

## **AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS COM ADIÇÃO DE FIBRA DE CURAUÁ (*ANANAS ERECTIFOLIUS*)**

**Gustavo Macioski**

UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil  
gmacioski@utfpr.edu.br

**Leidimara Aparecida Martins**

UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil  
leidi\_mara@yahoo.com.br

**Talita Mueller**

UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil  
talita.mueller@yahoo.com.br

**Adalberto Matoski**

UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil  
adalberto@utfpr.edu.br

### **Resumo**

Durante a busca por novos materiais para construção civil vem crescendo progressivamente o uso de fibras vegetais como uma alternativa para melhorar propriedades de concretos e argamassas, e vantagens como o custo tornam-se relevantes nas pesquisas nesta área de conhecimento. Assim, o objetivo desse trabalho é avaliar propriedades de argamassas de revestimento com adição em sua composição de fibra vegetal amazônica - o Curauá (*Ananas Erectifolius*) – em sua composição. A avaliação foi realizada após moldagem de corpos de prova prismáticos (4x4x16)cm ensaiados aos 7 e 28 dias. A partir dos resultados obtidos foi possível estabelecer a grande influência da fibra na matriz cimentícia, em especial na resistência mecânica do material que apesar de apresentar queda na resistência à compressão apresentou um aumento de 78% na resistência à tração da argamassa. Observou-se ainda redução do índice de consistência em 59% e variações sensíveis no módulo de elasticidade sem significância estatística. Assim, destaca-se a necessidade de estudos como esse para buscar novos tipos de fibras vegetais que possam ser aplicadas como material de construção e seja possível se estabelecer parâmetros mínimos para a aplicação de fibras vegetais incorporadas em argamassas.

**Palavras-chave:** Argamassa. Módulo de Elasticidade. Ultrassom. Fibra vegetal. Curauá.

### **1 Introdução**

As fibras naturais vêm apresentando um grande potencial de aplicação em diversos setores industriais. Por isso, a compreensão de suas propriedades e entendimento delas em termos de sua estrutura é de fundamental importância para definição de novas aplicações (TOMCZAK, 2010). Junior et al (2010) afirmam que dentre as diversas fibras naturais, a fibra de Curauá é atraente por apresentar elevada propriedade mecânica associada a baixos valores de densidade.

Tendo em vista a ampla diversidade de fibras vegetais empregadas como reforço em compósitos cimentícios, torna-se imprescindível avaliar-se o desempenho destes materiais juntos para a melhoria dos elementos de construção (BILCATI, 2015). Deste modo, o objetivo deste trabalho é avaliar argamassas com fibra vegetal amazônica- o Curauá (*Ananas Erectifolius*) – e a variação de algumas de suas propriedades após a adição da fibra em sua composição.

## 2 Fibra de Curauá (*Ananas Erectifolius*)

A produção de fibra de Curauá, cujo nome científico é *Ananas Erectifolius*, vem crescendo em na região norte do país. A fibra está sendo utilizada para reforçar matrizes de polipropileno em compósitos utilizados na parte interna de veículos do mercado nacional (ROSA, MOREIRA e BILCATI, 2012). Há duas variedades distintas do Curauá, uma de folha roxa-avermelhada ("curauá-roxo"), e outra de folha verde-claro ("curauá-branco"), e aspecto da planta pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – *Ananas Erectifolius*.



Fonte: ABX Tropical Flowers (2015)

As fibras de Curauá são fibras naturais que consistem de células de diferentes diâmetros. A superfície das fibras apresentam irregularidades que podem ser originadas no processo de extração/processamento das fibras e que afetam diretamente as propriedades mecânicas das mesmas – que são apresentadas na Tabela 1 (TOMCZAK, 2010).

Tabela 1 –Principais propriedades da fibra de Curauá

| <b>Propriedade</b>           | <b>Resultado</b>         |
|------------------------------|--------------------------|
| Densidade de ligações fracas | 152,8 MN.m <sup>-3</sup> |
| Módulo estático              | 96 a 30GPa               |
| Tensão de ruptura            | 310 a 131MPa             |
| Alongamento na ruptura       | 4,49 a 10,20 %           |

Fonte: Adaptado de Tomczak (2010)

Alguns materiais lignocelulósicos, de acordo com Beraldo e Carvalho (2004), podem inibir a formação de cristais durante a hidratação do cimento Portland que, por sua vez, são essenciais para o desenvolvimento da resistência - por este motivo é indicado um tratamento na fibra. Para a fibra de Curauá indica-se o tratamento químico - com solução de 1% NaOH por 24 horas, lavagem e secagem. Contudo, de acordo com Bilcati (2014), apesar deste tratamento apresentar redução na ação inibidora da fibra, ele não é capaz de causar alterações significativas nas resistências mecânicas aos 28 dias.

### 3 Materiais e métodos

Para avaliar as propriedades das argamassas foram moldados corpos de prova prismáticos (4x4x16)cm de acordo com a ABNT NBR13279 (2005). As argamassas foram dosadas em laboratório com cimento CPV-ARI, com finura de 3,989 cm<sup>2</sup>/g e massa específica de 3,09 g/cm<sup>3</sup>. O agregado miúdo utilizado apresenta as características físicas de acordo com a Tabela 2 e sua distribuição granulométrica pode ser observada na Figura 2.

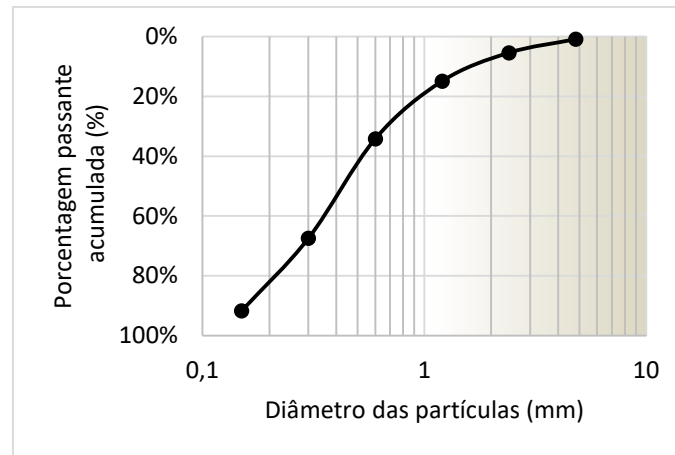
Tabela 2 – Caracterização do agregado miúdo

| <b>Propriedade</b>             | <b>Norma</b>           | <b>Resultado</b>              |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Massa específica seca          | ABNT NBR NM 52 (2009)  | 2,602± 0,027g/cm <sup>3</sup> |
| Massa unitária no estado solto | ABNT NBR NM 45 (2006)  | 1,54 ± 0,020g/cm <sup>3</sup> |
| Material pulverulento          | ABNT NBR NM 46 (2001)  | 6,6% ± 1,1%                   |
| Módulo de finura               | ABNT NBR NM 248 (2001) | 2,15                          |

Fonte: Autores

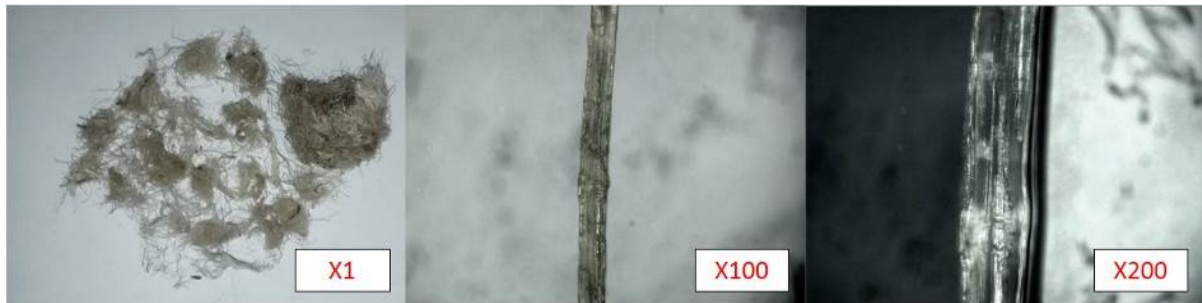
A fibra vegetal de Curauá utilizada – que possuía cerca 40mm de comprimento - foi seca em estufa e cortada em um moinho de facas. A fibra, após processamento, apresentou massa específica de 1,23g/cm<sup>3</sup> e diâmetro aproximado de 163,20µm conforme imagem obtida por microscopia ótica apresentada na Figura 3. Para esta pesquisa os ensaios foram realizados com a fibra natural (sem tratamento térmico ou químico) devido à baixa influência nas propriedades do estado endurecido observados por Bilcati (2014).

Figura 2 – Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Autores

Figura 3 – Microscopia da fibra



Fonte: Autores

Para verificar a influência da fibra nas argamassas foram ensaiadas argamassas mistas de revestimento com o traço “1:3” em massa – conforme indicação da ABNT NBR 7215 (1996) que avalia a resistência mecânica de argamassas de cimento - com diferentes teores de fibra em sua composição (0%, 0,5%, 1% e 2%) - em relação à massa de cimento. A quantidade de água para o traço de referência foi ajustada com o objetivo de se obter um índice de consistência fixo de  $240 \pm 10$  mm para a argamassa de referência com base nas indicações da ABNT NBR 13276 (2002) na mesa de abatimento (*flow-table*). As argamassas dosadas em laboratório foram confeccionadas utilizando os procedimentos descritos pela ABNT NBR 7215 (1996) em misturador mecânico.

No estado fresco foram realizados os ensaios de índice de consistência (ABNT NBR 13276) e densidade de massa no estado fresco (ABNT NBR 13278). No estado endurecido, após cura ao ar, foram realizados os ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão (ABNT NBR 13279) aos 7 e 28 dias de idade. Também foram realizados ensaios de densidade de massa aparente (ABNT NBR 13280), módulo de elasticidade dinâmico por onda ultrassônica (ABNT NBR 15630) e absorção de água por capilaridade (ABNT NBR 15259) apenas aos 28 dias.

O módulo de elasticidade dinâmico foi calculado após medida de velocidade de onda ultrassônica através das amostras e calculado conforme a Equação 1.

$$E_{din} = \rho \cdot V^2 \cdot \frac{(1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}{1 - \nu}$$

Equação 1

Onde:

$E_{din}$  = Módulo de elasticidade dinâmico por ultrassom (MPa)

$\rho$  = Densidade aparente (kg/m<sup>3</sup>)

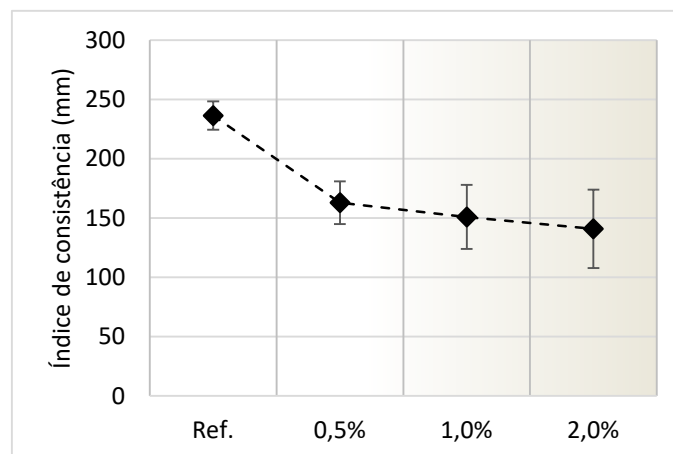
$V$  = Velocidade de onda ultrassônica (km/s)

$\nu$  = Coeficiente de Poisson (considerado como 0,2 neste estudo)

#### 4 Resultados

A seguir serão apresentados os resultados no estado fresco e endurecido obtidos. No estado fresco, foi observada uma grande perda de trabalhabilidade com a adição da fibra de Curauá, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Índice de consistência



Fonte: Autores

É possível observar uma redução no índice de consistência de até 60%, apresentada na Figura 4, possivelmente ocasionada pela absorção de água de amassamento pela fibra vegetal, pelo aumento da área superficial dos materiais de mistura e pela formação de regiões com concentração de fibras que barraram o escoamento da argamassa, que foram observadas após rompimento conforme apresentado na Figura 5.

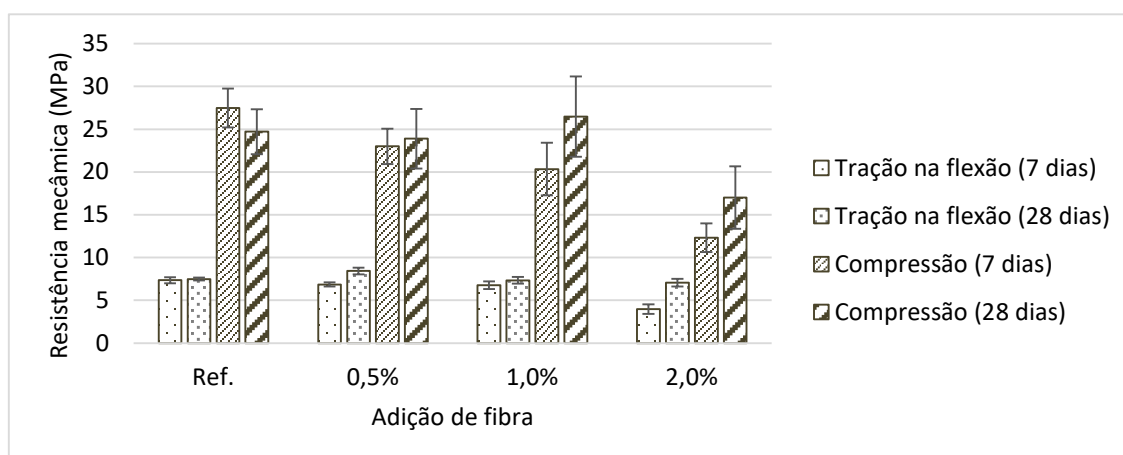
Figura 5 – Aparência dos corpos de prova após ruptura



Fonte: Autores

Os resultados de resistência à tração na flexão e à compressão, por sua vez, são apresentados na Figura 6 para as idades de 7 e 28 dias.

Figura 5 – Resistência à tração na flexão e à compressão



Fonte: Autores

Observa-se que para a idade de 7 dias a resistência à compressão das argamassas com 0,5%, 1% e 2% de adição de fibras, obteve-se uma queda de 16, 11 e 39% respectivamente, em relação a argamassa de referência, o que revela uma possível inibição da fibra vegetal (causada pela presença de materiais lignocelulósicos) influenciando as resistência em idades iniciais. Para 28 dias, pode-se observar que para a adição de até 1% ocorre um incremento de resistência mecânica que pode ser atribuído a água ainda livre no sistema devido à absorção de água pela fibra, permitindo a hidratação do cimento ao longo dos 28 dias (SAVASTANO, 1992). Já a queda de resistência no teor de 2% foi causada pelo mau adensamento devido à baixa trabalhabilidade da argamassa conforme já apresentado nas Figuras 4 e 5. Sabe-se que irregularidades do comprimento das fibras e sua distribuição no corpo de prova, fato observado na argamassa com 2% de adição de fibras, é uma causa comum na queda de resistência mecânica em argamassas com fibras vegetais (SAVASTANO, 2000).

Em relação à resistência na tração na flexão, nota-se que não houve ganho significativo com adição do teor de fibra em até 1%. Entretanto, com adição de 2% houve um aumento de resistência de aproximadamente 78%. Este resultado era esperado uma vez que o reforço dos corpos de prova com fibras permite uma maior capacidade de carga – mesmo após ruptura – possibilitando a amostra a resistir a uma maior tensão de tração (SAVASTANO, 2000).

Após análise ANOVA com 95% de significância e resultados apresentados na Figura 6, é possível afirmar que o teor de fibras gera um efeito significativo nas resistências à tração na flexão e à compressão. Após análise múltiplas de médias com 95% de confiabilidade pode-se obter os resultados apresentados na Tabela 3. De forma geral, pode-se afirmar ainda que a fibra vegetal trouxe uma melhoria positiva na resistência à tração por flexão do material e seria possível aplicar este material sem alterações na resistência à compressão se desenvolvido um sistema de dispersão desta fibra no interior do material cimentício que não afete o adensamento ou com o uso de aditivos.

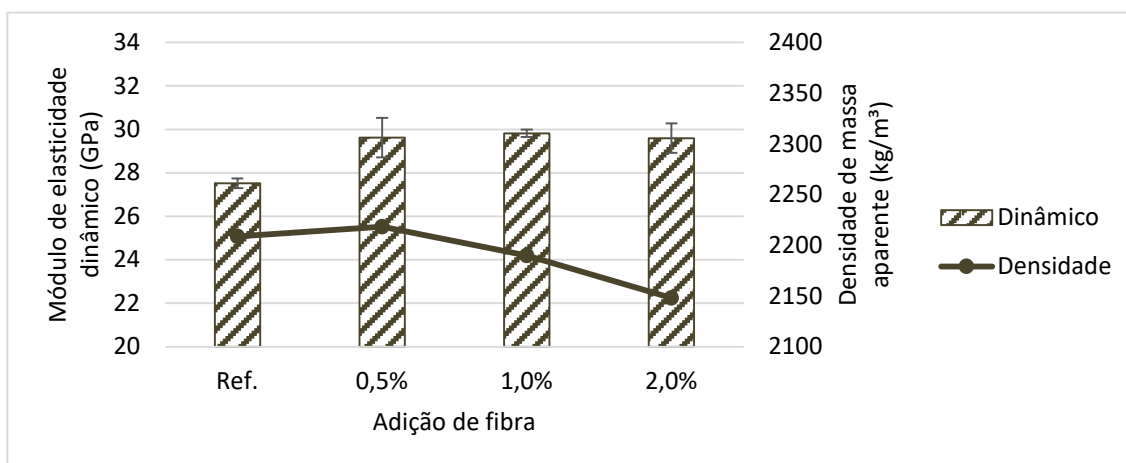
Tabela 3 – Resultados de comparação múltiplas de médias com 95% de confiabilidade

| Resistência      | 7 dias                    | 28 dias                   |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| Tração na flexão | Ref. = 0,5% = 1,0% ≠ 2,0% | Ref. ≠ 0,5% ≠ 1,0% = 2,0% |
| Compressão       | Ref. ≠ 0,5% = 1,0% ≠ 2,0% | Ref. = 0,5% ≠ 1,0% ≠ 2,0% |

Fonte: Autores

Após avaliadas as resistências mecânicas foram analisados os resultados de módulo de elasticidade dinâmico por onda ultrassônica e densidade de massa no estado endurecido conforme apresentado na Figura 7 para a idade de 28 dias.

Figura 7 – Módulo de elasticidade dinâmico para as argamassas



Fonte: Autores

Com a adição de fibra na argamassa esperava-se que sua capacidade de deformação aumentasse pela presença da fibra, contudo observou-se um aumento da rigidez do material expressa pelo módulo de elasticidade do mesmo após adição de apenas 0,5% de fibra. Após análise ANOVA com 95% de significância nos resultados da Figura 7, nota-se que o teor de fibras gera um influência

estatisticamente significativa nos resultados do módulo de elasticidade, contudo pode-se afirmar com 95% de confiabilidade que apenas a amostra de referência e a amostra com o menor teor de adição de fibra possuem resultados diferentes (Tabela 4). Desta forma, uma pequena adição de fibra vegetal é capaz de gerar um aumento no módulo de elasticidade do material e este comportamento se mantém constante até adições de 2% de fibra.

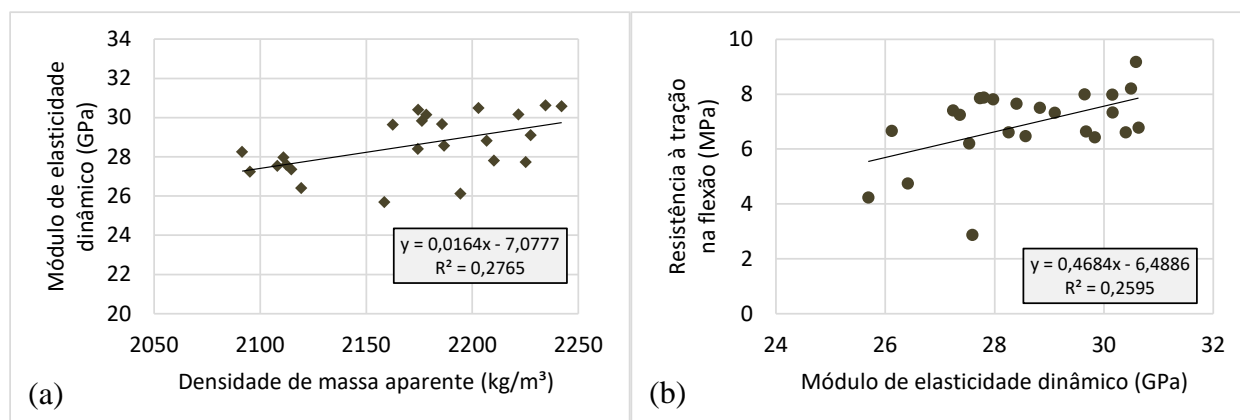
Tabela 4 – Resultados de comparação múltiplas de médias com 95% de confiabilidade (ANOVA)

| 7 dias                    | 28 dias                   |
|---------------------------|---------------------------|
| Ref. ≠ 0,5% = 1,0% ≠ 2,0% | Ref. ≠ 0,5% = 1,0% = 2,0% |

Fonte: Autores

Sabe-se que o módulo de elasticidade está intimamente relacionado à resistência mecânica do material e à quantidade de vazios presente na amostra uma vez que a maior ou menor facilidade de deformação pode ser explicada pela presença de vazios e a facilidade de deformação de materiais porosos. Contudo, na Figuras 8 pode-se observar uma baixa correlação entre os resultados de módulo de elasticidade dinâmico e de densidade de massa aparente no estado endurecido, bem como entre módulo de elasticidade dinâmico e a resistência à tração na flexão.

Figura 8 – Correlação entre módulo de elasticidade dinâmico e densidade de massa aparente (a) e entre módulo de elasticidade dinâmico e resistência à tração na flexão (b)

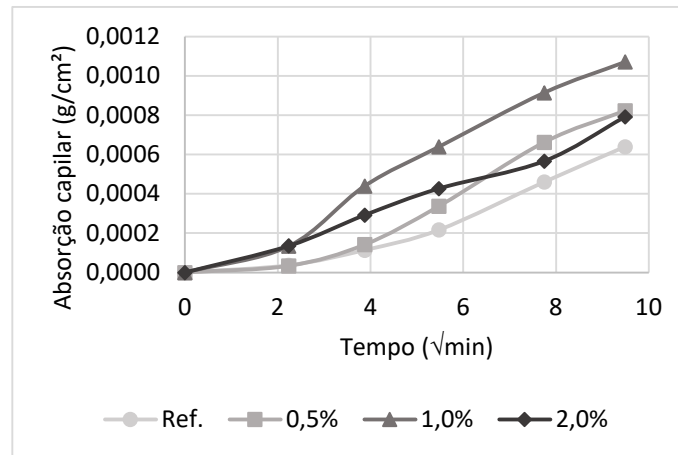


Fonte: Autores

Esta baixa correlação observada na Figura 8 pode ser explicada pela grande variabilidade nas leituras de velocidade de onda ultrassônicas causadas pela fibra e pela falta de homogeneidade na dispersão da fibra no interior da argamassa. A seguir, na Figura 10, são apresentados os resultados de absorção de água por capilaridade das amostras.



Figura 10 – Absorção de água por capilaridade



Fonte: Autores

Observa-se na Figura 10 que a adição de fibra proporcionou uma maior absorção por capilaridade, devido às características físicas da fibra que pode ser tratado como um material poroso e de alta absorção. Para o teor de 2% não foi observado o mesmo comportamento, possivelmente a formação de grumos e a heterogeneidade do material (apresentado na Figura 5) impediram o comportamento proporcional às outras adições nos resultados de absorção por capilaridade da argamassa com este teor de fibra.

## 5 Conclusão

Após análise dos resultados, pode-se afirmar que é possível a utilização da fibra de Curauá (*Ananas Erectifolius*) em argamassas mistas de revestimento de forma que:

- Não se faz necessário nenhum tratamento nesta fibra uma vez que sua inibição se mostrou significativa apenas na idade de 7 dias;
- A adição de fibra ocasionou uma redução do índice de consistência da argamassa e dificultou a moldagem de amostras com teores acima de 2%;
- A adição de fibras de Curauá na matriz de argamassa causou redução na resistência à compressão em comparação à argamassa de referência devido à heterogeneidades na dispersão da fibra.
- Notou-se que a presença de fibras na argamassa aumentou a capacidade de carga nos corpos de prova, permitindo um aumento na resistência de tração na flexão de até 78% para a adição de 2% de fibra vegetal;
- Foi observado um aumento na absorção de água ocasionada pela presença de fibras e diminuição da densidade de massa no estado endurecido;

- Com relação ao módulo de elasticidade, foi possível observar o aumento da rigidez das amostras com adição de fibra, que não apresentaram nenhuma variação significativa nesta propriedade com adições superiores a 0,5%.

## Referências

ABX Tropical Flowers. Catálogo de produtos: Ananas erectifolius (Mini Ananas vermelho). Disponível em < <http://www.abxtropicalflowers.com/produtos.html>>. Acessado em 12/11/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. NBR 8522: Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão e Diagrama Tensão-Deformação – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

BERALDO, A. L.; CARVALHO, J. V. Compósito Eucalyptus grandis – Cimento Portland. Scientia Florestalis, n 66, p 150 – 161, Piracicaba, 2004

BILCATI, G. K. Produção De Painéis De Cimento Portland Reforçados Com Fibra De Curauá (Ananas erectifolius). Dissertação De Mestrado. Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil – PPGEC. Universidade Federal Tecnológica Do Paraná. Curitiba. 2015

BILCATI, J. Caracterização dos painéis de cimento madeira produzidos com fibra de Curauá (Ananas erectifolius). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2015

JUNIOR, S., FERNANDO G. et al . Estudo das propriedades mecânicas e elétricas de fibras de Curauá modificada com polianilina. Polímeros, São Carlos , v. 20, n. 5, p. 377-382, 2010

ROSA, C. C., MOREIRA, D. D. C. e BILCATI, G. K. Estudo das propriedades físicas da fibra de Curauá. XI Congresso Brasileiro De Educação Em Engenharia – COBENGE. Belem-PA. 2012

SAVASTANO, H. J. Zona de transição entre fibras e pasta de cimento Portland: Caracterização e inter-relação com as propriedades mecânicas do compósito. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica Universidade de São Paulo. 1992.

SAVASTANO, H. J. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para construção de baixo custo. Tese de Livre-Docência. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000.

TOMCZAK, F. Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e Curauá do Brasil. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PIPE. Universidade Federal do Paraná. 2010.

**Recebido:** 12 nov. 2015.

**Aprovado:** 29 dez. 2015.

**Como citar:**

MACIOSKI, G. et al. Avaliação das propriedades de argamassas com adição de fibra de curauá (*Ananas Erectifolius*). **R. Eng. Constr. Civ.**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 52-62, jul./dez. 2015. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/ct/recc/index.php/recc/article/view/49>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Gustavo Macioski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

R. Dep. Heitor, Alencar Furtado, 5000, Campo Cumprido, Curitiba, Paraná, Brasil

**Direito autoral:**

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional