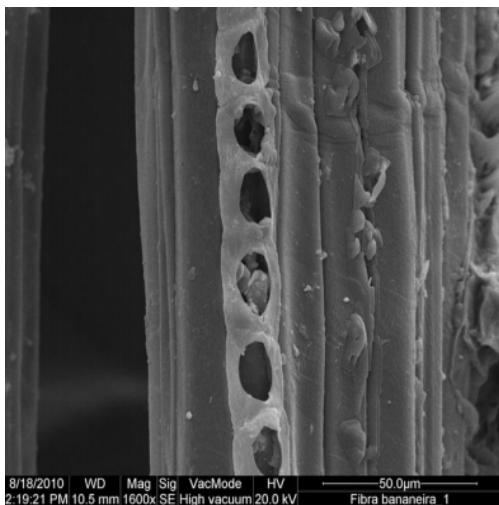
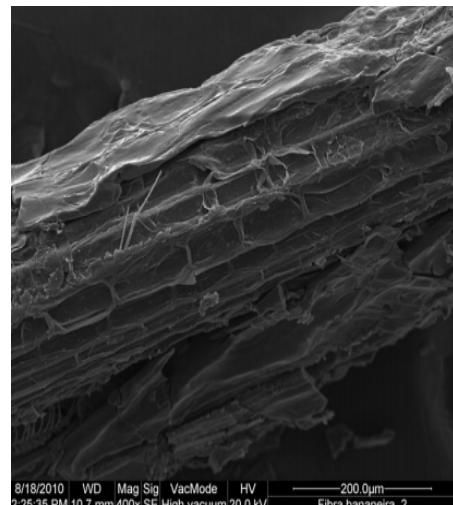


Figura 5 - Sequência de células de fibra de bananeira: uma estrutura cilíndrica recoberta com a polpa.



4 CONCLUSÃO

A partir deste experimento, foi possível observar que a empregabilidade das placas de fibra de bananeira desenvolvidas apresenta elevada viabilidade de uso na construção civil, uma vez que comprovaram desempenho geral compatível com o de outros materiais empregados para os mesmos fins, o que justifica a sua utilização, sendo uma alternativa sustentável de material.

O desempenho do material estudado foi superior à lã de vidro, no intervalo de 250 a 1000 Hertz, e, ligeiramente superior, à lã de rocha, entre 500 e 1400 Hertz.

Referências Bibliográficas

_____. NBR 6023: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

BALZER, Palova S., VICENTE, Lawrence L., BRIESEMEISTER, Ricardo et al. Estudo das propriedades mecânicas de um composto de PVC modificado com fibras de bananeira. **Polímeros**, jan/mar. 2007, v.17, n.1, p.1-4. ISSN 0104-1428.

BISTAFA, Sylvio R., **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GARAVELLO, M.E.P.E.; MOLINA, S.M.G. O Artesanato com Fibra de Bananeira. In: XIII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, Registro, 2005.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDEMBERG, José; BARBOSA, Luiz Mauro. Meio ambiente no Brasil e no mundo. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/artigos/030904_meioambibrasil/htm>. Acesso em 10 jun. 2010.

JUSTIZ-SMITH, Nilza G.; VIRGO G. Junior; BUCHANAN, Vernon E. Potential of Jamaican Banana, Coconut Coir and Bagasse Fibres as Composite Materials. Materials Characterization (2007), doi: 10.1016/j.matchar. 2007.10.011

OUTA, Roberto. "Estudo e análise do coeficiente de absorção acústico do compósito da fibra de cana." (2014): 70-f. Disponível em: http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/pos-graduacao/roberto-outa_final.pdf. Acesso em 31 mai. 2016.

SANTOS, Jorge Luiz Pizzuti dos . Estudo do Potencial Tecnológico de Materiais Alternativos em Absorção Sonora. Santa Maria: UFSM, 2005

SAVASTANO Jr., H.; WARDEN, P.G.; COUTTS, R.S.P. Microstructure and mechanical properties of waste fibre-cement composites. **Cement & Concrete Composites**, 2005, v.27.

SILVA Péricles. Acústica Arquitetônica e Condicionamento de Ar. **EDTAL Empresa Termo Acústica Ltda.** Belo Horizonte, 2005.

VEIGA, José Elida. A emergência socioambiental. São Paulo: **Senac**, 2007.