Análise do Comportamento Mecânico de Argamassas de Revestimento com Adição de Fibras de Curauá

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
UNIFACEAR

Antônio Rodrigo do Carmo Moreira[1], Francisco José Santos Júnior[1], Raiana de Barros e Silva Felix[1], Hugo Ricardo Aquino Sousa da Silva[1]
[1] Centro Universitário Luterano de Santarém (CEULS/ULBRA)

RESUMO
Com o avanço do ramo da construção civil nos últimos anos, muitos estudos voltados para a melhoria nessa área foram feitos. Como parte importante de uma construção, principalmente na fase de acabamento, as argamassas de revestimento podem ter sua durabilidade afetada com o aparecimento de fissuras causadas por fenômenos físicos, como a retração. Desta forma, essa pesquisa tem como objetivo, realizar o comparativo entre argamassas de revestimento comuns compostas de cal, cimento e areia, e argamassa com adição de um percentual de fibras de curauá com três tamanhos diferentes (5,10 e 15 mm), a partir de ensaios de consistência e resistência à tração na flexão e à compressão. Durante os ensaios pôde-se observar que as argamassas com presença de fibras absorvem mais a água e incorporam melhor os vazios, sendo assim podem se expandir na mistura ajudando a trabalhar para no combate as fissuras. A presença de cal na argamassa ajuda a melhorar a plasticidade da mesma, e em parceria com as fibras melhora a resistência da argamassa. Assim, as fibras de curauá podem ser uma alternativa viável tanto tecnicamente como economicamente, para este fim.

Palavras chave: Argamassa, revestimento, fibras de curauá.

ABSTRACT
With the advancement of the construction industry in recent years, many studies aimed at improvement in this area have been made. As an important part of a construction, especially in the finishing phase, coating mortars can have their durability affected with the appearance of cracks caused by physical phenomena, such as retraction. The objective of this research was to compare common lime, cement and sand mortar and mortar with a percentage of curauá fibers with three different sizes (5.10 and 15 mm), from tests of consistency and tensile strength in flexion and compression. During the tests it was observed that the mortars with the presence of fibers absorb more water and better incorporate the voids, so they can expand in the mixture helping to work to combat cracks. The presence of lime in the mortar helps to improve the plasticity of the mortar, and in partnership with the fibers improves the strength of the mortar. Thus, curauá fibers can be a viable alternative both technically and economically for this purpose.

Key Words: Mortar, coating, fibers curauá

1. INTRODUÇÃO

Os mais antigos registros datados sobre a utilização de fibras para reforçar materiais de construção estão citados na Bíblia (Êxodo 5, 6-7), em que palhas eram

utilizadas no reforço de tijolos. Também há evidências, do uso de fibras de asbesto para reforço de postes de argila há cerca de 5000 anos atrás, e de pêlos de animais em argamassas de assentamento de tijolos (SILVA, 2002).

FRANCO (2010) afirma que as fibras naturais ajudam a melhorar características importantes de materiais usados na construção civil, como concretos e argamassas, com o objetivo de amenizar os efeitos de retração do cimento e auxiliando no combate de fissurações. Concomitantemente, NAVARRO (2011) destaca que o fato de as fibras vegetais serem um material natural torna o seu custo mais baixo se comparada com as fibras sintéticas ou com os aditivos redutores de retração. Assim, aos poucos as fibras em geral vêm se tornando um material componente tão importante e comum em obras quanto os aditivos de grande utilização na construção civil.

A versatilidade das fibras é ampla, tanto que elas podem ser utilizadas em quase todas as etapas de uma construção, podendo ser aplicadas em concretos e argamassas como espécie de aditivo para evitar algumas patologias futuras, como as fissurações, resultantes de retrações (TOLÊDO FILHO, 1997). Muitas fibras são comumente encontradas em composição de telhas ecológicas, como material substituto ao amianto. Se incluídas em mantas, geralmente são constituídas por uma malha geossintética. As fibras vegetais, como a palha e fibras de coco, reduzem a evaporação ao mesmo tempo em que aumentam a retenção de água. Um exemplo da utilização dessas mantas em obras foi no Gasoduto Paulínia-SP/Jacutinga - MG, onde as mantas com inclusão de fibras na aplicação foram aplicadas no intuito de proteger o gasoduto evitando imprevisíveis fenômenos de erosão, haja vista que a finalidade dessas mantas “ecológicas” é de proteger contra erosões eólicas e hidráulicas em obras de controle da erosão (SIQUEIRA, 2003).

SIQUEIRA (2003) atesta que as fibras mais utilizadas nos dias de hoje para construção civil são: Fibras de Silicato Cristalino (amianto), Fibras de Vidro, Fibras de Metal (aço-carbono e aço inox), Fibras de Carbono, Fibras de Vegetais (sisal, curauá, coco, etc.).

Na região amazônica, é possível encontrar as fibras de curauá com grande abrangência. Desta forma, o presente trabalho teve como finalidade o estudo dessa fibra em composições de argamassas de revestimento, visando melhorar a eficiência mecânica do compósito, auxiliando no combate a retração plástica, propriedade que está relacionada as fissurações que ocorrem no revestimento.

O trabalho é fundamentado por meio de pesquisas bibliográficas e ensaios realizados em laboratórios, com base nas recomendações da ABNT NBR 13279:2005 e ABNT NBR 13276:2005.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Fibras de Curauá

As fibras de curauá tem origem natural, e podem ser encontradas em grande abundancia na região oeste do Pará. Esta planta, cujo tem predominância na cidade de Santarém, é cientificamente conhecida pelo nome de *Ananas erectifolius.* Pertencente à família das bromélias, possui fibras muito resistentes, que são extraídas de suas folhas para serem utilizadas em composição de peças na indústria automobilística, bem como na construção civil em compósitos cimentícios (SIQUEIRA, 2003).

BISPO (2011) sintetiza que a espécie *Ananas erectifolius* é uma planta fibrosa, monocotiledônea, terrestre herbácea, superficial e que se adapta a diferentes tipos de solo e a mudanças climáticas, podendo ser encontrada nos Estados do Pará, Acre, Mato Grosso, Goiás, Amapá e Amazonas.

Analogamente, LIMA *et. al,* (2011), destaca que há dois tipos distintos de curauá, um de folhas verde-claro, chamado de curauá branco e outro de folhas roxo-avermelhadas, conhecido como curauá roxo. Apresentam folhas eretas, coriáceas, medindo cerca de 5 cm de largura, 5 mm de espessura, aproximadamente 1,5 m de comprimento. Essa fibra apresenta percentuais de lignina, hemicelulose, celulose e cinzas em sua composição, como mostra a TABELA 1.

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO DA FIBRA DE CURAUÁ

COMPONENTES	QUANTIDADE (%)
Lignina	11,1
Hemicelulose	10,8
Celulose	70,4
Cinzas	2,2

FONTE: LIMA *et. al,* (2011)

2.2. Argamassas de Revestimento

As argamassas de revestimento são utilizadas para a preparação de paredes, muros e tetos para possíveis acabamentos, como para o assentamento de revestimentos cerâmicos, pinturas, entre outras. Além disso, esse tipo de revestimento possui camadas, são elas: chapisco, emboço, reboco, camada única e revestimento decorativo monocamada.

De acordo com CARASEK (2007), para que possam apresentar um bom desempenho, as argamassas de revestimento devem possuir algumas propriedades características, como: boa trabalhabilidade, retração, aderência, permeabilidade à água, resistência mecânica (principalmente superficial) e capacidade de absorver deformações.

A propriedade física responsável por garantir o desempenho adequado na execução da argamassa de revestimento é a trabalhabilidade. Sendo assim, as condições de aplicação e de trabalhabilidade da argamassa podem afetar o resultado final do revestimento se não forem executadas de maneira correta ou não possuírem um desempenho satisfatório, haja vista que as propriedades da argamassa endurecida dependem do estado da massa fresca (CARASEK, 2007).

Contudo, CARASEK (2007) define ainda que a capacidade de adesão da argamassa no estado fresco a uma superfície é a propriedade que está diretamente associada também à trabalhabilidade. Pois, para saber o ponto de adesão da argamassa, basta lança-la em um substrato, por exemplo, se esta firmar imediatamente e não se desprender, permitindo ser espalhada e acomodada corretamente, então ela se encontra com boa aderência.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na pesquisa foram utilizados três métodos de ensaios, todos de acordo com as recomendações normativas. Primeiro foi realizado o ensaio de consistência das argamassas de revestimento no estado fresco conforme a ABNT NBR 13276:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Posteriormente, com a as argamassas no endurecido foram realizados ensaios em corpos de prova prismáticos e cilíndricos, afim de registrar a resistência à tração na flexão e à compressão, de acordo com a ABNT NBR 13279:2005 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Foram elaborados 04 traços de argamassa para efeito de comparação. O primeiro caracterizado como argamassa normal, contendo cimento, areia e cal. Já o segundo, o terceiro e o quarto seguiram a mesma composição do primeiro, porém, foram adicionadas fibras de curauá com 5, 10 e 15 mm de comprimento, respectivamente em cada traço.

3.1. Materiais

Os materiais utilizados na composição das argamassas dos ensaios foram: areia como agregado miúdo, proveniente de barrancos, extraída no município de Santarém-Pa; cal; cimento Portland CP II-Z 32; fibras de curauá; e água.

3.1.1. Preparo das fibras de curauá

LOBATO (2006) afirma que a celulose é mais resistente aos álcalis, e, por consequência, procede-se a tratamentos que reduzam a quantidade de hemicelulose e

lignina a fim de reduzir essa deterioração. Esses tratamentos variam desde a simples lavagem das fibras com água até tratamentos químicos de polpação das mesmas. Baseado nisso e levando em consideração a composição das fibras de curauá, foi realizado um banho químico a base de CH-III e água na proporção de 2 kg de cal para 18 litros de água (FIGURA 1). O banho químico consiste em deixar a fibra imersa em água com presença de cal em um período de 24 horas, e tem a função de melhorar a adesão superficial das fibras e extrair o açúcar presente nelas.



FIGURA 1: PREPARAÇÃO DAS FIBRAS DE CURAUÁ ATRAVES DE TRATAMENTO QUIMICO.
FONTE: AUTORES (2018)

Logo após o termino do período de banho químico foi realizada a lavagem com água corrente das fibras, para retirar o produto e limpa-las. Já limpas, as fibras passaram por um processo de secagem natural, onde ficaram expostas ao sol por aproximadamente 24 horas (FIGURA 2A). Para serem utilizadas nos ensaios, as fibras de curauá foram cortadas em laboratório com o auxílio de tesoura em três dimensões distintas com 5,10 e 15 mm (FIGURA 2B).

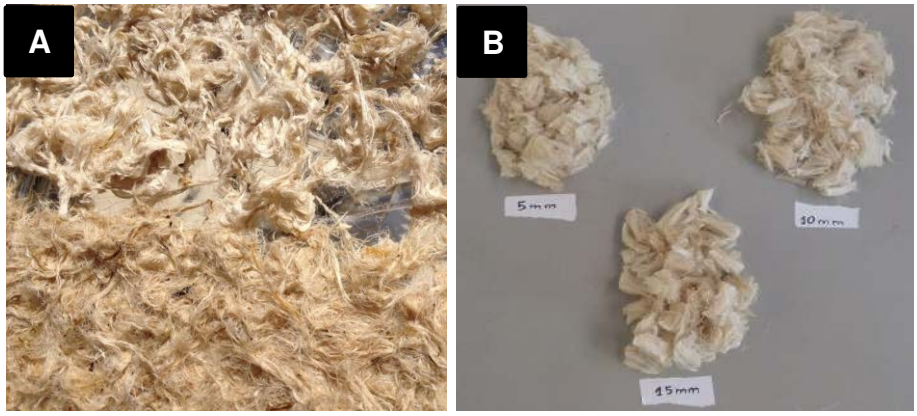


FIGURA 2: A) SECAGEM DAS FIBRAS; B) CORTE DAS FIBRAS NAS DIMENSÕES DESEJÁVEIS.
FONTE: AUTORES (2018)

3.1.2. Traço

O traço utilizado em todos ensaios foi de 1:0,5:4 (cimento:cal:areia). Para a argamassa comum não foram adicionadas fibras, já nas demais argamassas foram adicionadas fibras na porcentagem de 2%, que equivale a 100g, conforme demostrado na FIGURA 3.

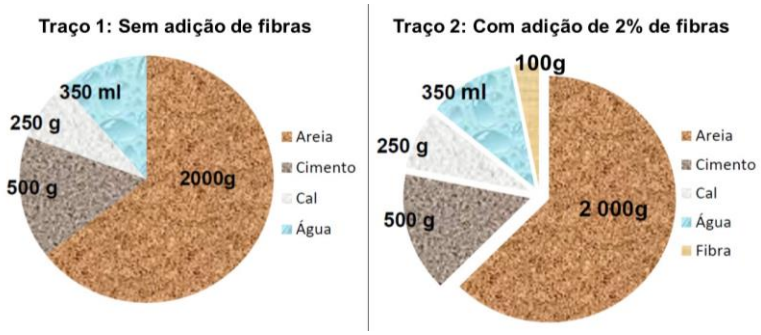


FIGURA 3: CARACTERÍSTICAS DOS TRAÇOS ADOTADOS.
FONTE: AUTORES (2018)

3.2. Ensaio com argamassa no estado fresco

Para o ensaio de consistência da argamassa (FIGUURA 4), primeiramente realizou-se a pesagem dos materiais a partir do traço proposto, logo em seguida os componentes da mistura foram postos na argamassadeira elétrica, aonde foram misturados por 90 segundos. Após o processo de mistura foi adicionado água, parra executar homogeneização no equipamento por mais 5 minutos. Feito isso preencheu-se o tronco de cone, sobre a mesa, em três camadas, aplicando 15 golpes na primeira camada, 10 na segunda e 5 na última camada, fez-se o nivelamento com uma régua de metal e retirado as sobras que ficaram ao redor do cone. Para finalizar, foi retirado o cone e iniciou-se o processo de giro da manivela, aplicando 30 golpes, um a cada segundo. Ao final, com o auxílio de um paquímetro, mediu-se o diâmetro da amostra de argamassa, registando a leitura de 3 medidas, em seguida foi calculada a média aritmética das para obter o valor aproximado do índice de consistência.



FIGURA 4: ENSAIO DE CONSISTENCIA DAS AMOSTRAS DE ARGAMASSA.
FONTE: AUTORES (2018)

3.3. Ensaio com argamassa no estado endurecido

3.3.1. Resistência a compressão

Para medir a resistência a compressão foram moldados 16 Corpos de prova cilíndricos, sendo 04 para argamassa comum e 12 para as argamassas com adições do percentual empírico de 2% (100g) de fibra (5,10 e 15mm).

Após o preparo da argamassa na argamasseira (FIGURA 5A) em rotação baixa, moldaram-se os corpos de prova. O enchimento dos CP's se deu através de três camadas diferentes, onde cada uma delas recebeu 30 golpes com o soquete (FIGURA 5A).



FIGURA 5: A) PREPARO DA ARGAMASSA NA ARGAMASSADEIRA; B) ENCHIMENTO DOS CORPOS DE PROVA.
FONTE: AUTORES (2018)

Finalizada essa etapa, os CP's foram vibrados afim de reduzir os vazios, e em seguida nivelou-se a superfície do cilindro e iniciado o período de secagem natural ao ar durante 24 horas (FIGURA 6A). Passado o tempo de cura inicial ao ar, os CP's foram desformados e submetidos à cura em imersos em água durante 07 dias (FIGURA 6A).



FIGURA 6: A) CURA DOS CP'S AO AR; B) CP'S EM PROCESSO DE CURA ÚMIDA.
FONTE: AUTORES (2018)

Passados os 07 dias de cura, os corpos de prova foram retirados do recipiente, onde estavam imersos em água e levados para a prensa mecânica, para a realização do ensaio de resistência a compressão (FIGURA 7).



FIGURA 7: ROMPIMENTO DOS CP'S POR COMPRESSÃO AXIAL.
FONTE: AUTORES (2018)

3.3.2. Resistência a tração na flexão

Foram confeccionados 12 corpos de prova prismáticos (FIGURA 8), sendo 3 para cada tipo de combinação de argamassa. Após o enchimento das formas, os CP's passaram pelo mesmo processo de cura relatado anteriormente.

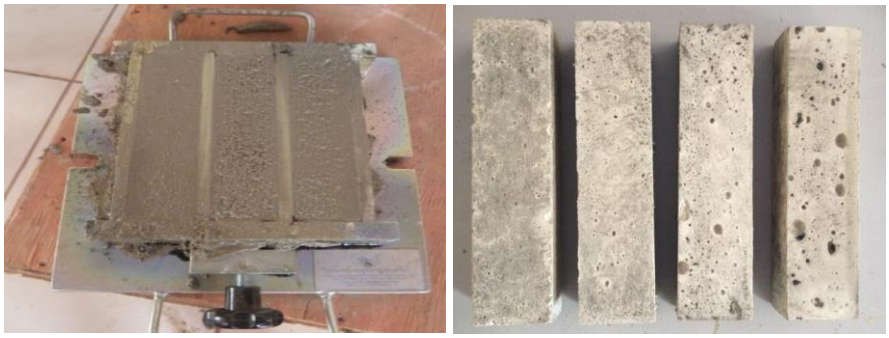


FIGURA 8: CP'S PRISMATICOS.
FONTE: AUTORES (2018)

LOBATO (2003), em seus estudos, adaptou o método ISO/DIS 679 – Methods of testing cements – Determination of strength (International Organization for Standardization, 1987) para corpos de prova de 40 x 40 x 160 mm. De acordo com o método, para uma carga distribuída uniformemente na seção transversal do meio do corpo de prova bi-apoiado, a tensão de tração na flexão é dada pela Equação (1).

$$\sigma = \frac{1{,}5PL}{bh^2} \quad (1)$$

Onde: $\boldsymbol{\sigma}$ é a tensão de tração na flexão em (MPa); **P** é a carga aplicada no meio do prisma (N); **L** é a distância entre os apoios (mm); **b** é o maior lado da seção transversal do corpo de prova (mm); e **h** é a espessura do corpo de prova.

Assim, fez-se as devidas marcações na metade da peça, para o posicionamento do centro de carga, e 2,5 cm no sentido das extremidades para o centro das peças. Em seguida, os corpos de prova foram posicionados adequadamente na prensa, afim de receberem o carregamento (FIGURA 9). A partir das leituras são realizados os cálculos de resistência a tração na flexão.

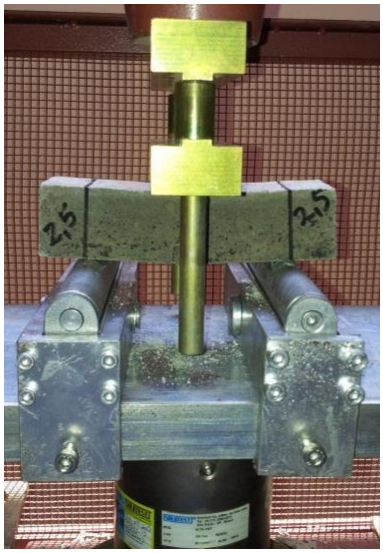
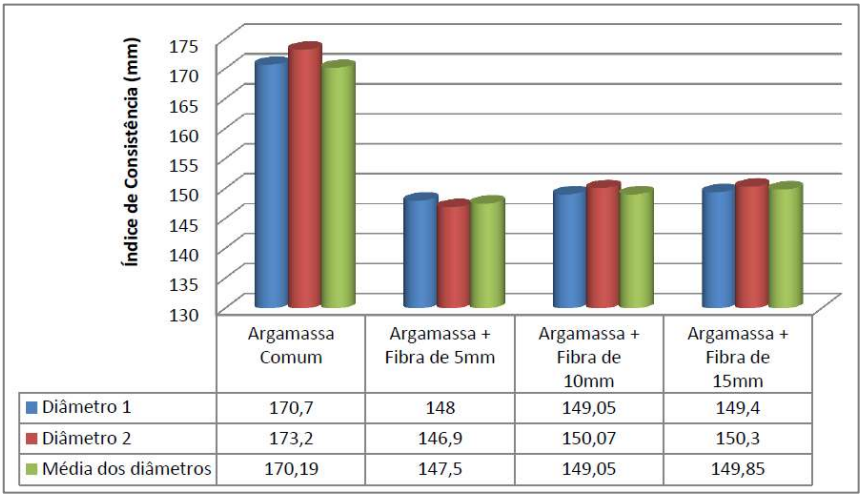


FIGURA 9: ENSAIO RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO.
FONTE: AUTORES (2018)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Ensaio com argamassa no estado fresco

Os diâmetros calculados no ensaio e as médias que geram o índice de consistência encontram-se na FIGURA 10.



	Argamassa Comum	Argamassa + Fibra de 5mm	Argamassa + Fibra de 10mm	Argamassa + Fibra de 15mm
Diâmetro 1	170,7	148	149,05	149,4
Diâmetro 2	173,2	146,9	150,07	150,3
Média dos diâmetros	170,19	147,5	149,05	149,85

FIGURA 10: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CONSISTÊNCIA.
FONTE: AUTORES (2018)

Com relação a consistência, as amostras de argamassa comum apresentaram um maior índice se comparada com as compostas por fibras de curauá, isso já era esperado devido ao aumento da coesão que a fibra obtém quando posta em contato com a mistura.

4.2. Ensaio com argamassa no estado endurecido

4.2.1. Resistência a compressão

Durante o ensaio, obteve-se 4 resistências, sendo uma para cada corpo de prova de cada composição de argamassa. Com os resultados em mãos, descartou-se o maior valor entre eles. A seguir, a TABELA 2 mostra as cargas que cada CP suportou e a FIGURA 11 expõe a resistência média a compressão das amostras.

TABELA 2 – CARGA DE REPTURA APLICADA NO ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL

	CARGA APLICADA (TON)			
CP's	**Arg. Normal**	**Arg. c/ fibra de 5mm**	**Arg. c/ fibra de 10mm**	**Arg. c/ fibra de 15mm**
CP 1	1,96	1,97	1,39	1,37
CP 2	2,09	1,83	1,47	1,40
CP 3	2,14	1,94	1,42	1,68

FONTE: AUTORES (2018)

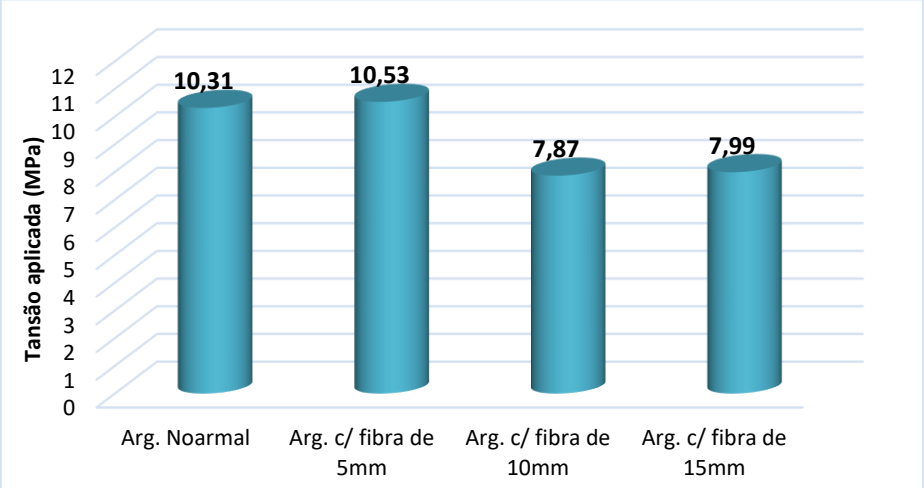


FIGURA 11: RESISTÊNCIA MÉDIA A COMPRESSÃO DOS TRAÇOS.
FONTE: AUTORES (2018)

Percebe-se que a composição contendo fibras de 5 mm obteve a maior média de resistência a compressão, seguida pala argamassa normal. As composições contendo as fibras com 10 e 15 mm, apesar de terem apresentado as menores resistências, no rompimento dos CP's os detritos se mantiveram coesos, em razão da ligação das fibras com a pasta aglomerante. Este fenômeno é satisfatório, pois em caso de falhas de

aderência entre o substrato a argamassa de revestimento no estado endurecido as fibras impediram a desagregação do revestimento, que poderá minimizar acidentes.

4.2.2. Resistência a tração na flexão

Durante o ensaio, obteve-se 3 resistências, sendo uma para cada corpo de prova de cada composição de argamassa. A seguir, a TABELA 3 mostra as cargas que cada CP suportou e a FIGURA 12 expõe a resistência média a compressão das amostras.

TABELA 3 – CARGA DE REPTURA APLICADA NO ENSAIO DE TRAÇÃO DA FLEXÃO

	CARGA APLICADA (TON)			
CP's	Arg. Normal	Arg. c/ fibra de 5mm	Arg. c/ fibra de 10mm	Arg. c/ fibra de 15mm
CP 1	0,10	0,07	0,13	0,12
CP 2	0,10	0,09	0,14	0,13
CP 3	0,09	0,08	0,14	0,13

FONTE: AUTORES (2018)

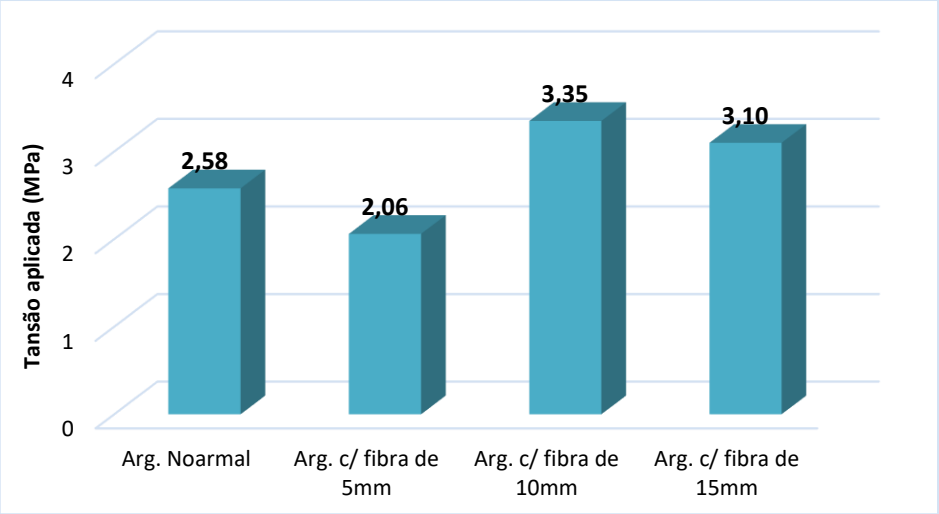


FIGURA 12: RESISTÊNCIA MÉDIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO DOS TRAÇOS.
FONTE: AUTORES (2018)

Como esperado, as argamassas contendo as fibras de curauá obtiveram os melhores valores de resistência a tração na flexão. Isso pode ser explicado pelo fato de a fibra conseguir se espalhar na mistura, devido ao seu comportamento elástico, que auxilia na redução dos vazios.

5. CONCLUSÃO

Pôde ser demonstrada nessa pesquisa, a possibilidade técnica do uso da fibra de curauá em compósitos cimentícios, mais precisamente em argamassas de revestimentos

sem a utilização de aditivos, porém com o uso de mais de um aglomerante, a cal hidratada, que contribui para uma melhor trabalhabilidade do compósito.

De acordo com os ensaios feitos em laboratório, pode-se perceber que as argamassas com presença de fibras de curauá apresentaram um ganho de resistência mecânica significativos, por conseguinte possuem um melhor desempenho frente a retração. No ensaio de resistência a compressão, as argamassas compostas com adição de fibras com 5 mm obtiveram um ganho de resistência mais elevado em relação as argamassas comuns e com outras dimensões de fibras.

Nos ensaios de tração na flexão, ficou nítido que as argamassas com fibras mais alongadas, no caso as de 10 e 15mm apresentaram um melhor desempenho se comparada com as comuns e com fibras de 5mm. Esse desempenho se dá devido a elasticidade das fibras quando trabalhadas para receber esse tipo de esforço.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 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.

BISPO, S. J. L. **Estudo das propriedades mecânicas de biocompósitos de polipropileno reforçados com fibras naturais.** Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica. Natal, 2011.

CARASEK, H. **Argamassas***. In*: ISAIA, G. C. (Org.). Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**.** São Paulo: **IBRACON**, 2007. cap.26, v.2.

FRANCO, F. J. P. **Aproveitamento da fibra do elicarpo do coco babaçu em compósito com matriz de epóxi: Estudo do efeito do tratamento da fibra.** Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra. Natal, 2010.

LIMA, B. S.; LENZ, D.; VERNEY, J. K.; PEREIRA, F. M. **Influência da fibra de curauá em compósitos cimentícios: verificação da resistência à flexão e da resistência à compressão.** Trabalho de Conclusão de Curso **-** Universidade Luterana do Brasil. Santarém, 2011.

NAVARRO, C**.** T. **Caracterização microestrutural das fibras naturais: *etlingera elatior, costus e helicônia bihai*.** Dissertação de mestrado - Departamento de Engenharia Civil - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, A. C. **Estudo da Durabilidade de Compósitos Reforçados com Fibras de Celulose.** Dissertação de mestrado - Universidade de São Paulo - Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2002.

SIQUEIRA, J. L. **Estudo comparativo entre a utilização da fibra de polipropileno e a fibra de curauá em concretos e argamassas cimentícias**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade da Amazônia - UNAMA, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia-CCET, Belém, 2003.

TOLÊDO FILHO, R. D. **Materiais compósitos reforçados com fibras naturais:** caracterização experimental. Rio de Janeiro, 472 f. Tese (doutorado) - Departamento de Engenharia Civil - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1997.