

UNIEVANGÉLICA – CAMPUS CERES

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MATEUS DA SILVA BATISTA

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO CIMENTÍCIO
REFORÇADO COM FIBRA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E FIBRA DE
BAMBU**

PUBLICAÇÃO Nº: XXXXXX

CERES / GO

2019

MATEUS DA SILVA BATISTA

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO CIMENTÍCIO
REFORÇADO COM FIBRA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E FIBRA DE
BAMBU**

PUBLICAÇÃO Nº: XXXXX

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: VITOR MAGALINI ZAGO DE SOUSA

CERES/GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

BATISTA, MATEUS DA SILVA.

Estudo das Propriedades Mecânicas do Compósito Cimentício Reforçado com Fibra do Bagaço de Cana-de-Açúcar e Fibra de Bambu [Goiás] 2019, 10P, 297 mm (UniEVANGÉLICA, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - Unievangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------|---------------------|
| 1. Compósitos | 2. Fibras vegetais |
| 3. Concreto | 4. Sustentabilidade |
| I. ENC/UNI | II. Título (Série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BATISTA, M. S. Estudo das Propriedades Mecânicas do Compósito Cimentício Reforçado com Fibra do Bagaço de Cana-de-Açúcar e Fibra de Bambu. TCC, Publicação XXXXXX, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Ceres, GO, 10p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Mateus da Silva Batista

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo das Propriedades Mecânicas do Compósito Cimentício Reforçado com Fibra do Bagaço de Cana-de-Açúcar e Fibra de Bambu.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Mateus da Silva Batista

Rua 21, Qd 01, Lt 21, Jardim Sorriso II - CEP 76300-000 - Ceres/GO - Brasil

MATEUS DA SILVA BATISTA

**ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPOSITO CIMENTÍCIO
REFORÇADO COM FIBRA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E FIBRA DE
BAMBU**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

APROVADO POR:



**VITOR MAGALINI ZAGO DE SOUSA, M.e. (UniEVANGÉLICA - Campus Ceres)
(ORIENTADOR)**



**VILSON DALLA LIBERA JUNIOR, M.e. (UniEVANGÉLICA - Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**RODRIGO NASCIMENTO PORTILHO DE FARIA, M.e. (UniEVANGÉLICA -
Campus Ceres)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: CERES/GO, 09 de dezembro de 2019.

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO COMPÓSITO CIMENTÍCIO REFORÇADO COM FIBRA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E FIBRA DE BAMBU

BATISTA, Mateus da Silva¹
SOUSA, Vitor Magalini Zago de²

RESUMO

Diante da busca por materiais que causam menos impacto na natureza e que permitam o progresso da construção civil de forma sustentável, este artigo apresenta os resultados obtidos no estudo das propriedades mecânicas de compósitos de matriz cimentícia reforçados com fibra do bagaço de cana-de-açúcar e fibra de bambu. Para tanto, foram confeccionados corpos de prova cilíndricos de argamassa convencional e com adição de fibras vegetais seguindo o prescrito na NBR 5738. Os corpos de prova endurecidos foram ensaiados quanto à absorção de água por imersão, conforme a NBR 9778; resistência à compressão axial, conforme a NBR 5739; e resistência à compressão diametral, conforme a NBR 7222. As fibras vegetais utilizadas foram ensaiadas quanto ao teor de umidade, conforme a NBR 6467. Observou-se para o compósito cimentício reforçado com bagaço de cana-de-açúcar um decréscimo de resistência mecânica, porém, para o concreto que leva adição de 1% de bambu, em relação à massa de cimento, a resistência à compressão axial foi de 5% maior que o material de referência composto por concreto convencional, evidenciando que o bambu pode ser utilizado como reforço em matrizes cimentícias.

Palavras-chave: Compósitos Cimentícios. Fibras Vegetais. Sustentabilidade.

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: mateus.s.b@hotmail.com

² Mestre, professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Anápolis (UniEVANGÉLICA) – Campus Ceres. E-mail: vitormagalinizago@gmail.com

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.1 Materiais Utilizados	5
2.2 Tratamento das Fibras Vegetais	6
2.3 Teor de Umidade das Fibras Vegetais	6
2.4 Composição Granulométrica do Agregado Miúdo	6
2.5 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova	6
2.6 Ensaio de Absorção de Água por Imersão	7
2.7 Ensaio Mecânicos	7
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	7
3.1 Caracterização dos Materiais	7
3.2 Ensaio Mecânicos	9
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	10
REFERÊNCIAS	11

1 INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a produção na construção civil utiliza matéria-prima de origem não sustentável. Os compósitos, apesar de não serem uma tecnologia recente, são uma alternativa para a produção de materiais sustentáveis, tratando-se de materiais melhorados que unem as propriedades de dois ou mais materiais.

Na engenharia civil, os exemplos de compósitos são basicamente as argamassas armadas e as telhas de fibrocimento. Nas matrizes cimentícias, a adição de fibras reduz a fissuração uma vez que, interligadas no interior do material, as fibras têm a capacidade de reter a propagação das trincas, ocasionando um aumento na tenacidade. As melhorias dessas propriedades variam conforme o tipo da fibra, o tipo da matriz cimentícia e ainda da interação fibra-matriz (LIMA, 2004).

Ainda na busca por materiais que causam menor impacto ambiental, existem os estudos realizados com as fibras naturais. Estas, tratam-se de materiais renováveis, de baixo custo e consumo de energia em sua produção, o que não acontece com as fibras manufaturadas (LIMA *et al.*, 2011). Utilizar as fibras vegetais em matrizes cimentícias resulta na redução da trabalhabilidade da mistura, aumento na porosidade e redução na resistência mecânica, porém, essas questões podem ser corrigidas com aditivos químicos (SANTOS *et al.*, 2017).

As fibras vegetais podem ser obtidas de diversas fontes, uma delas é através de resíduos agroindustriais como é o caso do bagaço de cana-de-açúcar. Esse resíduo da indústria sucroalcooleira é gerado após a extração do caldo da cana-de-açúcar. Para utilizar essas fibras em matrizes cimentícias é importante tratá-las quimicamente ou ferver em água para obter maior resistência (SILVA, 2010; PIMENTEL, 2004). Outra fonte de fibras vegetais vem do resíduo gerado pela produção de espetos de bambu para churrasco. E, quando utilizadas em matrizes cimentícias, as fibras de bambu conferem ao material a resistência à compressão simples semelhante à de concretos reforçados com fibras de aço (CARRARO, 2018). O uso de fibras vegetais no concreto possibilita construções mais sustentáveis, pois, tratam-se de materiais biodegradáveis e de fonte renovável.

Dessa forma, o objetivo do trabalho é estudar as propriedades mecânicas de compósitos cimentícios com a adição de fibras vegetais comparando o material com a argamassa convencional. Para isso realizou-se nos corpos de prova endurecidos os ensaios de resistência à compressão axial e diametral, e de absorção de água por imersão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais Utilizados

O bagaço de cana-de-açúcar utilizado na pesquisa foi fornecido pela usina CRV Industrial da cidade do Carmo do Rio Verde-GO. Para os estudos com o compósito cimentício reforçado com fibras de bambu, utilizou-se espetos de bambu para churrasco da marca Junco cortados em filetes de aproximadamente 7 cm de comprimento, simulando o perfil das fibras de aço utilizadas como reforço em concretos.

Foi utilizado cimento Portland CP II F40 da marca Votorantim, e, para compor a mistura da argamassa, areia grossa como agregado miúdo. Para os ensaios realizados, o agregado miúdo foi previamente lavado e secado. O material reforçado com fibras vegetais recebeu 1 e 2% de fibras em relação à massa de cimento utilizada.

2.2 Tratamento das Fibras Vegetais

Como tratamento preliminar para o uso das fibras vegetais, foi realizado o procedimento do trabalho de Silva (2010), no qual as fibras são fervidas em água por 30 minutos, lavadas com água corrente, secadas ao ar livre e em estufa por 24 horas a 60°C. Esse tratamento visa a remoção de finos, terra e solúveis presentes no bagaço de cana-de-açúcar obtido das usinas. As fibras de bambu foram submetidas ao mesmo tratamento a fim de eliminar algum resíduo da superfície do material que possivelmente atrapalhasse a interação fibra-matriz.

2.3 Teor de Umidade das Fibras Vegetais

O teor de umidade das fibras naturais utilizadas foi obtido pela Equação 1 descrita na NBR 6467:2006: Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio.

$$h = \frac{m_i - m_f}{m_f - m_c} \times 100 \quad (1)$$

Onde, h é o teor de umidade em porcentagem, m_i é a massa inicial, em gramas, do recipiente com o material a ser ensaiado, m_f é a massa após a secagem, em gramas, do recipiente com o material, e m_c é a massa do recipiente, em gramas, em que está o material.

2.4 Composição Granulométrica do Agregado Miúdo

A determinação da composição granulométrica do agregado utilizado foi realizada conforme especifica a NBR NM 248:2003, os agregados foram secos em estufa a temperatura de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 horas e resfriados até a temperatura ambiente.

Após a secagem das amostras, acoplou-se as peneiras da série normal, previamente limpas, com as aberturas de malha crescente da base para o topo. Na base deve-se utilizar uma bandeja para coletar o corpo de fundo. Em seguida, a amostra foi colocada na peneira e agitada e anotada a massa retida em cada peneira. Ao fim, foram calculadas as porcentagens retidas em massa de cada peneira, as porcentagens acumuladas de massa retida em cada peneira e o módulo de finura.

2.5 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova

A moldagem e a cura dos corpos de prova ensaiados no trabalho seguiu a norma NBR 5738:2015: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, a qual prescreve que a altura dos corpos de prova cilíndricos deve ser o dobro do diâmetro, no caso, foi utilizado um molde de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. Para receber a mistura de argamassa os moldes foram revestidos por uma fina camada de óleo mineral para facilitar na remoção do corpo de prova.

Após a moldagem, o material foi mantido em local coberto e livre de intempéries por 24 horas, tempo de cura inicial. Passado esse período de tempo, os corpos de prova foram retirados do molde e submetidos à cura úmida por 28 dias.

Para facilitar o entendimento dos diferentes tipos de materiais ensaiados, a nomenclatura dos corpos de prova dos compósitos foi descrita conforme a sua composição na Tabela 1.

Tabela 1 – Nomenclatura dos tipos de materiais ensaiados.

Sigla	Descrição
CFC1	Compósito de argamassa com 1% de fibra de cana-de-açúcar
CFC2	Compósito de argamassa com 2% de fibra de cana-de-açúcar
CFB1	Compósito de argamassa com 1% de fibra de bambu
CFB2	Compósito de argamassa com 2% de fibra de bambu
CC	Argamassa convencional

Fonte: Própria autoria (2019)

2.6 Ensaio de Absorção de Água por Imersão

O ensaio de absorção de água deve seguir as prescrições da NBR 9778:2005 Argamassas e Concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Inicialmente, foi medida a massa dos corpos de prova secos, em seguida, foram imersos em água por 24 horas mede-se sua massa mais uma vez. Com os valores das massas secas e saturadas é possível calcular a absorção de água em porcentagem pela Equação 2:

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \times 100 \quad (2)$$

Onde A é a absorção de água em porcentagem, m_{sat} é a massa da amostra saturada e m_s é a massa das amostras secas.

Com os CP já endurecidos, o ensaio de absorção de água por imersão foi realizado, conforme o que especifica a NBR 9778:2005, em 20 corpos de prova referentes aos variados tipos de materiais estudados, e a média da porcentagem de absorção de água foi calculada a cada 4 corpos de prova de cada tipo destes materiais.

2.7 Ensaios Mecânicos

Os corpos de prova após 28 dias foram ensaiados mecanicamente quanto à compressão axial e compressão diametral. De acordo com a NBR 5739:1994: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, para a apresentação dos resultados dividiu-se a carga de ruptura pela área da seção transversal do CP.

Os ensaios de compressão diametral foram realizados conforme a NBR 7222:2011: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Os CP foram dispostos na prensa de forma que a direção da aplicação da carga coincidiu com o eixo dos mesmos. Para calcular a resistência à tração por compressão diametral utilizou-se a Equação 03

$$f_{ct,sp} = \frac{2F}{\pi d l} \quad (3)$$

Onde, $f_{ct,sp}$ é a resistência à tração por compressão diametral, F é a força máxima aplicada, d é o diâmetro da seção transversal do corpo de prova, l é o comprimento do corpo de prova.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos Materiais

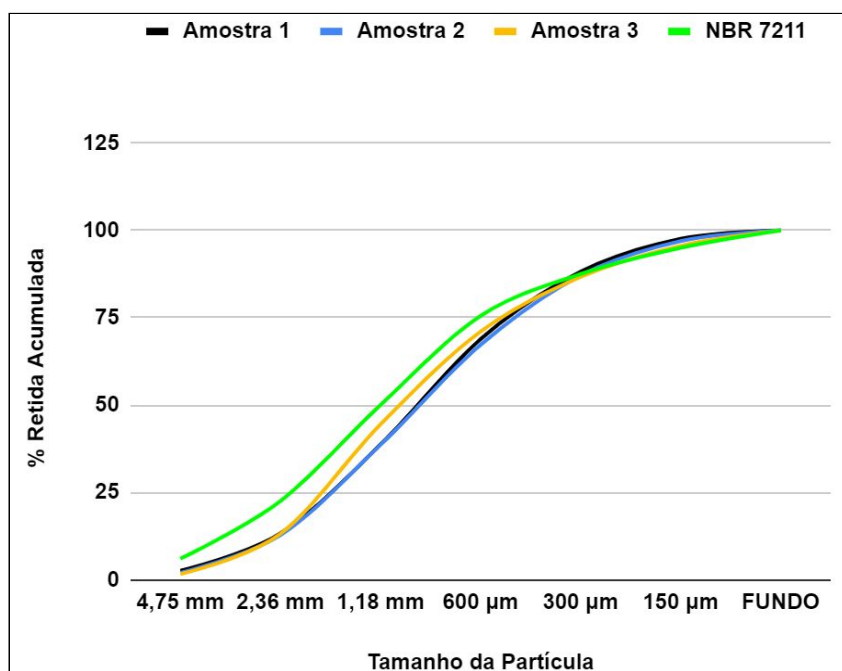
O bagaço de cana-de-açúcar recém-saído do processo de trituração na usina é úmido, bastante coeso, com alta taxa de finos e com odor de álcool. Esse odor e parte dos finos são eliminados após a fervura do material e lavagem em água corrente. Após secar, obtém-se um

material seco, com fibras mais soltas e com menor porcentagem de finos, terra e solúveis, tornando um material adequado para o uso no concreto (SILVA, 2010). Os filetes de bambu mantêm suas características antes e depois do processo de fervura e lavagem em água.

Para essas fibras foi realizado o ensaio da NBR 6467 e após evaporar a massa de água existente nas fibras vegetais, o teor de umidade das mesmas pode ser calculado. Como resultado, foi encontrado para o bagaço de cana-de-açúcar o valor de 131% de umidade, indicando que o bagaço, enquanto úmido, contém 1,3 vezes mais água que quantidade de fibras. Para as fibras de bambu o teor de umidade encontrado foi de apenas 19%. É importante utilizar o material seco, pois, segundo Silva (2014), o elevado teor de umidade reduz as propriedades da matriz de compósitos que recebem a adição de fibras vegetais. Vale destacar que, antes de medir as massas utilizadas na mistura, foi realizada a secagem das fibras vegetais e agregado miúdo em estufa até que não houvesse variações nas medidas.

O agregado miúdo utilizado na confecção dos CP foi ensaiado conforme a NBR NM 248:2003 utilizando 3 amostras do material. Assim foi possível confeccionar o gráfico da Figura 1, o qual permite identificar que a maior parte da areia ficou retida entre as peneiras de 1,18 mm e 600 µm e classificar, conforme a NBR 7211:1983, o agregado miúdo como areia grossa. De acordo com o estudo de Martins (2008), quanto maior a quantidade de finos do agregado miúdo maior deve ser a relação água/cimento e isso não reduz a trabalhabilidade, porém reduz a resistência mecânica do compósito.

Figura 1 – Granulometria do agregado miúdo.



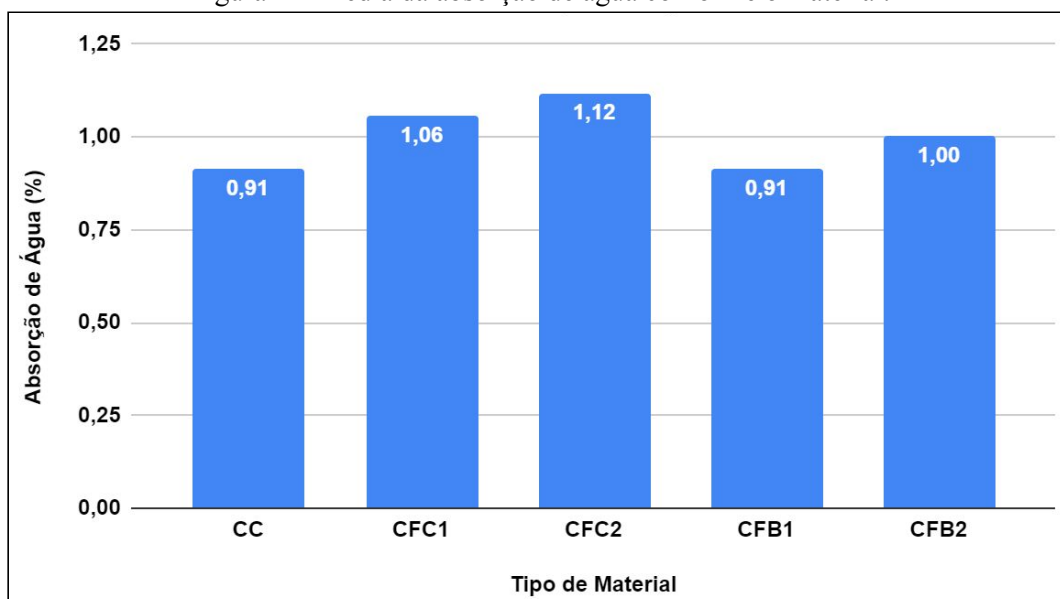
Fonte: Própria autoria (2019)

No processo de moldagem dos corpos de prova, foi observado que a mistura que recebe fibras do bagaço de cana-de-açúcar absorve mais água que as demais, de maneira que quanto maior a porcentagem de fibra maior a absorção de água, o que implica numa mistura menos consistente. A moldagem do material reforçado com bambu exige mais cuidado, em relação aos demais materiais, para que o molde seja totalmente preenchido a fim de produzir um corpo de prova uniforme. Como os filetes de bambu são rígidos, o processo de mistura da argamassa é dificultado em relação ao material que recebe o bagaço de cana-de-açúcar.

Mediante o gráfico da Figura 2, pode-se observar que, em geral, os materiais compostos com fibra natural, tanto fibra de bambu quanto de cana-de-açúcar, absorveu mais água que o material convencional, porém, para o material que recebe 1% de fibra de bambu em sua composição não ocorreu variação.

O resultado do ensaio de absorção de água dos materiais estudados evidencia também que a presença da fibra vegetal na matriz faz o material absorver mais água. Isso se deve à característica hidrofílica das fibras naturais, esse fenômeno está diretamente ligado à resistência mecânica do material, pois, a absorção de água das fibras vegetais eleva a porosidade e reduz a resistência do material (JÚNIOR, 2000).

Figura 2 – Média da absorção de água conforme o material.



Fonte: Autoria própria (2019)

3.2 Ensaio Mecânicos

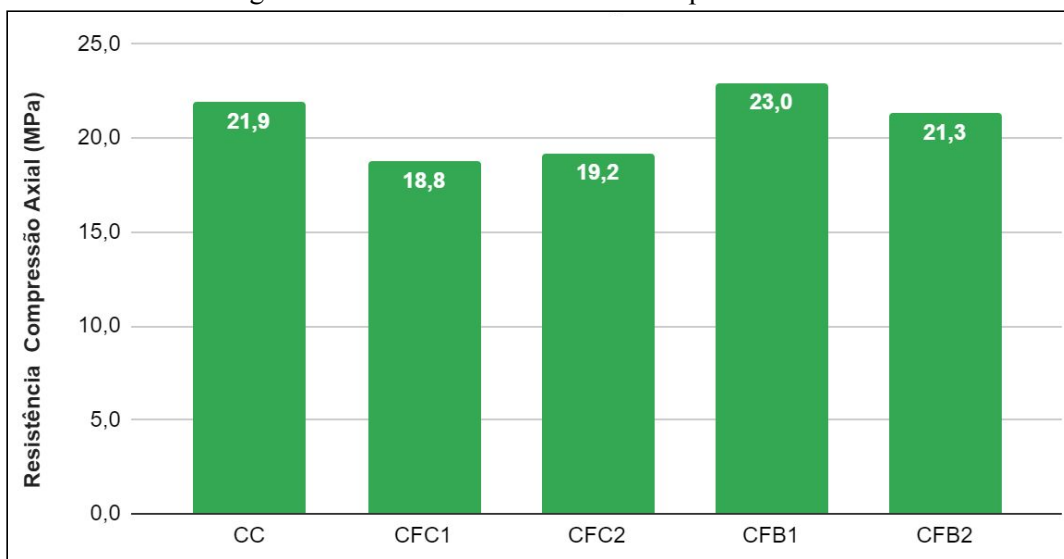
Após 28 dias de cura, os corpos de prova foram rompidos e o cálculo da média dos valores para a resistência à compressão axial permitiu a construção do gráfico da figura 3. Pode ser observado que o material convencional e o reforçado com bambu apresentou resistência superior à 20 MPa que é o limite inferior de resistência para concretos estruturais. A resistência mecânica do material reforçado com fibras do bagaço de cana-de-açúcar ficou abaixo desse limite e a redução na resistência à compressão justifica-se pela dificuldade no adensamento e moldagem dos corpos de prova, e também devido a porosidade e baixa aderência fibra-matriz (BORGES, 2017).

Observa-se ainda que o material reforçado com bambu apresentou uma resistência próxima do material sem adições de fibras vegetais. Os corpos de prova que receberam 1% de bambu em sua mistura apresentaram resistência à compressão axial 5% maior em relação à argamassa convencional. Esse resultado é próximo do obtido por Barbosa e Araújo (2018), apesar das diferenças de traço e cura do material, seu trabalho apresenta um concreto reforçado com fibra de bambu 3% mais resistente à compressão que o concreto comum.

Foi realizado também o ensaio de resistência à tração por compressão diametral conforme a NBR 7222:2011, cujos resultados são apresentados na figura 5. Pode-se observar que para a resistência à tração por compressão diametral os corpos de prova não apresentaram um acréscimo, mantendo-se, em geral, abaixo da resistência apresentada pela argamassa

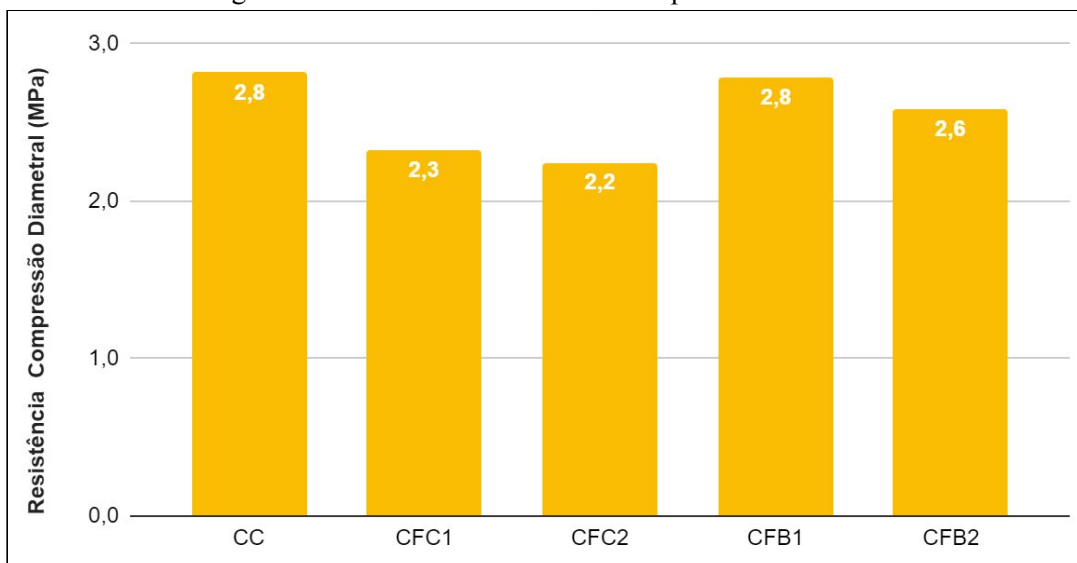
convencional. Para o material reforçado com fibra de bambu os resultados foram mais próximos do referencial e quando reforçados com 1% da fibra obteve-se um valor equivalente. Segundo Guimarães (1999), o acréscimo na resistência à tração do concreto que recebe fibras não é comum, ocorrendo quando há um elevado volume de fibras no material, porém, a tenacidade sempre aumenta, pois a energia de ruptura é dissipada pela deformação e o atrito das fibras.

Figura 3 – Média da Resistência à Compressão Axial.



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 4 – Média da Resistência à Compressão Diametral.



Fonte: Autoria própria (2019)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo realizado, pode-se observar que a adição de 1% fibras de bambu como reforço em matrizes cimentícias aumenta a resistência à compressão do material em 5%, e que a resistência à tração por compressão diametral não difere da argamassa convencional. Quando a porcentagem de fibra de bambu aumenta para 2%, a resistência diminui. Tratando-se das fibras do bagaço de cana-de-açúcar, a adição do material não

acarreta melhorias nos testes realizados, exigindo tratamentos especiais para a utilização em concretos. Quanto à absorção de água, o material que contém fibras vegetais em sua composição apresenta maiores taxas, pois trata-se de um material hidrofílico e com elevada porosidade, indicando a necessidade de controlar a entrada de água no material ou reduzir os poros revestindo o material.

Como foi apresentado, a resistência final do compósito que recebe a adição de fibras vegetais depende de fatores como as condições de secagem das fibras vegetais, a quantidade de finos e a granulometria dos agregados, pois, os mesmos influenciam na relação água/cimento e essa está diretamente relacionada à porosidade e a resistência mecânica do material. Para que a argamassa possa, de fato, ser reforçada com fibras vegetais são necessárias adaptações em sua confecção de forma a reduzir a relação água/cimento e porosidade. O uso de aditivos plastificantes é uma saída para a problemática, pois, estes melhoram o adensamento, reduzem a relação água/cimento além da porosidade e permeabilidade do concreto.

Para trabalhos futuros, deve-se investigar o desempenho do material reforçado com fibras vegetais utilizando aditivos químicos plastificantes na sua produção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **ABNT NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **ABNT NBR 6467**: Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **ABNT NBR 7211**: Agregado para concreto. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **ABNT NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **ABNT NBR 9778**: Argamassas e Concreto Endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **ABNT NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BARBOSA, M. H.; ARAÚJO, A. O. **Análise do comportamento mecânico do concreto reforçado com fibras de bambu incorporadas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UniEvangélica, Anápolis, 2018.

BORGES, A. P. S. N. **Estudo das propriedades de concretos com adição de fibras vegetais de polipropileno para uso em paredes estruturais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

CARRARO, C. G. **Tratamento de fibras de bambu com polipropileno para utilização em concreto estrutural**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e Nanotecnologia) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2018.

GUIMARÃES, A. E. P. **Análise de pilares de concreto de alta resistência com adição de fibras metálicas submetidos à compressão centrada**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

JÚNIOR, H. S. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. 2000. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LIMA, P. R. L. **Análise teórica e experimental de compósitos reforçados com fibras de sisal**. 2004. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

LIMA, B. S.; LENZ, D. M.; VERNEY, J. C. K.; *et al.* Influência da fibra de curauá em compósitos cimentícios: verificação da resistência à flexão e da resistência à compressão. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, v. 1, n. 1, p. 225-236, 2011.

PIMENTEL, L. L. **Durabilidade de argamassas modificadas por polímeros e reforçadas com fibras vegetais**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MARTINS, P. B. M. **Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SANTOS, D. O. J.; FONTES, C. M. A.; LIMA, P. R. L. Uso de agregado miúdo reciclado em matrizes cimentícias para compósitos reforçados com fibras de sisal. **Revista Matéria**, v. 22, n. 1, 2017.

SATO, N. M. N. **Análise da porosidade e de propriedades de transporte de massa em concretos**. 1998. Boletim Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, v.1, São Paulo, 1998.

SILVA, C. J. **Absorção de água em materiais compósitos de fibra vegetal: modelagem e simulação via CFX**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

SILVA, J. F. **Propriedades físicas e mecânicas de argamassa reforçada com fibras do bagaço de cana-de-açúcar (FBC)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.