

COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS REFORÇADAS COM TECIDOS ESTRUTURAIS DE FIOS DE SISAL

DA CRUZ, J. V. G. B. * VIANA, R. S. † ARRUDA FILHO, A. B. ‡

Revista Eletrônica de Ciências Exatas e Tecnológicas

JUL-2021, 2ª Edição, Volume 1.

Submitted: 05 jul.2021. Approved: 13 jul.2021.

RESUMO

Esta pesquisa analisou o comportamento mecânico do compósito cimentício, desenvolvido a partir de tecidos estruturais de fios de sisal, com a finalidade de obter um material com maior resistência aos esforços de flexão. Ao reforçar matrizes frágeis com fibras naturais sua resistência à tração e flexão são aumentadas, além de evitar ou atrasar o surgimento de fissuras. Os materiais principais neste trabalho foram o sisal e os constituintes da argamassa: cimento, areia, água, aditivos e adições. Foi adquirido um tecido de sisal que facilitasse a impregnação pela matriz. Nesta pesquisa, era esperado desenvolver um compósito leve e tenaz, com matriz cimentícia aliada a um tecido bidirecional de fios de sisal. Para tanto, foi analisado o comportamento mecânico do compósito, através do ensaio de flexão em quatro pontos. Foram desenvolvidas duas placas: uma com apenas uma camada de reforço e outra com duas camadas de reforço. Cada placa forneceu 4 corpos de prova com formato de paralelepípedo retangular com 40 cm de comprimento, 10 cm de largura e 1 cm de espessura. O ensaio de flexão em quatro pontos foi realizado após 28 dias de cura e, através dos resultados obtidos, foi possível constatar que os corpos de prova com duas camadas obtiveram melhores resultados: houve aumento no valor da tensão máxima, do módulo de elasticidade, da tensão crítica, do número de fissuras e houve redução no valor do deslocamento na tensão máxima. Embora as propriedades tenham sido melhoradas com a adição de uma camada de reforço, o compósito analisado nesta pesquisa ainda não possui potencial para utilização em elementos estruturais ou de vedação.

Palavras-chave: Compósitos. Matriz cimentícia. Tecidos de sisal.

ABSTRACT

This research analysed the mechanical behaviour of the cementitious composite, developed from structural sisal textile material, with the purpose of obtaining a material with greater resistance to bending efforts. By reinforcing fragile matrices with natural fibers the tension and bending resistance are increased, in addition to avoiding or delaying the appearance of cracks. The main materials in this work were sisal and the elements of the mortar: cement, sand, water, additives and additions. Sisal textile materials were made to facilitate the impregnation by the matrix. In this research, it was expected to develop a light and tenacious composite, with cementitious matrix allied to a bidirectional textile material of sisal wires. For this purpose, the mechanical behaviour of the composite was analysed through the four-point bending test. Two plates were developed: one with only one reinforcement layer and the other with two reinforcement layers. Each plate provided 4 specimens with rectangular cobblestone shape with 40 cm long, 10 cm wide and 1 cm thick. The four-point bending test was performed after 28 days of cure and through the results obtained, it was possible to verify that the two-layer test specimens had better results: there was an increase in the maximum stress value, the modulus of elasticity, of critical tension, of the number of cracks and there was a reduction in the value of the displacement at maximum tension. Although the properties have been improved with the addition of a reinforcement layer, the composite analysed in this research still has no potential for use in structural or sealing elements.

Keywords: Composites. Cementitious matrix. Sisal textile material.

* João Victor Gomes Borges da Cruz. Bacharel (UFRB) em Ciências Exatas e Tecnológicas e graduando (UFRB) de Engenharia Civil (Lattes). E-mail: victorgomes19@outlook.com

† Rafaela Santos Viana, Bacharela (UFRB) em Ciências Exatas e Tecnológicas e graduanda (UFRB) de Engenharia Civil (Lattes). E-mail: rafaviana@outlook.com

‡ Adilson Brito de Arruda Filho. Mestre em Engenharia Ambiental Urbana pela Universidade Federal da Bahia (2015). Possui graduação em Engenharia de Produção Civil pela Universidade do Estado da Bahia (2008). Graduação em Licenciatura Plena em Construção Civil pela Universidade do Estado da Bahia (1998) Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil (Lattes). E-mail: adilson.arruda@ufrb.edu.br

Sumário

Sumário	1
Introdução	2
Materiais e Métodos	2
Comportamento Mecânico das Fibras, Fios e Tecidos	3
Matriz	3
Confecção das Placas	3
Ensaio de flexão em quatro pontos	4
Resultados e discussão	5
Ensaio de tração nas fibras	5
Ensaio de tração nos Fios	5
Ensaio de tração nos Tecidos	6
Ensaio de Flexão em 4 Pontos	6
Conclusões	8
Referências	8

INTRODUÇÃO

Com o passar do tempo, o setor da engenharia civil objetiva inovações para que sejam garantidas economia e qualidade dos seus produtos. Diante disto, faz-se necessário o desenvolvimento de materiais que contribuam para a obtenção destes resultados. Para tanto, a utilização de compósitos é uma alternativa eficaz, uma vez que as propriedades específicas de cada material que compõe os mesmos são potencializadas.

Fibras naturais estão sendo utilizadas como reforço de matrizes poliméricas e cimentícias, substituindo as fibras sintéticas. Alguns estudos apontam que compósitos que utilizam fibras vegetais como reforço, com diversas aplicações, apresentando benefícios ambientais e econômicos (SILVA, 2000). De acordo com Oliveira (2016), essa substituição das fibras sintéticas por fibras naturais ocorre por conta de exigências de autoridades legislativas a respeito do descarte de fibras sintéticas e maior conscientização da sociedade, por exemplo.

Nas últimas décadas houve um aumento na aplicação das fibras vegetais, principalmente o sisal. Este ocorreu por conta da sua disponibilidade, baixo custo e baixo consumo energético de produção quando comparado com as fibras manufatura-

das (OLIVEIRA, 2007; TOLEDO, 1997). De acordo com a Cosibra (2020), a fibra sintética pode demorar décadas para se decompor. Por sua vez, o sisal se decompõe em alguns meses, tornando-se um fertilizante natural. Devido a sua grande disponibilidade, principalmente em países de clima tropical, as fibras vegetais apresentam baixo custo e têm a grande vantagem de serem renováveis (FIDELIS, 2014; PIRES, 2009).

As fibras de sisal podem ser utilizadas na indústria automobilística, na produção de estofados, sacarias, bolsas, barbantes, cordas, capachos, tapetes e artesanatos em geral, bem como, na fabricação de celulose para a produção de papel Kraft (de alta resistência) e outros tipos de papel fino (cigarro, filtro, papel dielétrico, absorvente higiênico, fralda, entre outros) (ALVES; SANTIAGO; LIMA, 2005).

Existem alguns estudos acerca da utilização de fibras curtas e mechas de fibras longas para a produção de compósitos cimentícios. Entretanto, com a utilização de tecidos estruturais como reforço, é esperado um aumento no desempenho mecânico dos compósitos na direção e sentido dos esforços solicitantes, uma vez que há um melhor alinhamento e direcionamento das fibras no tecido (ARRUDA FILHO, 2015).

O objetivo principal da pesquisa foi analisar a influência do número de camadas de reforço sobre o comportamento de placas cimentícias à flexão. Os objetivos específicos dessa pesquisa foram moldar compósitos e analisar o comportamento mecânico do material de reforço e dos compósitos para diferentes volumes de reforço.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver os reforços das placas cimentícias analisadas nesta pesquisa, foi utilizado um tecido estrutural de fios de sisal. O mesmo era bidirecional, com gramatura de $0,068g/cm^2$, espaçamento de malha de $0,7cm$ e foi fornecido pela Associação de Desenvolvimento Sustentável e Solidário da Região Sisaleira APAEB.

Inicialmente, o tecido foi lavado em água, durante 20 minutos, a uma temperatura de $50^{\circ}C$,

para retirar enzimas e impurezas que reagiriam com o cimento, alterando o tempo de pega da matriz e diminuindo sua resistência no estado endurecido.

COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS FIBRAS, FIOS E TECIDOS

Antes de avaliar a eficácia dos tecidos como reforço das placas cimentícias, foram feitos corpos de prova de fibras, fios e tecidos, a fim de verificar o comportamento mecânico dos mesmos.

As fibras foram cortadas com 60mm e tiveram a massa medida em uma balança com precisão, em gramas, de quatro casas decimais. Feito isto, os corpos de prova foram levados a uma estufa, por 24h , a uma temperatura de 80°C e, ao serem retirados, tiveram novamente a sua massa medida. Com o valor da massa seca, foi calculado o valor da área da seção transversal das mesmas, através da expressão I:

$$A = \frac{M}{\rho h}, \quad (1)$$

em que, ρ a densidade das fibras, em g/cm^3 ; M é a massa da amostra seca, em g ; h é o comprimento das fibras, em cm ; A é a área da seção transversal das fibras, em cm^2 .

Para o cálculo da área da seção transversal o valor utilizado para a densidade das fibras foi $\rho = 1,591\text{g}/\text{cm}^3$ (CARVALHO, 2005). A fim de evitar o esmagamento das fibras, foi utilizada fita crepe nas extremidades dos corpos de prova.

Os fios analisados nesta pesquisa foram cortados com comprimento de 300mm , sendo que o comprimento ensaiado foi de 250mm . A fim de determinar a área da seção transversal, foram utilizadas as mesmas etapas desenvolvidas para o ensaio de tração das fibras.

Para o ensaio de tração dos tecidos, foi utilizada a norma ASTM D5035 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM), 2019). Assim, os corpos de prova foram cortados com 120mm de comprimento e 40mm de largura. Com a massa seca, obtida após a retirada dos corpos de prova da estufa, foi determinada a área da seção transversal do fio.

Para o ensaio de tração nas fibras, fios e tecidos, utilizou-se uma máquina de ensaios universal, modelo WDW-200E, de fabricante Time Group INC, com capacidade de carga de 200kN e velocidade de deslocamento da ponte da máquina de ensaio universal de $5\text{mm}/\text{min}$.

MATRIZ

Para o desenvolvimento da argamassa que compõe a matriz, foram utilizados: cimento, sílica ativa, areia, água, agente modificador de viscosidade (VMA) e superplastificante. O cimento utilizado foi o CP V-ARI, a fim de conferir uma maior resistência aos corpos de prova nos primeiros de cura. A areia utilizada foi adquirida em comércio local e foi apenas passada na peneira de malha $1,2\text{mm}$, retirando materiais que pudessem estar presos, não sendo realizado ensaio de granulometria. O superplastificante Adiment Premium, de fabricante Vedacit, foi utilizado com o intuito de conferir mais fluidez à argamassa, melhorando, assim, a impregnação da matriz no tecido. Por sua vez, o agente modificador de viscosidade, Rheomac UW 410, fabricado pela empresa BASF, foi adicionado para evitar a segregação e manter a coesão da argamassa.

Todos os componentes tiveram a sua massa medida em uma balança com precisão, em gramas, de duas casas decimais. O traço da matriz confeccionada foi adaptado de Lima et al. (2018), pois apresenta propriedades adequadas para reduzir a degradação de fibras vegetais em matrizes cimentícias. A Tabela 1 apresenta as massas obtidas.

Tabela 1 – Massa dos componentes da matriz

Componente	Massa (g)
Cimento	770,13
Sílica Ativa	770,13
Areia	1540,25
Água	816,53
VMA	1,08
Superplastificante	65,71

Fonte – Elaborada pelos autores.

CONFECÇÃO DAS PLACAS

Para a moldagem das placas foi utilizada uma fôrma metálica quadrada com 40cm de lado. A

fim de facilitar a remoção das placas após a sua secagem inicial, foi aplicada uma camada de desmoldante nas fôrmas.

Para iniciar o preparo da argamassa, o cimento e a sílica ativa foram homogeneizados em um recipiente, isto é, misturados até que não fosse mais possível distinguir os elementos a olho nu. Feito isto, a água e o superplastificante foram misturados em outro recipiente.

O processo de mistura durou 10 minutos e foi realizado em uma argamassadeira, de fabricante AMC e capacidade igual a 5L, de acordo com as seguintes etapas: 1. Mistura dos aglomerantes; 2. Ligar a argamassadeira na velocidade lenta ($140 \pm 5rpm$); 3. Adição da mistura entre água e superplastificante durante 1 minuto; 4. Adição da areia durante 1 minuto; 5. Misturar por 2 minutos e desligar a argamassadeira; 6. Remover os grumos da mistura e adicionar o VMA durante 1 minuto; 7. Ligar a argamassadeira na velocidade rápida ($285 \pm 10rpm$) durante 5 minutos.

A fim de iniciar o processo de moldagem do compósito, foi posta uma camada de 2mm de argamassa na fôrma e, sobre esta, uma camada de tecido estrutural de fios de sisal. Para que o tecido impregnasse na matriz com maior eficácia, foi utilizado um rolo para comprimi-lo. Este processo se repetiu até atingir o número desejado de camadas. Então, o restante de argamassa foi colocado na fôrma, para finalizar a moldagem do compósito. Uma tampa de acrílico foi colocada sobre a parte superior das placas, a fim de garantir um melhor acabamento superficial da parte superior das mesmas. A [Figura 1](#) ilustra algumas etapas do processo de moldagem.

Depois de 48 horas, as placas foram removidas das fôrmas e inseridas em um reservatório com água, onde ficaram até o vigésimo oitavo dia, que corresponde ao fim do processo de cura. Quando retiradas do reservatório, foram serradas com serra mármore, a fim de se obter os corpos de prova que foram utilizados no ensaio de flexão em 4 pontos. Cada placa forneceu 4 corpos de prova prismáticos com 40cm de comprimento, 10cm de largura e 1cm de espessura.

Figura 1 – Processo de moldagem das placas.

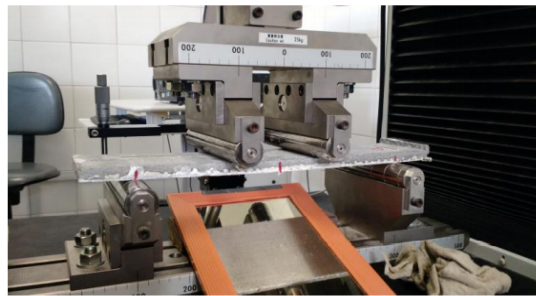


Fonte – Os autores.

ENSAIO DE FLEXÃO EM QUATRO PONTOS

Os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de flexão em quatro pontos e este foi realizado com o auxílio de uma máquina de ensaio universal modelo AG-IC, de fabricante Shimadzu com capacidade carga máxima de 100kN. Antes de serem submetidos ao ensaio, os corpos de prova foram pintados longitudinalmente com tinta em pó de cor branca, para que não fosse formada uma película sobre a superfície dos mesmos e, assim, facilitar a visualização das fissuras.

Figura 2 – Corpo de prova submetido ao ensaio de flexão em quatro pontos.



Fonte – Os autores.

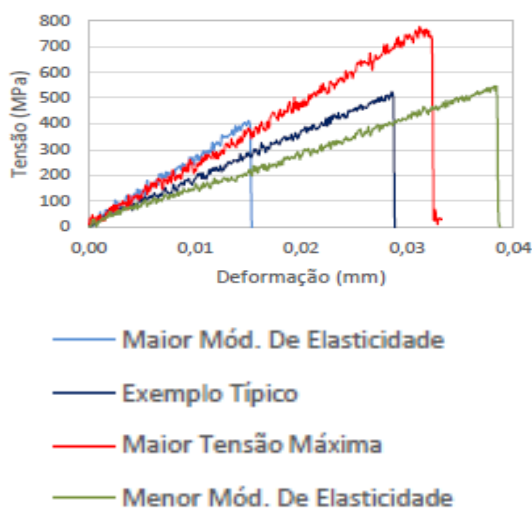
No ensaio de flexão em 4 pontos, a distância entre os pontos de aplicação de carga foi igual a 10cm e a distância entre os pontos de apoio foi igual a 30cm. Durante a realização do ensaio, a ponte da máquina de ensaio universal, deslocou-se a uma velocidade constante igual a 0,5mm/min. Duas forças normais foram aplicadas sobre a superfície dos corpos de prova. A [Figura 2](#) apresenta o ensaio de flexão em quatro pontos em um dos corpos de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIO DE TRAÇÃO NAS FIBRAS

Dez fibras selecionadas aleatoriamente foram submetidas a este ensaio. O módulo de elasticidade das mesmas foi calculado através do gráfico Tensão \times Deformação, selecionando apenas os valores situados entre 20% e 80% da tensão máxima, que corresponde ao trecho em que a fibra ainda apresenta comportamento elástico. A Figura 3 mostra o gráfico de Tensão \times Deformação, obtido no ensaio de tração das fibras.

Figura 3 – Resultados do ensaio de tração nas fibras.



Fonte – Os autores.

A Tabela 2 apresenta os resultados médios obtidos no ensaio.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração nas fibras de sisal

	ÁREA (mm^2)	DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA NA RUPTURA (mm/mm)	TENSÃO (MPa)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)
MÉDIA	0,0157	0,0268	546,55	21,76
DESVIO PADRÃO	0,0057	0,0062	135,01	4,81
COEF. VARIACÃO (%)	36,51	22,99	24,7	22,12

Fonte – Elaborada pelos autores.

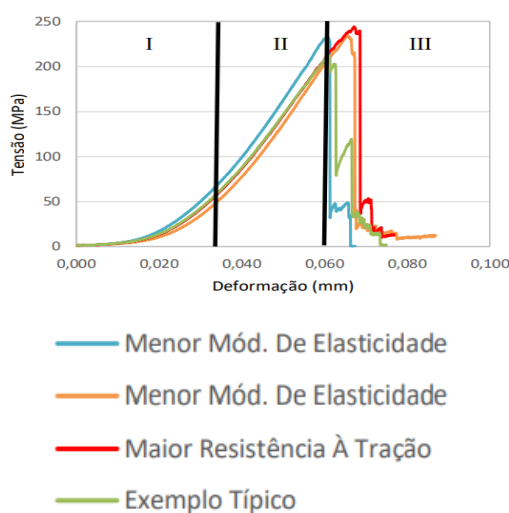
O valor de resistência à tração média foi inferior ao encontrado por Caldas (2014) de 606,4MPa e Oliveira (2016) de 701,88MPa. Por sua vez, o módulo de elasticidade foi superior ao

encontrado por Oliveira (2016) de 19,78GPa. É possível observar que as curvas apresentaram ruptura brusca, o que, de acordo com Caldas (2014) é um comportamento comum no ensaio de materiais frágeis. Apresentaram também alta variabilidade devido à heterogeneidade da fibra, causada por fatores naturais como solo, clima, chuva, entre outros.

ENSAIO DE TRAÇÃO NOS FIOS

Foram submetidos ao ensaio de tração dez fios provenientes do tecido bidirecional de sisal fornecido pela APAEB. A Figura 4 mostra o gráfico Tensão \times Deformação dos fios de sisal.

Figura 4 – Resultados do ensaio de tração nos fios.



Fonte – Os autores.

Na Figura 4, é possível observar que o gráfico pode ser dividido em três fases. Na primeira, ocorre a fase de acomodação das fibras que compõem o fio de sisal, com um aumento constante de rigidez dos fios. Na segunda parte, a curva de Tensão \times Deformação adquire um comportamento mais próximo da linearidade. Por fim, na terceira fase há o escorregamento das fibras que compõem o fio.

A Tabela 3 apresenta os resultados médios obtidos no ensaio.

A resistência à tração média foi de 229,65MPa, inferior aos valores encontrados por Caldas (2014) de 361,8MPa, e Oliveira (2016) de

268, 35MPa. Ambos utilizaram o fio de sisal 700 em suas pesquisas, que é mais torcido que o fio 500, utilizado nesta pesquisa, sendo assim, não passa por um período de acomodação longo das fibras no fio. Por esta razão, encontram valores com uma diferença significativa.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de tração nos fios de sisal

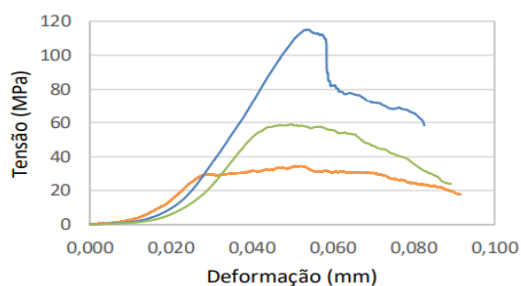
	ÁREA (mm ²)	DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA NA RUPTURA (mm/mm)	TENSÃO (MPa)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)
MÉDIA	1,6492	0,0268	229,65	2,82
DESVIO PADRÃO	0,1772	0,0062	12,18	0,18
COEF. VARIAÇÃO (%)	10,75	22,99	5,74	6,4

Fonte – Elaborada pelos autores.

ENSAIO DE TRAÇÃO NOS TECIDOS

A Figura 5 mostra o gráfico Tensão × Deformação dos tecidos de sisal, demonstrando os corpos de prova que apresentaram maior resistência, maior módulo de elasticidade, menor módulo de elasticidade e um exemplo típico.

Figura 5 – Gráfico Tensão × Deformação do ensaio de tração dos tecidos de sisal.

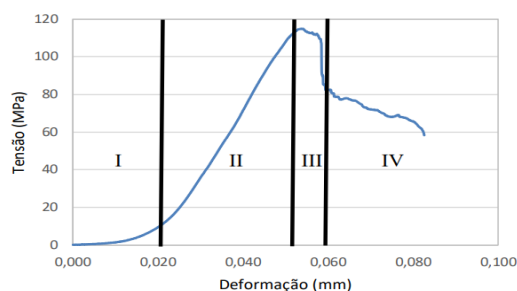


— Exemplo Típico
— Maior Resistência À Tração e Maior Mód. De Elasticidade
— Menor Mód. De Elasticidade

Fonte – Os autores.

Analisando o gráfico Tensão × Deformação dos tecidos é possível observar 4 fases distintas. A Figura 6 apresenta cada uma destas fases.

Figura 6 – Fases presentes no gráfico Tensão × Deformação.



Fonte – Os autores.

Na fase I, há um processo de acomodação das fibras do tecido ao ensaio, com pouco aumento de tensão e rigidez. Na fase II, as fibras do tecido já estão acomodadas e é possível observar um aumento significativo de tensão, deformação e rigidez. Este aumento se mantém até o início da ruptura das fibras. Na fase III, as fibras do tecido começam a se romper. Na fase IV, a maior parte das fibras já se rompeu, ocasionando o escorregamento das mesmas no corpo de prova. Desta forma, há uma queda gradual no valor de tensão e rigidez.

A Tabela 4 apresenta os resultados médios obtidos no ensaio.

Tabela 4 – Resultados do ensaio de tração nos fios de sisal

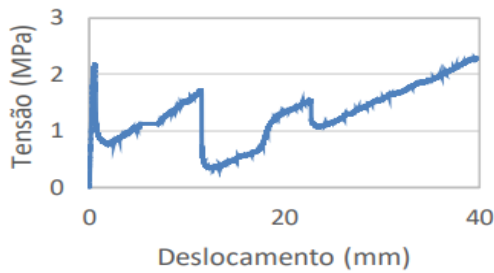
	ÁREA (mm ²)	DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA NA RUPTURA (mm/mm)	TENSÃO (MPa)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)
MÉDIA	10,78	0,0831	77,01	1,94
DESVIO PADRÃO	1,32	0,016	25,71	0,48
COEF. VARIAÇÃO (%)	12,23	18,88	33,39	24,68

Fonte – Elaborada pelos autores.

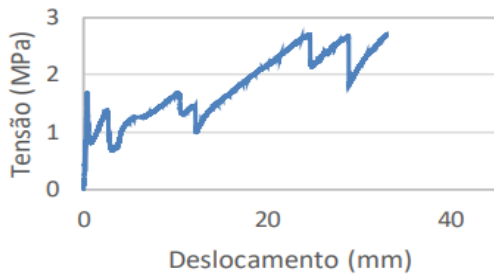
ENSAIO DE FLEXÃO EM 4 PONTOS

Com os resultados obtidos no ensaio de flexão em quatro pontos, foi possível criar os gráficos de tensão (MPa) em função do deslocamento (mm). Na Figura 7 são apresentadas as curvas de Tensão × Deslocamento de dois corpos de prova ensaiados.

Figura 7 – Curva de Tensão × Deslocamento do ensaio de flexão em 4 pontos nos compósitos para corpos de prova



a – com 1 camada



b – com 2 camadas de reforço

Fonte – Os autores.

Na Tabela 5 são mostrados os resultados médios, desvios padrões e coeficientes de variação da tensão máxima (MPa), deslocamento (mm) e o módulo de elasticidade (GPa), obtidos no ensaio de flexão em 4 pontos nos compósitos.

Tabela 5 – Resultados do ensaio de tração nos fios de sisal

PLACA	Nº DE CAMADAS	VOLUME DE REFORÇO		TENSÃO MÁXIMA (MPa)	DESLOC. NA TENSÃO MÁXIMA (mm)	MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)
1C	1	6,45(%)	MÉDIA	2,54	41,53	3,55
			D. PADRÃO	0,66	1,57	0,21
			C.V.(%)	26,02	3,78	5,85
2C	2	8,82(%)	MÉDIA	4,06	34,03	6,68
			D. PADRÃO	0,43	8,33	2,88
			C.V.(%)	10,54	24,47	43,06

Fonte – Elaborada pelos autores.

Com a adição de mais uma camada de tecido, era esperado que o volume de reforço dobrasse. Entretanto, os fios do tecido eram muito grossos e isto ocasionou o aumento da espessura da placa com duas camadas de reforço. Assim, não

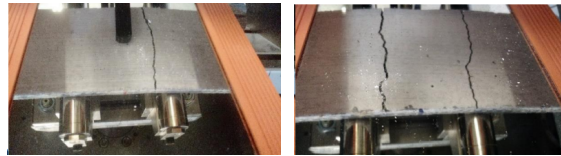
houve um aumento significativo no valor do volume de reforço.

Figura 8 – Evolução da propagação fissuras no ensaio de flexão em quatro pontos



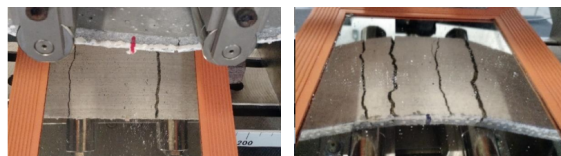
a – 1 camada 5mm

b – 2 camadas 5mm



c – 1 camada 10mm

d – 2 camadas 10mm



e – 1 camada 15mm

f – 2 camadas 15mm



g – 1 camada 20mm

h – 2 camadas 20mm



i – 1 camada 25mm

j – 2 camadas 25mm

Fonte – Os autores.

Os valores de tensão máxima foram inferiores aos encontrados por Arruda Filho (2015) de 9,96MPa para a placa com 1 camada e 8,26MPa para a placa com 2 camadas. A placa com uma camada encontrou resultados inferiores aos encontrados por Oliveira (2016) de 6,47MPa para a placa com 1 camada de reforço. Estas pesquisas utilizaram fios mais torcidos, o que impediu que houvesse um longo processo de acomodação do reforço no compósito durante o ensaio.

A Figura 8 mostra a evolução da propaga-

ção de fissuras durante o ensaio de flexão em quatro pontos em corpos de prova com uma e duas camadas de reforço.

Ao analisar o processo de abertura de fissuras das placas, verifica-se que a placa com duas camadas obteve um desempenho superior ao da placa com uma camada. Isso pode ser notado devido ao grande número de fissuras abertas, que indica que o reforço foi capaz de impedir o aumento, transmitindo os esforços para outros pontos de fragilidade da matriz. A placa com uma camada de reforço obteve um número médio de 2 fissuras, com espaçamento médio de 5cm. Por sua vez, a placa com duas camadas obteve um número médio de 6 fissuras, com espaçamento médio de 1,67cm. Isto demonstra que houve uma melhor interação entre reforço e matriz.

CONCLUSÕES

O objetivo principal desta pesquisa foi desenvolver um compósito de matriz cimentícia reforçado por um tecido estrutural de sisal e analisar a influência do número de camadas de reforço no comportamento do mesmo quando submetido ao ensaio de flexão em quatro pontos.

Através dos resultados obtidos, foi possível perceber que, de fato, a quantidade de reforço aplicada no compósito influencia diretamente no comportamento mecânico do mesmo, quando submetido ao ensaio de flexão em quatro pontos. A placa 2C apresentou uma tensão máxima 59,84% maior do que a tensão máxima da placa 1C. Quanto ao módulo de elasticidade, a placa 2C apresentou resultado 88,17% maior do que a placa 1C.

Observou-se que os tecidos obtidos obtiveram uma boa impregnação pela matriz, propiciando uma aderência satisfatória entre as camadas. O aumento do número de camadas de reforço contribuiu para o aumento de rigidez e uma melhor distribuição dos esforços ao longo do corpo de prova.

Por fim, conclui-se que, mesmo que as propriedades tenham sido melhoradas, quando compara-se a placa que continha 1 camada de reforço e a que continha 2 camadas de reforço, as

fissuras abertas nos dois compósitos apresentaram grandes dimensões. Sendo assim, os compósitos analisados nesta pesquisa ainda necessitam de estudos para que possam ser aprimorados e utilizados no futuro como elementos estruturais ou de vedação. Portanto, o tipo de tecido utilizado como reforço ainda precisa ser melhor trabalhado para que as fissuras abertas sejam menores do que as que foram apresentadas nessa pesquisa.

Referências

ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G.; LIMA, A. R. M. **Diagnóstico socioeconômico do setor sisaleiro do Nordeste brasileiro**. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2005. 90 p. Citado na página 2.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM). **D5035 - Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method)**. West Conshohocken, PA, 2019. Citado na página 3.

ARRUDA FILHO, A. B. **Placas cimentícias reforçadas com tecidos estruturais de sisal**. 92 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 7.

CALDAS, B. G. S. **Estrutura Sanduíche de matriz poliéster reforçado com tecido de sisal conformado por infusão à vácuo**. 102 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, BA, 2014. Citado na página 5.

CARVALHO, R. F. **Compósitos de fibras de sisal para uso em reforço de estruturas de madeira**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2005. Citado na página 3.

COSIBRA. **Matéria prima / processos**. 2020. Disponível em: <http://www.cosibra.com.br/materia_prima.php>. Acesso em: 16.10.2020. Citado na página 2.

FIDELIS, M. E. A. **Desenvolvimento e caracterização mecânica de compósitos cimentícios têxteis reforçados com fibras de juta**. 266 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Citado na página 2.

LIMA, P. R. L. et al. **Short sisal fiber reinforced recycled concrete block for one-way precast concrete slabs**. Construction and Building Materials, 2018. Citado na página 3.

OLIVEIRA, J. F. S. **Estudos da influência da configuração em compósitos poliméricos híbridos**. 118 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2007. Citado na página 2.

OLIVEIRA, M. R. S. **Comportamento a flexão de placas cimentícias reforçadas com tecidos estruturais de sisal**. Cruz das Almas, BA: [s.n.], 2016. 46 p. Citado 3 vezes nas páginas 2, 5 e 7.

PIRES, E. N. **Efeito do tratamento de superfície em fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi**. 58 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2009. Citado na página 2.

SILVA, C. G. T. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua**. Dissertação (Mestrado) — Escola Nacional de Saúde Pública/ Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, 2000. Citado na página 2.

TOLEDO, R. D. F. **Materiais compósitos reforçados com fibras naturais: caracterização experimental**. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC), Rio de Janeiro, 1997. Citado na página 2.