



COMUNICADO
TÉCNICO

478

Colombo, PR
Fevereiro, 2022

Embrapa

Compósitos cimentícios reforçados com fibras da capa do palmito pupunha

Washington Luiz Esteves Magalhães
Alan de Oliveira Castro
Leandro Vanalli

Compósitos cimentícios reforçados com fibras da capa do palmito pupunha

Washington Luiz Esteves Magalhães, Engenheiro Químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Alan de Oliveira Castro**, Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia e Ciência de Materiais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR; **Leandro Vanalli**, Engenheiro Civil, doutor em Engenharia Civil, professor associado da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR

O cimento Portland é classificado como um tipo de cerâmica e é a principal matéria-prima para os compósitos cimentícios. Este material é composto basicamente por argila e calcário que, ao serem submetidos às altas temperaturas, formam no fim do seu processo o clínquer que, após a sua moagem, com adição de gesso, produzem o cimento (ABCP, 2018). Materiais cimentícios apresentam comportamento frágil (colapso sem aviso prévio) quando submetidos a esforços e, visando combater essa carência de resistência, é comum a utilização de fibras, sejam elas naturais ou não (Secchi; Neves Junior, 2019).

As fibras naturais, especialmente as de origem vegetal, são caracterizadas como lignocelulósicas, pois possuem em sua composição a lignina, a celulose e a hemicelulose (Chokshi et al., 2020). Estas fibras devem ser utilizadas com cautela, pois podem ser danificadas pela alcalinidade do compósito cimentício. A alcalinidade causa a hidrólise da lignina e da hemicelulose das fibras, causando a separação das

fibrilas de celulose que estavam unidas (Wei; Meyer, 2015).

A cultura da pupunha quer seja ela estabelecida no sistema homogêneo ou no sistema agroflorestal (SAF), principalmente nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, visa à produção de palmito. A maioria dos plantios é feita pelos pequenos produtores rurais e o corte da cabeça do palmito gera resíduos que ficam na propriedade rural e outros que são gerados no processamento do palmito nas agroindústrias. A cabeça do palmito contém apenas cerca de 30% de porção comestível, sendo o restante, a capa do palmito, considerado resíduo que pode e deve ter destinação com maior valor agregado ao invés de se tornar um passivo ambiental. Existem várias possibilidades de uso destas capas de palmito pupunha, sendo que neste trabalho será apresentada a produção de compósitos cimentícios. A incorporação da capa de palmito em matriz cimentícia pode ser uma opção para pequenos produtores rurais praticarem a autoconstrução de edifícios rurais, tais como

as paredes de granjas, pisos e outras possibilidades.

Diante da importância dos compósitos reforçados com fibras para o desenvolvimento de materiais cada vez mais eficientes no mercado atual, este trabalho teve o objetivo de produzir um compósito cimentício reforçado com fibras provenientes da capa do palmito pupunha, analisar a absorção de água da fibra e realizar testes de resistência mecânica do compósito.

Os materiais utilizados para produzir o compósito de matriz cimentícia estão descritos na seção seguinte, bem como as metodologias de produção e caracterização realizadas para os tratamentos. Foram utilizados tratamentos sem fibras (controle) e com adição de 2% em massa de fibra em relação à massa do cimento. Lembrando que a densidade das fibras vegetais é muito menor que a do cimento. Os corpos de prova foram elaborados nos formatos cilíndricos, para testes de resistência à compressão, e prismáticos para os testes de resistência à flexão em três pontos. As idades de rompimentos foram estabelecidas em 7, 14 e 28 dias.

Fibra da pupunha

A fibra da capa do palmito pupunha foi obtida de produtores do Litoral do Paraná, secas a 105 °C até peso constante em laboratório e posteriormente moídas em moinho de facas, para se obter fibras de diâmetro e comprimento pequenos (Figura 1).



Figura 1. Fibras secas e moídas de pupunha.

Peneiras

Como havia uma grande variação de diâmetros e comprimentos, após moagem, as fibras foram passadas por um conjunto de peneiras de abertura normatizada, comumente utilizadas para o peneiramento de agregado miúdo.

Cimento

O cimento utilizado para o compósito foi o da marca Votoran CP II - Z - 32. Por se tratar de um produto industrializado e normatizado, não houve necessidade de caracterizar o mesmo.

Areia

O agregado miúdo utilizado foi a areia natural média lavada, retirada de rios da Região de Maringá, PR. A areia foi

caracterizada conforme recomendações das normas que tratam do agregado miúdo, determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo, determinação da massa unitária e do volume de vazios, e determinação da massa unitária, respectivamente: NBR NM 53 (ABNT, 2003), NBR NM 45 (ABNT, 2008) e NBR 7251 (ABNT, 1982).

Compósito

Para produzir os corpos de prova, foram utilizados cimento, areia e relação a/c (água/cimento) nas seguintes proporções mássicas, respectivamente: 1:3:0,58. Essas proporções foram estabelecidas por meio de repetições do ensaio da mesa de consistência, visando obter uma melhor trabalhabilidade da argamassa e índice de consistência próximo ao valor $260 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$, recomendado pela NBR 16541 (ABNT, 2016).

O índice de consistência foi obtido pelo ensaio da mesa de consistência (*flow table*), conforme NBR 13276 (ABNT, 2016) (Figura 2).

A argamassa é colocada no molde cônico com auxílio de uma espátula, em três camadas de mesma altura. Em seguida são aplicados 30 golpes uniformemente distribuídos e homogêneos divididos em 15, 10 e 5 para a primeira, segunda e terceira camadas, respectivamente. Logo após, caso haja material excedente, regulariza-se o topo e remove os excessos do molde. Após a limpeza, retira-se o molde e movimenta



Figura 2. Aparelhagem de ensaio da mesa de consistência (*flow table*).

a manivela da mesa, realizando 30 quedas no tempo de 30 segundos. Ao final do ensaio, o índice de consistência será a média de três medidas de diâmetro da argamassa espalhada na mesa.

Para obter o material que iria ser utilizado na argamassa de cimento e fibra, inicialmente pesou-se uma determinada quantidade de fibras. Em seguida, utilizou-se as seguintes peneiras: # 4, 8, 16, 30, 50, 100 e fundo (Figura 3).

A massa utilizada de fibra foi 149,31 g. A Tabela 1 apresenta as quantidades referentes às respectivas peneiras e suas porcentagens.

Para obter um maior aproveitamento do maior volume de fibras, foi utilizado o material retido na peneira 16 para preparar os compósitos, por apresentar a maior fração em massa dentre as demais.

Por se tratar de fibra natural, a mesma possui porosidade e alta capacidade de absorção de água.

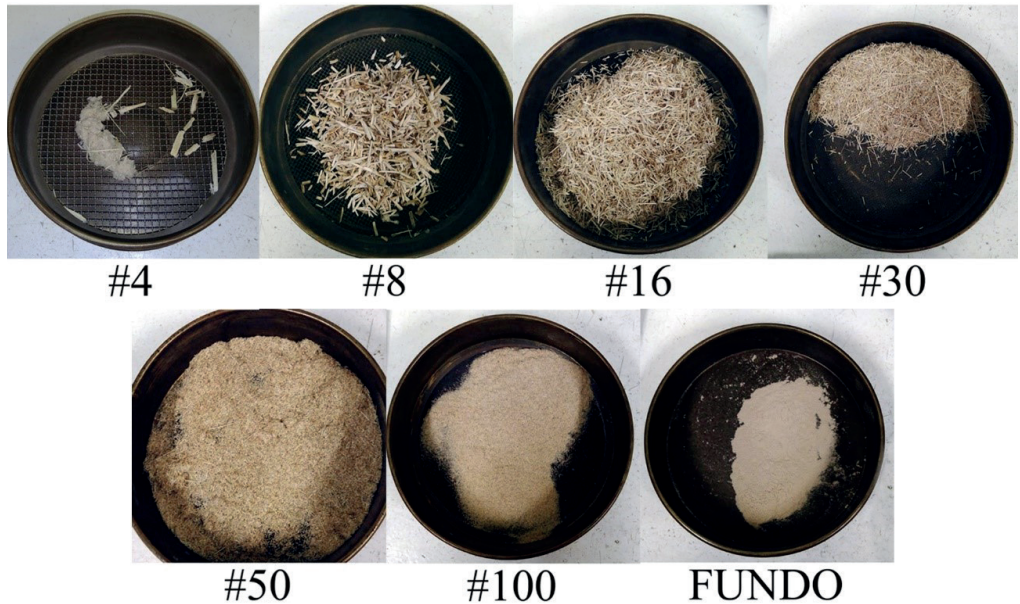


Figura 3. Peneiras com as respectivas quantidades retidas de material.

Tabela 1. Massa e porcentagem de fibras por peneira.

# Peneiras	Ø Abertura (mm)	Massa retida (g)	Massa acumulada (g)	% Retida	% Acumulada
4	4,76	1,57	1,57	1	1
8	2,38	29,61	31,18	20	21
16	1,19	62,10	93,28	42	62
30	0,59	29,65	122,93	20	82
50	0,297	15,57	138,50	10	93
100	0,149	8,21	146,71	5	98
Fundo	-	2,60	149,31	2	100

Portanto, para que não houvesse alteração na proporção de água de hidratação do compósito por parte da fibra, foi realizado um teste de absorção de água para corrigir a quantidade de água necessária para o compósito.

A metodologia de absorção de água utilizada foi a mesma que Lopes et al. (2011) utilizaram em seus trabalhos. As fibras foram secas em estufas e pesadas. Em seguida, foram imersas em recipiente com água destilada na

temperatura ambiente (uma peneira com pesos era mantida sobre as fibras para que estas ficassem completamente imersas), sendo pesadas nos tempos de 30 minutos, 2 horas e 24 horas. Para cada tempo, as fibras eram retiradas da água e secas superficialmente, para eliminar o excesso de água com papel toalha e pesadas ainda úmidas. A Tabela 2 apresenta os resultados de absorção obtidos conforme Equação 1.

Onde:

m_0 - massa seca inicial (g)

m_1 - massa após imersão em água (g)

Com o valor de absorção de água obtido para as fibras no ensaio, pode-se calcular a correção do traço, adicionando a quantidade de água necessária que

a fibra absorveria. Ver Tabela 3, referente às proporções utilizadas.

Índice de consistência (IC)

O compósito apresentou índice de consistência próximo ao estabelecido pela NBR 16541 (ABNT, 2016), para o traço de referência (Figura 4). Contudo, vale ressaltar que a norma recomenda utilizar índice de consistência de 260 mm \pm 5 mm, para os casos de não haver IC pré-estabelecido.

A Figura 5 mostra o índice de consistência da argamassa com fibras de 322 mm \pm 10 mm. Houve um aumento de 35% no índice de consistência da argamassa com adição de 2% de fibras.

$$\text{Absorção de água (\%)} = ((m_1 - m_0) / m_0) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Tabela 2. Absorção de água pelas fibras em função dos diversos tempo de imersão.

Tempo (h)	Massa seca (g)	Massa úmida (g)	Massa de água (g)	Absorção de água (%)
0,5	10,00	43,68	33,68	337
2,0	10,00	53,12	43,12	431
24,0	10,00	55,58	45,58	456

Tabela 3. Proporção de materiais utilizados por traços.

Traço	Cimento (g)	Areia (g)	a/c	Água (ml)	Água adicional (ml)	Adição de fibra (%)	Fibra (g)
Referência	500	1.500	0,58	290	0,00	0	0
2% fibra	500	1.500	0,58	290	45,58	2	10

Figura 4. Argamassa referência ensaiada na mesa de consistência.

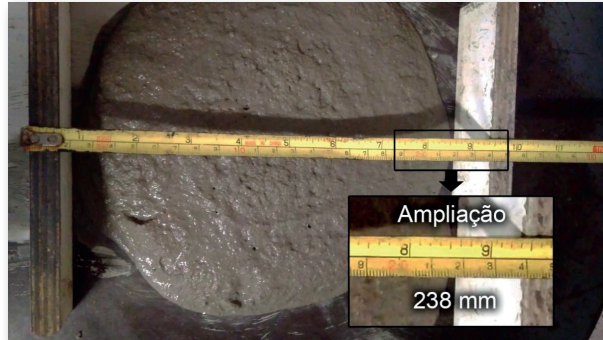
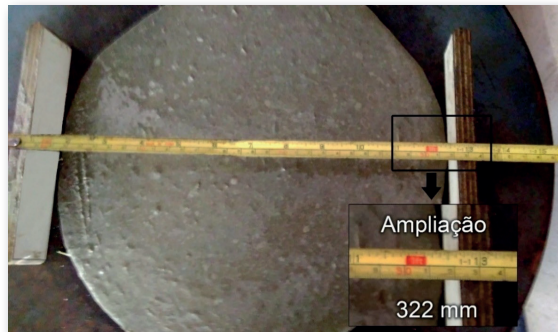


Figura 5. Argamassa 2% fibra ensaiada na mesa de consistência.



Esta diferença de IC indica aumento de volume e maior fluidez da argamassa que, por ventura, pode diminuir a aderência em acabamentos de parede, tal como o reboco. Não existe parâmetro normativo que indique ser aceitável ou não o aumento do IC.

Ensaios mecânicos

Os ensaios mecânicos foram realizados em prensa de esforço axial, sendo que foi feita uma adaptação para o caso da resistência à flexão (Figura 6).

Após a realização dos ensaios, obtive-se os valores para o traço referência e para 2% de fibras conforme apresentados na Tabela 4.

Conforme valores da Tabela 4, é possível notar que houve diminuição da resistência à flexão e compressão ao comparar os valores de 2% de adição de fibra com a argamassa referência. Além disso, durante a realização dos ensaios de flexão, os corpos de prova não romperam abruptamente, sofrendo uma pequena deformação antes de serem rompidos. Isso mostra que as fibras conferiram maior elasticidade ao compósito final.

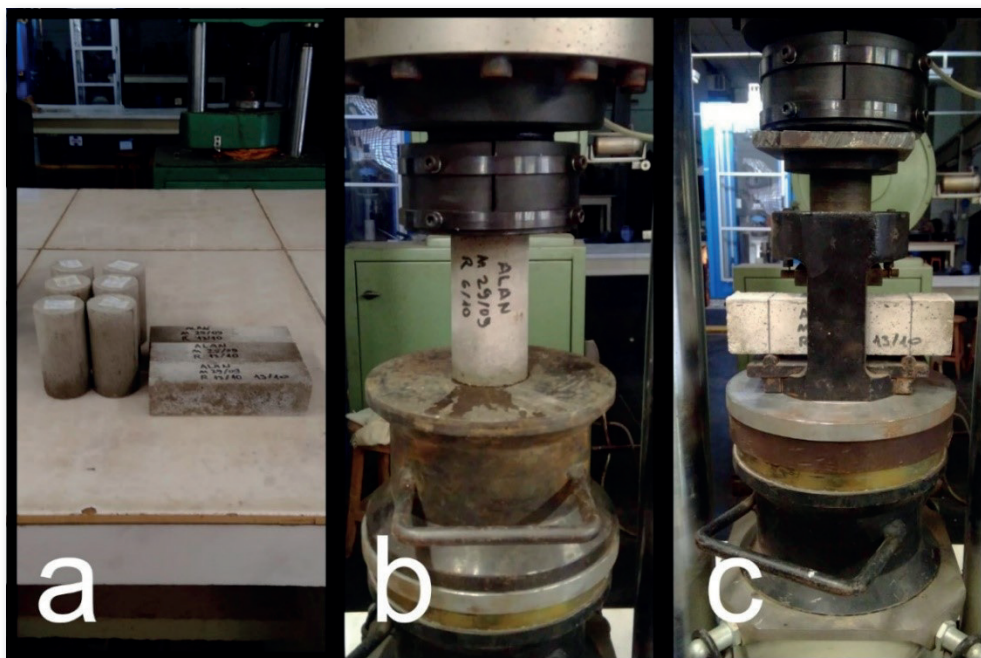


Figura 6. Ensaio mecânico: (a) corpos de prova cilíndricos e prismáticos; (b) resistência à compressão; (c) resistência à flexão em três pontos.

Tabela 4. Resultado de ensaio mecânico.

Argamassa	Idade (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à flexão (MPa)
Referência	7	16,73	0,44
Referência	14	17,25	0,48
Referência	28	19,27	0,48
2% fibra	7	10,54	0,29
2% fibra	14	12,67	0,31
2% fibra	28	14,42	0,38

Conclusão

A incorporação de 2% em peso de fibras lignocelulósicas na matriz cimentícia causou diminuição das resistências mecânicas (à compressão e à flexão) em cerca de 25% e 21%, respectivamente, após 28 dias de cura, quando comparada à condição sem adição de fibras. Apesar da diminuição na resistência mecânica, esta técnica pode ser usada para moldar pequenas peças que não necessitam de desempenho estrutural significativo. A adição de fibras vegetais da capa de pupunha permite reduzir o uso de cimento e aumenta a elasticidade das peças produzidas.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.
- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Cimento**: diferentes tipos e aplicações. Curitiba, 2018. Disponível em: <https://abcp.org.br/imprensa/artigos/cimentodiferentes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 4 out. 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7251**: agregado em estado solto: determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16541**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 45**: agregados: determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 53**: agregados: determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.
- CHOKSHI, S.; PARMAR, V.; GOHIL, P.; CHAUDHARY, V. Chemical composition and mechanical properties of natural fibers. **Journal of Natural Fibers**, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1848738>.
- LOPES, F. M. L.; ARAÚJO, G. T.; LUNA, S.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R. Modificação das propriedades das fibras de curauá por acetilação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 316-321, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000300014>.
- SECCHI, M.; NEVES JUNIOR, A. Adição de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar em compósitos cimentícios reforçados com fibras de sisal. **Engineering and Science**, v. 1, n. 8, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES201987432>.
- WEI, J.; MEYER, C. Degradation mechanisms of natural fiber in the matrix of cement composites. **Cement and Concrete Research**, v. 73, p. 1-16, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.02.019>.

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2022)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Elisabete Marques Oaida

Membros

Annete Bonnet

Cristiane Aparecida Fioravante Reis

Guilherme Schnell e Schühli

Krisle da Silva

Marcelo Francia Arco-Verde

Marcia Toffani Simão Soares

Marilice Cordeiro Garrastazu

Valderês Aparecida de Sousa

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Fotos capa e texto:

Alan de Oliveira Castro