



USO DE FIBRAS DA FOLHA DO ABACAXIZEIRO COMO REFORÇO EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS

Lucas Gunnar Vingry de Araújo Pereira, José Ribeiro da Silva Neto, Jozilene de Souza, Veruska Kelly Gomes Rocha Avelino.

*Instituto Federal do Rio Grande do Norte – campus São Gonçalo do Amarante. Email: lucasgunnarpereira@gmail.com.

RESUMO

O desenvolvimento de compósitos reforçados com fibras está em constante ascensão, em virtude de vários fatores: diminuição dos recursos naturais, questões ambientais, melhoria das propriedades dos compósitos com materiais mais leves e redução de energia, por meio do emprego de materiais alternativos e de baixo custo, desde que não comprometam suas propriedades mínimas estabelecidas por normas. A construção civil é grande consumidora de recursos naturais, muitos desses em escassez. Visando soluções para esses problemas, várias pesquisas se voltaram para o uso de materiais alternativos e sustentáveis, principalmente com a inserção de fibras vegetais de origens diversas em traços de concreto e/ou argamassa, sendo uma alternativa à substituição de fibras manufaturadas. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência da inserção de fibras provenientes da folha do abacaxizeiro, planta abundante na região e de fácil cultivo, onde se analisou a durabilidade do compósito de concreto por processos de molhagem e secagem bem como as propriedades mecânicas, surgindo como uma alternativa sustentável para esse resíduo. Pode-se destacar, que no traço do concreto sem fibra, ocorreu uma tendência no aumento da variação do volume com o passar dos ciclos de molhagem e secagem (desgaste), sendo a maior ocorrência no 6º ciclo com 1,35% de variação do volume, o que não se evidenciou no traço com fibra, o qual apresentou uma tendência em diminuir de valor com a variação dos ciclos, com redução entre o 1º ciclo e o 6º ciclo de 0,59 para 0,08%, ou seja, praticamente não houve mais variação no volume no último ciclo. Acredita-se que a presença da fibra, mesmo em pequena porcentagem, causou esse efeito positivo.

PALAVRAS-CHAVE: concreto, durabilidade, fibra do abacaxizeiro, sustentabilidade, ciclos de molhagem e secagem.

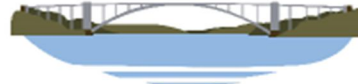
ABSTRACT

The development of fiber-reinforced composites is constantly on the rise due to several factors: reduction of natural resources, environmental issues, improvement of composite properties with lighter materials and reduction of energy, through the use of alternative materials and low as long as they do not compromise their minimum standards-set properties. Civil construction is a great consumer of natural resources, many of these in scarcity. Aiming for solutions to these problems, several researches have turned to the use of alternative and sustainable materials, mainly with the insertion of vegetal fibers of diverse origins in traces of concrete and / or mortar, being an alternative to the substitution of manufactured fibers. The objective of this research was to evaluate the influence of fiber insertion from the pineapple leaf, an abundant plant in the region and easy to cultivate, where it was analyzed the durability of the concrete composite by wetting and drying processes as well as the mechanical properties, appearing as a sustainable alternative for this residue. It is possible to emphasize that in the trace of the concrete without fiber, a tendency occurred in the increase of the volume variation with the passing of the cycles of wetting and drying (wear), being the greater occurrence in the 6th cycle with 1.35% of variation of the volume, which was not evident in the trace with fiber, which presented a tendency to decrease of value with the variation of the cycles, with reduction between the 1st cycle and the 6th cycle from 0.59 to 0.08%, that is, there was practically no change in volume in the last cycle. It is believed that the presence of fiber, even in small percentage, caused this positive effect.

KEY WORDS: concrete, durability, pineapple fiber; sustainability, wetting and drying cycles.

INTRODUÇÃO

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), concretos são os materiais mais produzidos e consumidos da construção civil em todo o mundo. Formado a partir da mistura estratégica de outros materiais simples, suas propriedades finais são uma resultante das características de interação entre cada um destes elementos de constituição, no entanto, apesar de suas características de resistência à compressão simples e considerado um material não homogêneo, torna-se predominantemente frágil, apresentando baixa resistência à tração, não tendo a capacidade de suportar grandes deformações, podendo levá-lo, caso elas ocorram, à ruptura. Dessa forma, vem-se estudando a inserção de fibras de vários materiais, tidos como resíduos, no traço, para avaliar a influência nas propriedades finais.



Segundo Tomain et al (2014), com a crescente preocupação de se aplicar a sustentabilidade nos diversos âmbitos profissionais, a construção civil vem se adaptando a essa realidade, buscando sempre processos construtivos que atendam às necessidades da população em geral, fazendo uso de materiais alternativos como as fibras de diversos materiais.

Grande parte dos resíduos gerados pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais de construção e atender à crescente demanda por tecnologia alternativa de construção mais eficiente, econômica e sustentável (SAVASTANO, 2003).

Neste contexto, pesquisas no âmbito da construção civil, com a utilização de resíduos diversos, dentre estes as fibras naturais, vem aumentando constantemente. Dentre os resíduos pesquisados tem-se as fibras da casca do coco, as diversas cinzas com ou sem atividade pozolânica, e as fibras da folha do abacaxizeiro, que de acordo com Silva (2016), possuem fibras ricas em hemicelulose, apresentam baixa densidade e menor custo de produção, dessa forma vem se tornando uma alternativa promissora para uso como reforço em compósitos cimentícios.

Em meio a tantos problemas relacionados a sustentabilidade ambiental, é de extrema importância que as pesquisas se voltem à reutilização e diminuição de resíduos. Segundo pesquisadores da atualidade, existem diversas maneiras de reutilizar os resíduos em sistemas da construção civil. Uma destas possibilidades é a inserção de materiais na forma de filamentos em matrizes cimentícias (EHRENBRING e TUTIKIAN, 2016).

Diante do exposto, a presente pesquisa visa avaliar a influência da inserção de fibras provenientes da folha do abacaxizeiro em compósitos cimentícios, analisando sua durabilidade por processos de ciclos molhagem e secagem bem como as propriedades mecânicas, antes e depois dos ciclos.

Os benefícios gerados na estrutura de uma edificação com o uso de materiais que apresentam baixa densidade, variam desde redução de custos a uma possível melhoria do desempenho mecânico, além da possibilidade de utilização de resíduos com abundância na região, como é o caso da utilização das fibras de folhas do abacaxizeiro na matriz de compósitos cimentícios visando "melhorar" as propriedades mecânicas bem como dar um destino adequado a esses resíduos.

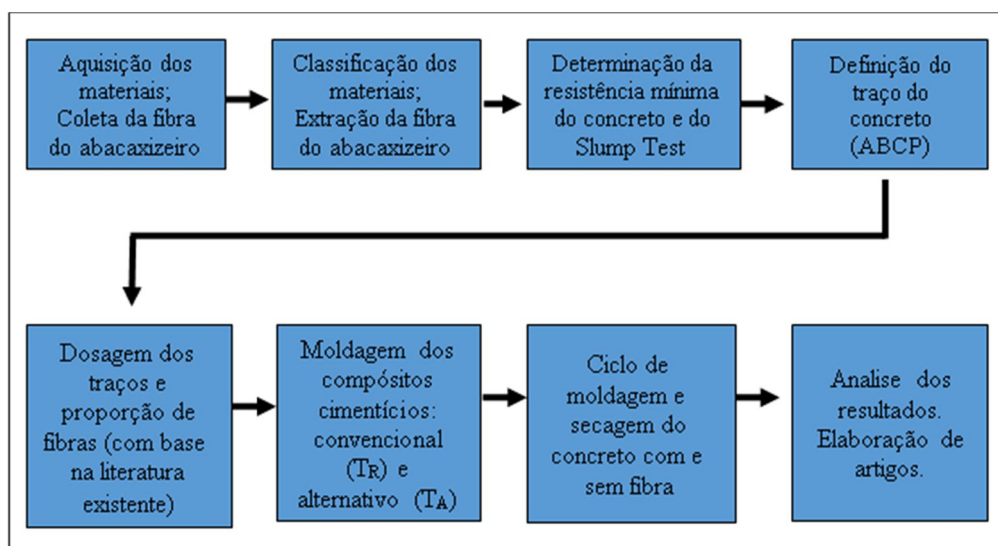
OBJETIVO

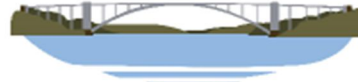
Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a influência da inserção de fibras provenientes da folha do abacaxizeiro em compósitos cimentícios, analisando a durabilidade do compósito de concreto por processos de molhagem e secagem bem como as propriedades mecânicas.

METODOLOGIA

Os métodos empregados na pesquisa seguiram o roteiro descrito abaixo, conforme Fluxograma 1:

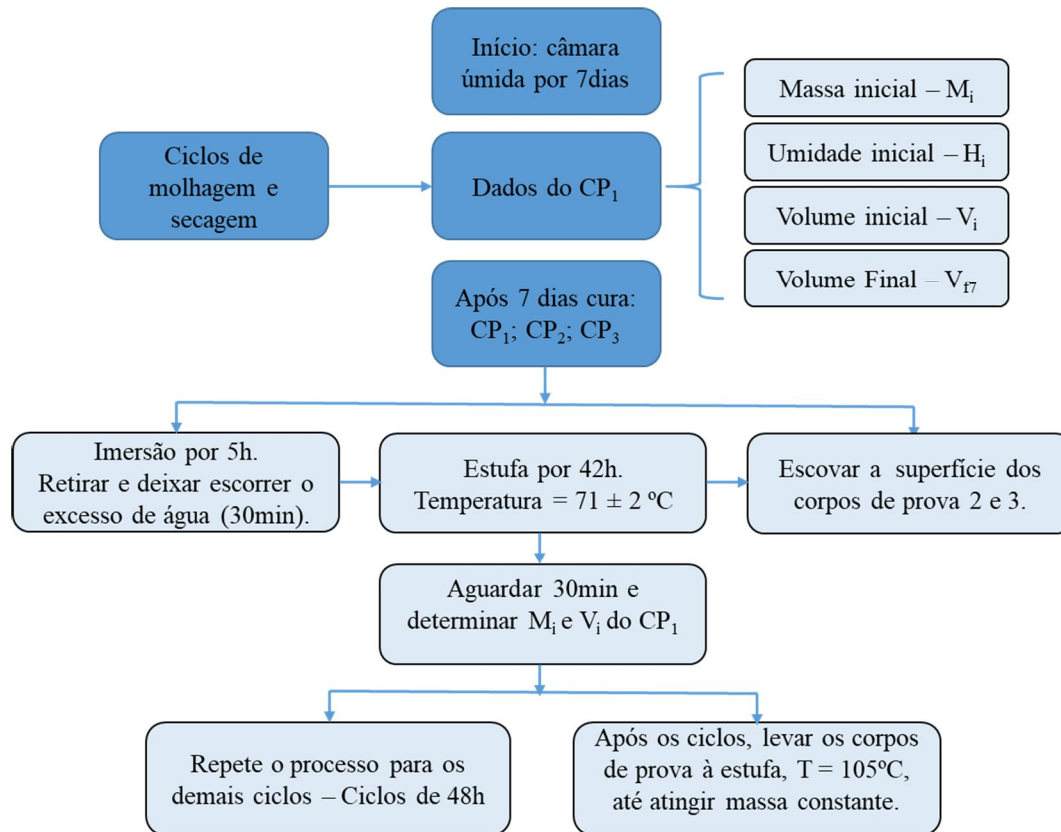
Fluxograma 1. Metodologia do projeto.





Para o ensaio de durabilidade, empregou-se a metodologia do Fluxograma 2.

Fluxograma 2. Metodologia do ensaio de durabilidade por ciclos de molhagem e secagem.



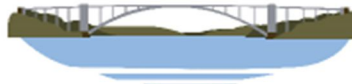
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os materiais empregados na pesquisa foram classificados seguindo as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), tendo como agregado miúdo uma areia fina com módulo de finura (MF) de 2,66, densidade aparente $1,61\text{g/cm}^3$ e massa específica real de $2,63\text{g/cm}^3$.

As folhas do abacaxizeiro foram coletadas na cidade de Itapororoca/PB/Brasil, em virtude de ser uma região onde esse tipo de alimento é abundante, gerando, em consequência, o resíduo, ainda sem destino adequado, naquele município. A Figura 1 demonstra as folhas como chegaram ao laboratório:



Figura 1: Folha do abacaxizeiro, in natura.



Destaca-se que as folhas do abacaxizeiro não são utilizadas na construção civil, somente as fibras internas, sendo necessário realizar sua extração, as quais foram realizadas manualmente, resultando na fibra conforme Figuras 2 e 3.



Figura 2: Extração da fibra.



Figura 3: Fibra da folha do abacaxizeiro.

De acordo com pesquisa na literatura sobre o uso dessas fibras, para definição do percentual, bem como definição do tamanho a ser empregado no traço alternativo, observou-se a aplicação de vários tamanhos, considerando-se nesta pesquisa 3% e tamanho variando de 2 a 3cm, em virtude da dificuldade de extração da fibra, via processo manual

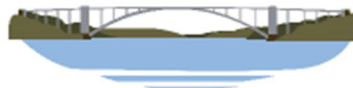
Diante do propósito da pesquisa que foi avaliar a influência da inserção de fibras provenientes da folha do abacaxizeiro, nas propriedades mecânicas de concreto após o processo de ciclos de molhagem estabeleceu-se dois traços: Traço Convencional ou de Referência (T_R) e Traço Alternativo (T_A).

O concreto em estudo foi dosado baseado na resistência à compressão simples (RCS) mínima de 20MPa, pertencendo à classe C 20 S100, conforme a ANBT, NBR 6118:2015. A Tabela 1 apresenta os parâmetros empregados para o cálculo do traço pelo método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

Tabela 1. Parâmetros empregados para dimensionamento do traço

F_{cj}	Resistência de trabalho em MPa
F_{ck}	Resistência de projeto em MPa = 20MPa
fa/c	fator água/cimento
Ca	Consumo de água em kg/m^3
Cc	Consumo de cimento em kg/m^3
Vb	Volume de brita em m^3
Cb	Consumo de brita em kg/m^3
Vm	Volume de areia em m^3
Cm	Consumo de areia em kg/m^3
y_c	Massa específica real do cimento em kg/m^3
y_b	Massa específica real da brita em kg/m^3
y_m	Massa específica real da areia em kg/m^3
y_a	Massa específica real da água em kg/m^3
Sd	Desvio padrão = 4,00Mpa

Após aplicação do método da ABCP chegou-se ao seguinte traço em massa de 360:669,60:1026:216 e, conseqüentemente ao traço unitário: 1:1,86:2,85:0,60, sendo cimento:agregado miúdo:agregado graúdo:fa/c, com inserção de 3% de fibra



em relação ao cimento, tendo sido realizado também o ensaio do Slump Test, com abatimento de 160mm, atendendo ao requisito de consistência/abatimento S100 (variando de 100 a 160mm).

A moldagem dos corpos de prova de concreto baseou-se nos requisitos das normas, seguindo os padrões e limites prescritos por esta, conforme especificações da NBR 6118 (ABNT, 2014) e em conformidade com a NBR 8953 (ABNT, 2015), Concreto normal (C): massa específica seca entre 2000 e 2800 kg/m³ para o período de cura de 28 dias, em consonância com dados expostos na Tabela 2.

Tabela 2. Dados especificados para dimensionamento do traço.

Traço	RCS min (MPa)	Slump Test (mm)	Massa Esp. Seca (kg/m ³)	Ag. Graúdo	Ag. Miúdo	Cura	Ciclos 6
T _R	20,00	100 - 160	2000 - 2800	B19	Misto	28 dias	Após cura
T _A	20,00	100 - 160	2000 - 2800	B19	Misto	28 dias	De 28 dias

Legenda: T_R – Traço de referência; T_A – Traço alternativo; RCS – Resistência à compressão simples; Ag – Agregado.

S100 – Slump Test para elementos estruturais com lançamento convencional do concreto.

Ensaio de durabilidade dos compósitos cimentícios por ciclos de molhagem e secagem

O ensaio de durabilidade por molhagem e secagem foi baseado na NBR 13554 (ABNT, 2012), avaliando-se os parâmetros de variação de volume (ΔV), variação de umidade (Δh) e perda de massa (ΔPM). Além desses parâmetros, avaliou-se resistência à compressão simples, cujos resultados serviram de comparação para as amostras submetidas e as não submetidas ao envelhecimento acelerado. De acordo com Nogueira et al (2018) o ensaio consiste em verificar a resistência de um material ou elemento da construção em relação à deterioração ou degradação. É de suma importância a realização do ensaio de durabilidade, que se baseia na identificação do uso de um material alternativo, sendo importante verificar se o material é durável ao longo do tempo e a manutenção das características físicas e químicas preservadas.

De acordo com os resultados para a **variação de volume (ΔV)**, pode-se observar que no traço do concreto sem fibra (Figura 4), ocorreu uma tendência no aumento da variação do volume com o passar dos ciclos de molhagem e secagem (desgaste), sendo a maior ocorrência no 6º ciclo com 1,35% de variação do volume, o que não evidenciou-se no traço com fibra (Figura 5), o qual apresentou um tendência em diminuir de valor com a variação dos ciclos, com redução entre o 1º ciclo e o 6º ciclo de 0,59 para 0,08%, ou seja, praticamente não houve mais variação no volume no último ciclo. Acredita-se que a presença da fibra, mesmo em pequena porcentagem, causou esse efeito positivo.

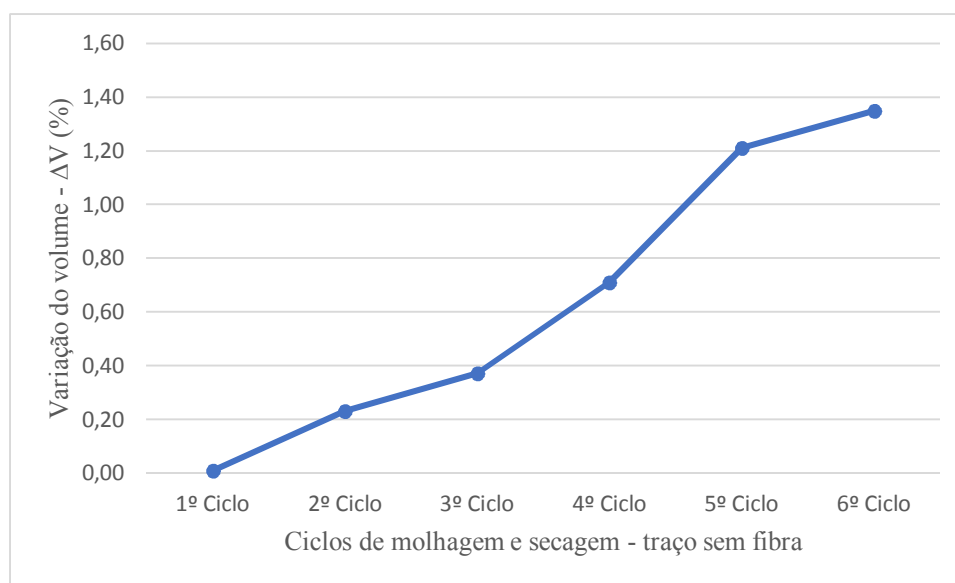


Figura 4: Variação do volume ΔV (%) após ciclos de molhagem e secagem – sem fibra.

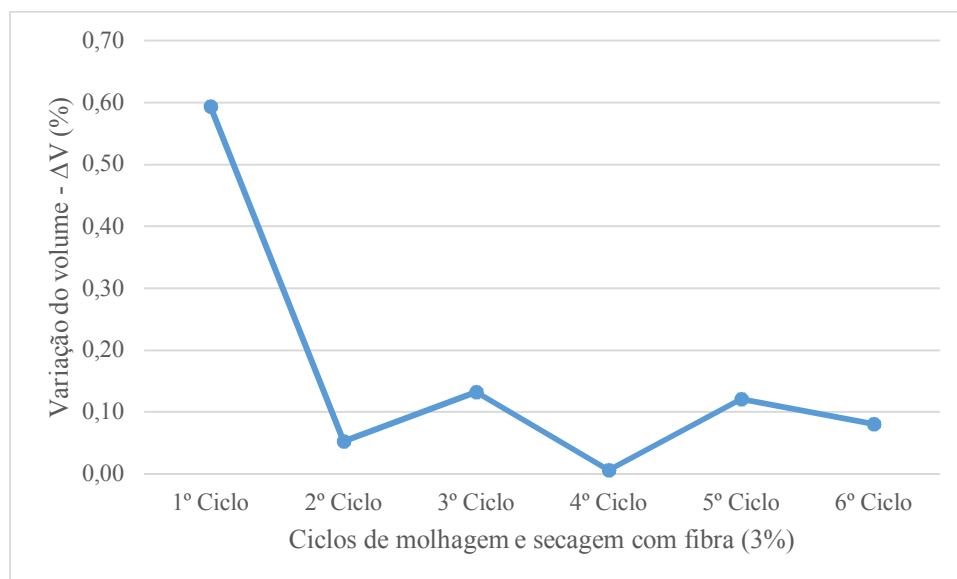


Figura 5: Variação do volume ΔV (%) após ciclos de molhagem e secagem – com fibra.

Analisando a variação da umidade (Δh) entre os dois traços, com e sem fibra, a maior variação ocorreu no traço com fibra. Acredita-se que essa diferença, provavelmente, deve-se à presença da fibra que, com o desgaste, fica mais exposta, absorvendo mais água, porém faz-se necessário mais estudos, por um tempo maior de exposição, bem como com outros teores da fibra, para tirar conclusões mais precisas. A Figura 6 apresenta o gráfico da variação de umidade dos corpos de prova sem fibra, durante os 6 ciclos de molhagem e secagem.

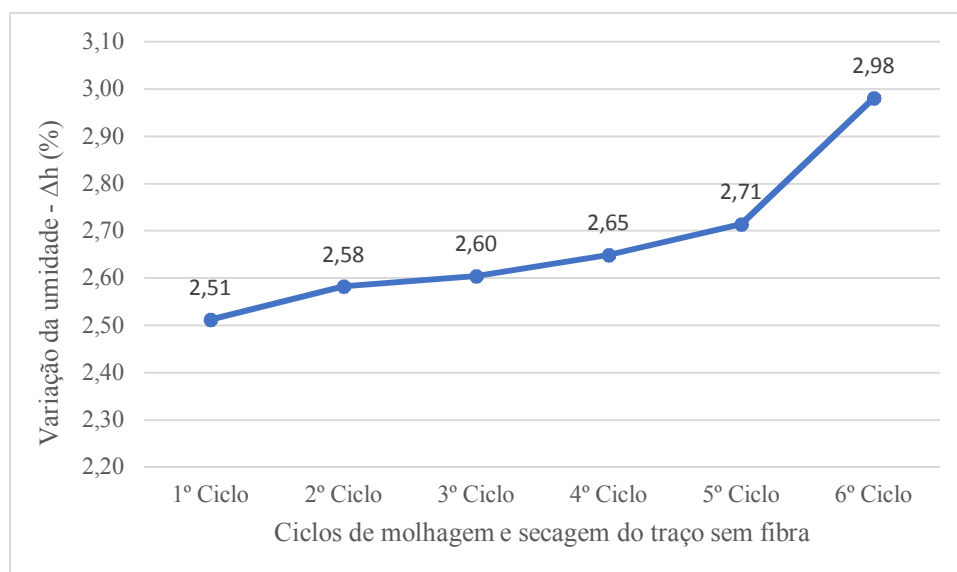


Figura 6: Variação da umidade Δh (%) após ciclos de molhagem e secagem – sem fibra.

Os valores da variação de umidade para o traço com incremento de 3% de fibra estão apresentados na Figura 7, podendo-se destacar que a umidade também aumentou com o passar dos ciclos de molhagem e secagem, com uma variação de cerca de 41,00% com relação ao ciclo inicial, enquanto o traço de referência teve um acréscimo de 18,00%, o que corrobora com Oliveira et al (2010) que ao avaliaram as fibras de abacaxi, banana, caruá e coco, verificaram que as fibras possuem uma capacidade higroscópica bastante acentuadas.

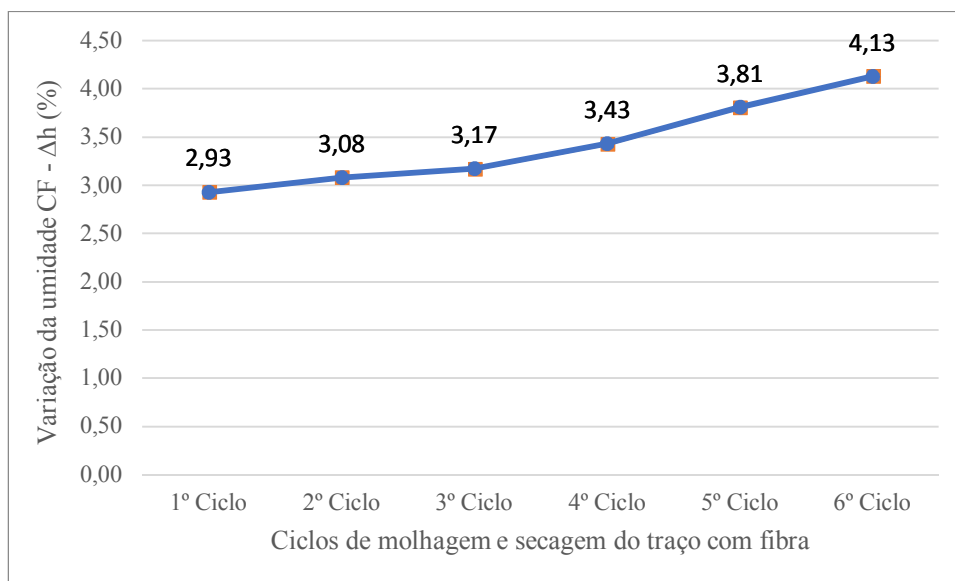
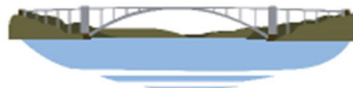


Figura 7: Variação da umidade Δh (%) após ciclos de molhagem e secagem – com fibra (3%).

Com relação à perda de massa (PM), o traço sem fibra, bem como no traço com fibra apresentaram um acréscimo da perda de massa com a sequência dos ciclos de molhagem e secagem, porém evidencia-se maior incidência nos corpos de prova com a adição de fibra, o que justifica-se uma vez que a umidade também foi maior, podendo ser consequência da maior porosidade ocorrida nesse traço, consequência provável do maior desgaste, destacado no gráfico da Figura 8.

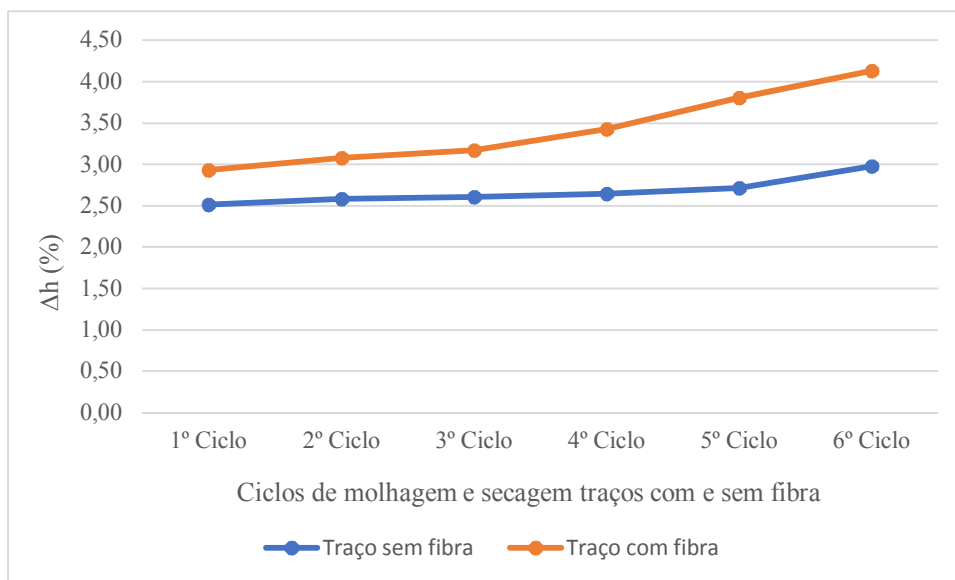


Figura 8: Comparação entre a perda de massa (PM) após ciclos de molhagem e secagem nos traços com e sem fibra.

Com relação ao parâmetro de resistência à compressão simples, verifica-se na Tabela 3, que a $RCS_{m\acute{e}dia}$ do traço alternativo foi de 18,10 MPa, aos 28 dias de cura, para o concreto com a adição de 3% da fibra natural, observando-se assim, uma redução média de 10% em relação ao traço de referência (T_R), também apresentado no gráfico da Figura 9, possivelmente, com o incremento de uma maior percentual de fibra, este valor poderá aumentar, pois de acordo com Silva *et al* (2012) a adição de fibras nas matrizes cimentícias melhora as propriedades mecânicas, com o passar do tempo, podendo assim diminuir as fissuras e rachaduras nessas matrizes.

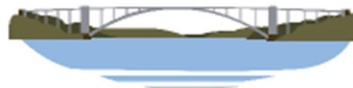


Tabela 3. Ensaio de resistência à compressão aos 28 dias (MPa).

Nº de CP	RCS (MPa) T _R Sem Fibra	RCS (MPa) T _A Com Fibras (3%)
1	25,00	17,00
2	16,00	17,80
3	19,50	19,50
MÉDIA	20,17	18,10

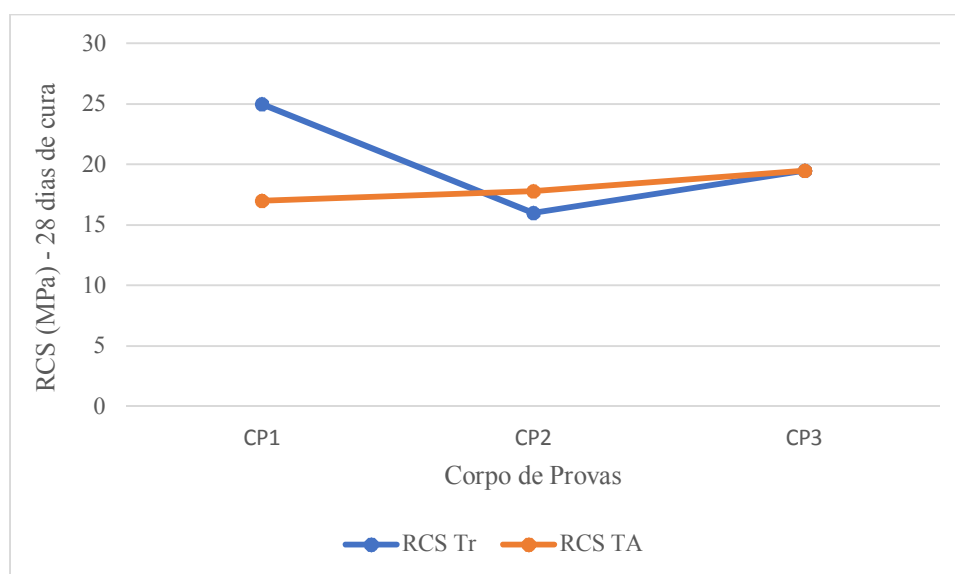


Figura 9: Ensaio de Resistência à compressão aos 28 dias (MPa).

Por fim, destaca-se a necessidade de um maior aprofundamento acerca dos parâmetros analisados e da metodologia, uma vez que a norma empregada foi uma adaptação da norma proposta para estudo da durabilidade de solo-cimento por ciclos de molhagem e secagem. Ainda se propõe uma continuidade desta proposta com um tempo maior de análise dos dados, bem como com outros percentuais da fibra da folha do abacaxizeiro. Júnior. H.S. (2000) buscando reciclagem de algumas fibras para uso como reforço em matriz cimentícia, verificou que os materiais mantiveram a integridade estrutural pelos primeiros 16 meses, como por exemplo as telhas. O cimento, com pouco menos de 8% de fibra apresentou 21 MPa aos 28 dias de cura.

CONCLUSÕES

Diante do propósito da pesquisa que foi avaliar a influência da inserção de fibras provenientes da folha do abacaxizeiro, planta abundante na região e de fácil cultivo, nas propriedades de durabilidade do compósito de concreto após o processo de ciclos de molhagem e secagem bem como suas propriedades mecânicas, surgindo como uma alternativa sustentável para esse resíduo, pode-se destacar, que no traço do concreto sem fibra, ocorreu uma tendência no aumento da variação do volume com o passar dos ciclos de molhagem e secagem (desgaste), o que não se evidenciou no traço com fibra, o qual apresentou uma tendência em diminuir de valor com a variação dos ciclos, com redução entre o 1º ciclo e o 6º ciclo não havendo, praticamente, variação no volume no último ciclo. Acredita-se que a presença da fibra, mesmo em pequena porcentagem, causou esse efeito positivo.

Já para os parâmetros de variação da umidade, perda de massa e resistência à compressão simples, o traço de referência teve melhor desempenho, no entanto não se descarta a possibilidade de que um maior teor desta fibra possa interagir melhor nas propriedades, contribuindo para a diminuição de fissuras e rachaduras, além de influenciar na resistência à tração (propriedade que não foi estudada nesta etapa do projeto).

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: projetos de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro. 2014.
2. _____. NBR 8953: concretos para fins estruturais. Rio de Janeiro. 2015.
3. _____. NBR 13554: Solo-cimento — Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem — Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2012.
4. EHRENBRING, H. Z.; TUTIKIAN, B. F. Concretos reforçados com fibras naturais e fibras Recicladas. 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Instituto Venturi para Estudos Ambientais. Porto Alegre/RS. 2016. Disponível em http://www.firs.institutoventuri.org.br/images/T066_CONCRETOS_REFOR%C3%87ADOS_COM_FIBRAS_NATURAIS_E_FIBRAS_RECICLADAS.pdf. Acesso em 21 de março de 2018.
5. JÚNIOR, H. S.. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo, 2000. Disponível em: https://cdn.fsbx.com/v/t59.2708-21/11642777_857927530965811_1758431407_n.pdf/Holmer.pdf?_nc_cat=0&oh=3160e2564554998588fe4762636272f&oe=5B510B5B&dl=1, acessado em 12/04/2018.
6. MEHTA, P. K., MONTEIRO P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: IBRACON,
7. NOGUEIRA NETO, I. D.; LIMA JÚNIOR, R. S.; SOUZA, J. AVELINO, V. K. G. R. Eco tijolo de solo-cimento com resíduos de olaria: uma alternativa sustentável. 1º. Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Gramado/RS, no período de 12 a 14 de junho de 2018.
8. OLIVEIRA. R. P. D. P.; KAMIYA, I. K.; JÚNIOR, C.C.M.F. Estudo comparativo entre a resistência a tração de fibras naturais com úmidade e isentas de úmidade, disponível em <http://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-1456.pdf>, acessado em 11/04/2018.
9. SAVASTANO, Jr., WARDEN, P. G. Special theme issue: Natural fibre reinforced cement composites. Cement & Concrete Composites, v.25, n.5, p.517-624, 2003.
10. SILVA, Everton. Marques, Maria. Junior, Celso Fornari. Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias, 2012. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/6096/pdf>, acessado em 11/04/2018.
11. SILVA, J. M. Caracterização de fibras em germoplasma de abacaxi para a formulação de compósitos cimentícios. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Armas - Bahia. 2016.
12. TOMAIN, Lorena Resende; FREITAS, Matheus Resende; MEDEIROS, Renata Franco de. **Viabilidade da utilização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar na produção de concreto**. 2014. 2 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Uberaba, Uberaba, 2014.