CAPÍTULO 39 · Parte II · Materiais
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/w3yyye64
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/xrzqzm87

POTENCIAL DE FIBRAS NATURAIS COMO REFORÇO EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE FIBRAS DE JUTA E SISAL

Priscila Grazielle Pinto de Azevedo[1], Vinício Cecconello[2]*;

*Autor de contato: vcecconello@ucs.br

[1] Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil
[2] Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, Brasil

RESUMO

O Brasil se destaca na produção de diversas fibras naturais, ocupando posições de liderança global na exportação e no desenvolvimento de tecnologias no setor. O uso de fibras naturais no concreto aumenta a resiliência e a tenacidade da matriz cimentícia, controlando a retração plástica e a formação de microfissuras. As fibras redistribuem as tensões internas, compensando a baixa resistência à tração característica do concreto convencional. Desta forma, essa pesquisa buscou avaliar compósitos cimentícios reforçados com diferentes fibras naturais. Para isso, foram avaliados, no estado fresco, o índice de consistência e a densidade das misturas, e, no estado endurecido, as propriedades de resistência à compressão, resistência à flexão e absorção de água por capilaridade ao longo do tempo. Os resultados demonstraram que a adição de fibras reduz a consistência das misturas e a massa específica no estado fresco e no estado endurecido. A adição de fibras não compromete a resistência à tração, porém afeta diretamente a resistência à compressão, e a fibra de juta tende a produzir misturas com maior capacidade de absorção por capilaridade.
Palavras-chave: fibras naturais; concreto reforçado com fibra; fibra de juta; fibra de sisal.

ABSTRACT

Brazil stands out in the production of various natural fibers, occupying leading global positions in exports and in the development of technologies in the sector. The use of natural fibers in concrete increases the resilience and toughness of the cementitious matrix, controlling plastic shrinkage and the formation of microcracks. The fibers are redistributed as they are internally tensioned, compensating for the low tensile strength characteristic of conventional concrete. Thus, this research sought to evaluate cementitious composites reinforced with different natural fibers. For this, the consistency index and density of the mixtures were evaluated in the fresh state, and, in the bearable state, the properties of tensile strength, flexural strength, and water absorption by capillarity over time were evaluated. The results demonstrated that the addition of fibers reduces the consistency of the mixtures and the specific mass in the fresh and durable states. The addition of fiber does not compromise tensile strength, but it directly affects specific strength, and jute fiber tends to produce mixtures with greater capillary absorption capacity.
Keywords: natural fibers; fiber-reinforced concrete; Jute fiber; sisal fiber.

1. INTRODUÇÃO

O concreto reforçado com microfibras apresenta ganhos no desempenho mecânico ao tornar a matriz cimentícia mais resiliente e menos frágil. As fibras atuam no controle da retração plástica, interceptando microfissuras logo em sua formação e aumentando a tenacidade do conjunto. Isso permite ao concreto absorver energia e manter a capacidade de carga mesmo após a fissuração

inicial. Além de elevar a resistência ao impacto e à fadiga, essa adição melhora a durabilidade da estrutura ao reduzir a permeabilidade e prevenir o lascamento explosivo em situações de incêndio, consolidando-se como uma solução eficaz para otimizar a integridade interna do material.

Prakash e Sangeeth (2022) e Priya e Sudalaimani (2023) observam que, embora o concreto convencional apresente excelente desempenho à compressão, sua resistência à tração é insatisfatória. Para compensar essa limitação, torna-se essencial incorporar reforços durante a formulação do compósito, especialmente por meio da inclusão de microfibras. A presença dessas fibras no concreto reforçado (CRF) contribui significativamente para a superação das fragilidades mecânicas do material.

Um aspecto crucial para aumentar a rigidez e a resistência do compósito é a adequada distribuição das tensões. Quando a matriz atinge sua tensão de ruptura, surgem fissuras. Nesse momento, a carga é transferida para as fibras que cruzam essas fissuras, funcionando como pontes que contêm a abertura e redistribuem as tensões (Tanesi e Figueiredo, 1999). O concreto, por natureza, apresenta baixa resistência à tração; sob esforços de tração, fissuras se formam, gerando concentrações de tensão em suas extremidades. A ruptura do material ocorre de forma abrupta quando a tensão de tração ultrapassa seu limite crítico (Figueiredo, 2011).

Entretanto, as utilizações das fibras naturais apresentam limitações, sendo uma delas a durabilidade a longo prazo. Isso ocorre, pois há diversos tipos de degradação que afetam diretamente as fibras quando inseridas na matriz cimentícia; os processos que causam maior impacto são o ataque alcalino originado da matriz cimentícia e a mineração das fibras. Ambos são originados da alcalinidade do cimento e da composição naturalmente presente nas fibras (Benjamin Mohr *et al*., 2006).

Apesar destes obstáculos, as fibras vegetais são consideradas uma alternativa promissora para reforço em compósitos devido à sua sustentabilidade, ao baixo custo e às propriedades mecânicas (Castoldi, 2018). Ainda, segundo Zukowski (2017), as fibras naturais apresentam vantagens ambientais e podem substituir fibras sintéticas em diversas aplicações, desde que submetidas a tratamentos adequados para melhorar sua durabilidade e desempenho. Além disso, sua biodegradabilidade e leveza contribuem para a redução do impacto ambiental e do peso das estruturas, tornando-as cada vez mais valorizadas na engenharia de materiais.

Desta forma, o estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o comportamento físico e mecânico de compósitos cimentícios reforçados com fibras naturais de juta e de sisal, de modo a explorar os benefícios que as fibras proporcionam às misturas. Para isso, foram moldados corpos de prova com 0,8% de fibra natural em volume e analisado o desempenho de compressão, tração na flexão e absorção de água por capilaridade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Aglomerantes

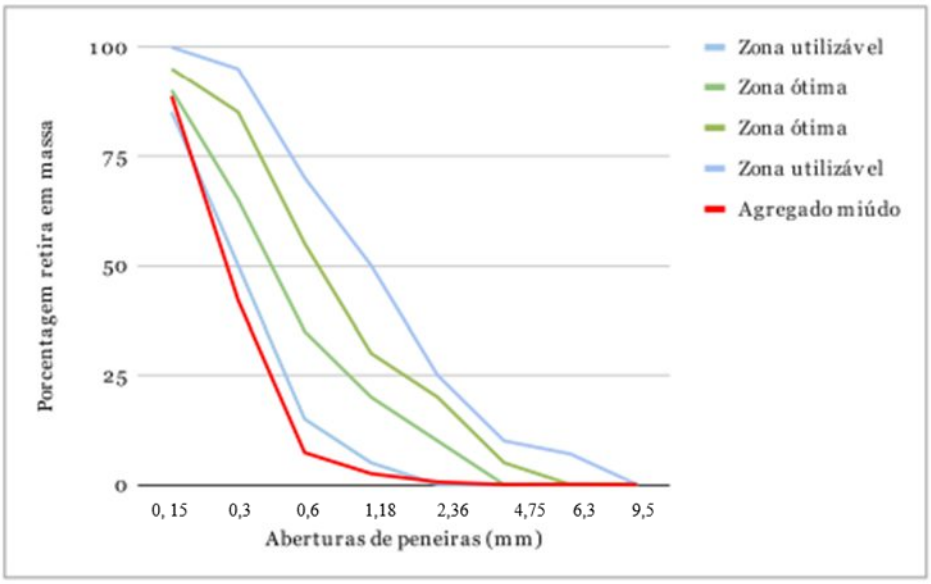
O cimento utilizado neste estudo foi o CP II-F-40, que possui adição de fíler calcário em sua composição. Já a adição mineral utilizada foi a cinzas da casca do arroz (CCA) com baixo teor de carbono, que contribui para a melhoria das propriedades mecânicas e da durabilidade dos compósitos cimentícios. Sua atividade pozolânica consome o hidróxido de cálcio, o principal álcali da matriz, e o converte em silicato de cálcio hidratado. Esse processo de consumo alcalino reduz o pH da matriz, o que é vital para favorecer a adesão interfacial entre fibras e matriz, diminuindo a suscetibilidade à deterioração das fibras.

2.2 Agregado

O agregado utilizado nesta pesquisa é extraído do leito de rio, classificado como agregado miúdo de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009). O agregado miúdo é constituído por partículas com

diâmetro variando entre 0,075 mm e 4,8 mm. Sua distribuição granulométrica é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Curva granulométrica do agregado miúdo.



Fonte: os autores.

A análise granulométrica tem como objetivo determinar a distribuição das partículas constituintes de um agregado, classificando-as conforme o tamanho. O procedimento foi realizado de acordo com a NBR 17054 (ABNT, 2022).

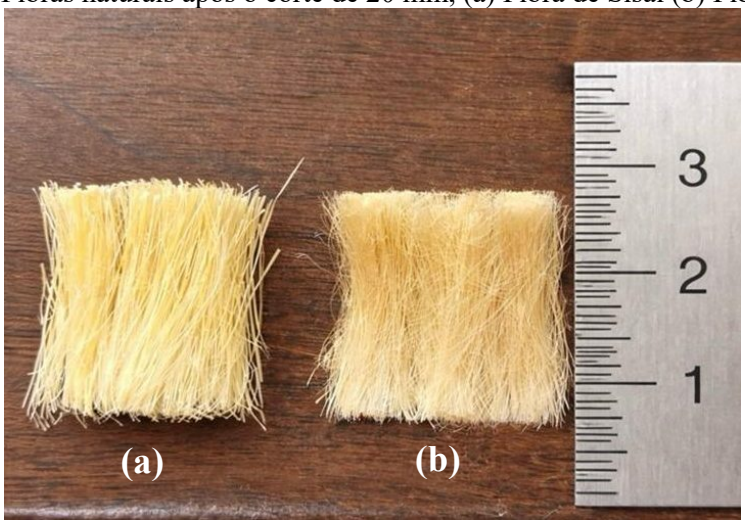
2.3 Água

Foi utilizada a água potável fornecida pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de Caxias do Sul.

2.4 Fibras naturais

A fibra de Juta (J) foi adquirida de um rolo da empresa SisalSul, em seguida, foram efetuados os cortes para deixá-la com um comprimento de 20 mm. A fibra de Sisal (S) foi produzida a partir de uma corda de sisal adquirida no comércio de materiais de construção e foi efetuado o corte com aproximadamente 20 mm de comprimento. As fibras são apresentadas junto à Figura 2.

Figura 2 – Fibras naturais após o corte de 20 mm, (a) Fibra de Sisal (b) Fibra de Juta.



Fonte: os autores.

A massa específica das fibras naturais foi determinada após o tratamento alcalino, uma vez que essa é a condição em que as fibras foram posteriormente adicionadas aos compósitos. A massa específica da fibra de juta foi de 1,375 g/cm³ e da fibra de sisal foi de 2,37 g/cm³, determinada por meio de um ensaio adaptado da NBR 16605 (ABNT, 2017) e realizado por Pimentel *et al*., (2016).

2.5 Aditivo Superplastificante

Foi utilizado o aditivo Sika ViscoCrete -100 HE, um superplastificante líquido de terceira geração com pega acelerada. Esse aditivo promove maior fluidez e resistência inicial, além de melhorar o tempo de trabalhabilidade da mistura.

2.6 Tratamento das fibras naturais

Para o tratamento superficial das fibras naturais, foi utilizado o processo descrito por Ferreira (2016), que consiste na imersão das fibras em meio alcalino. As fibras naturais foram imersas em uma solução de 0,73% de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$), por 50 minutos. Válido ressaltar que imersões entre 30 e 60 minutos em concentrações alcalinas baixas (0,5 a 1%) não causam degradação das fibras naturais 50 (SAHA *et al*, 2010 *apud* Mendonça, 2018). Posteriormente, as fibras foram secas a uma temperatura de 60 °C por 30 horas. De acordo com Araújo *et al*. (2008), a temperatura de 60 °C não danifica a fibra, visto que a decomposição da hemicelulose e a degradação da celulose e da lignina, componentes da parede celular que influenciam diretamente a resistência e rigidez da fibra, ocorrem em temperaturas superiores.

2.7 Procedimentos de dosagem e mistura dos materiais

Para este estudo adotou-se o traço 1:3 (aglomerante: agregado) conforme descrito por Pinto (2019) e por Chakraborty *et al*. (2013). A escolha do traço baseou-se nos resultados satisfatórios obtidos por Pinto (2019), que utilizou fibras de curauá, visto que a fibra de curauá possui uma massa específica similar à da fibra de juta e sisal.

Os resultados de Pinto (2019) demonstraram melhorias nas propriedades mecânicas com a incorporação da fibra natural, especialmente na resistência à tração e à flexão. O intuito principal da substituição parcial do cimento, conforme proposto por Rodrigues (2010), foi reduzir a alcalinidade do meio cimentício, fator conhecido por deteriorar a fibra, fazendo-a perder resistência.

A Tabela 1 apresenta o consumo específico de todos os materiais constituídos utilizados nas misturas, detalhado por metro cúbico de compósito.

Tabela 1 - Consumo dos materiais necessários para os ensaios.

CP	Cimento (g/cm)	CCA (g/cm)	Agregado miúdo (g/m³)	Água (g/cm^3)	Fibra de Juta (g/cm^3)	Fibra Sisal (g/m³)	Adit. (g)
CR	344,48	147,64	1476,38	354,57	0,00	0,00	4,25
0,8% J	344,48	147,64	1476,38	354,57	10,80	0,00	8,60
0,8% S	344,48	147,64	1476,38	354,57	0,00	10,80	8,60

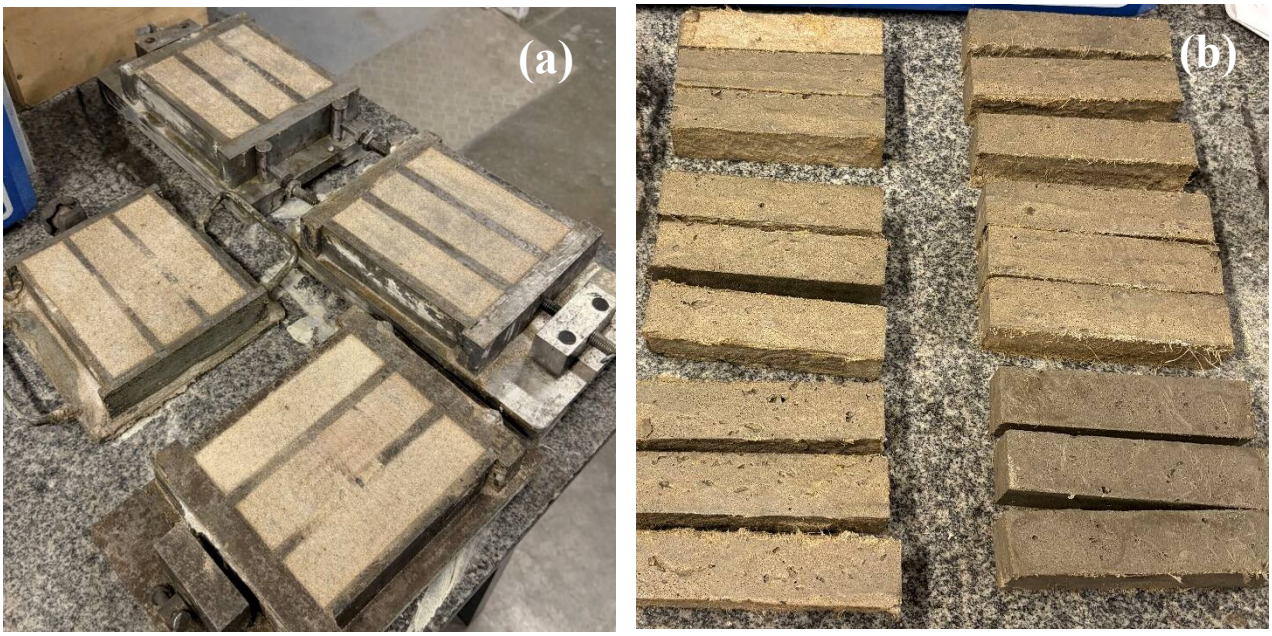
Legenda: Fibra de Juta (J), Fibra de Sisal (S).
Fonte: os autores.

Após o processo de separação, iniciou-se o processo de mistura dos materiais. Os materiais secos da matriz (cimento, fibra e areia) foram adicionados ao misturador, juntamente com as fibras desfiadas e metade, para evitar a formação de ouriços, na velocidade 1 (125 rpm) em torno de 20 segundos, até a mistura se tornar homogênea. O restante da água e do aditivo foi incorporado à mistura e mantido na velocidade 1 (125 rpm). A mistura completa até este ponto foi processada por mais 50 segundos na velocidade 2 (220 rpm) para garantir homogeneidade.

Após, foram realizadas as moldagens e os corpos de prova ficam por 24 horas em repouso no molde; depois deste período, são retirados dos moldes. Em seguida, foram colocados em tanques para o processo de cura, onde permaneceram por períodos de 7 dias e 28 dias.

A Figura 3 apresenta os corpos de prova sendo produzidos nas etapas de moldagem e desforma, antes de serem levados à cura submersa com temperatura controlada.

Figura 3 – Preparação dos corpos de prova. (a) Moldagem (b) Desmoldagem.



Fonte: os autores.

2.8 Ensaio da determinação do índice de consistência

Para a determinação do índice de consistência, procedeu-se conforme a NBR 13276 (ABNT, 2016). O ensaio consiste em medir o espalhamento da mistura para avaliar sua trabalhabilidade. O molde cilíndrico é preenchido em três camadas de mesma altura, aplicando-se 15, 10 e 5 golpes com o soquete em cada uma delas para a compactação. Em seguida, o molde é retirado verticalmente e a mesa de consistência é acionada, realizando 30 quedas uniformes em 30 segundos. Após o ensaio, o diâmetro do espalhamento é medido em três direções distintas, e os valores são registrados, e com isso atingiu a trabalhabilidade estipulada de 250 mm ± 10 mm conforme NBR 13276 (ABNT, 2020).

2.9 Determinação da densidade no estado fresco

Para a determinação da densidade, inicialmente o recipiente foi pesado com a tampa para a determinação da massa do recipiente vazio, após isso preenchido em três camadas, aplicando-se 20 golpes por camada e três quedas do recipiente após cada etapa, garantindo o adensamento adequado. A superfície foi rasada e o conjunto, limpo externamente, foi pesado novamente para registro da massa total. A execução dos ensaios seguiu os procedimentos descritos na NBR 13279 (ABNT, 2005).

2.10 Ensaio de Resistência à Tração na Flexão e à Compressão

O ensaio de resistência à tração na flexão determina a capacidade do concreto de resistir a esforços de tração indireta sob solicitação de flexão. Esse ensaio é amplamente utilizado tanto em concretos convencionais quanto em concretos reforçados com fibras, pois permite avaliar não apenas a resistência inicial, mas também o comportamento do material após a fissuração. Para a execução do ensaio, foram usadas como critérios as especificações descritas na NBR 13279 (ABNT, 2005).

2.11 Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade é um ensaio utilizado para avaliar a capacidade de um material cimentício de absorver e transportar água através de sua rede de poros, impulsionado pelas forças capilares presentes na microestrutura. O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado conforme a NBR 9779 (ABNT, 2012).

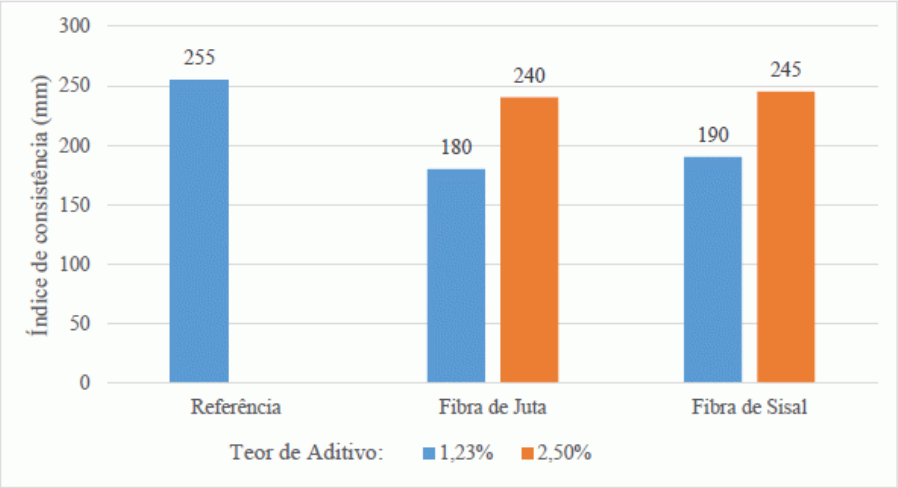
3. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos, por meio de médias simples, e os efeitos da hibridização da fibra natural de juta e de sisal, tratada com hidróxido de cálcio, em diferentes percentuais. Ainda, para as propriedades de resistência à tração na flexão, compressão e absorção de água por capilaridades, é apresentado o desvio padrão das amostras.

3.1 Índice de consistência

O índice de consciência é um parâmetro que avalia a trabalhabilidade de argamassas e compósitos cimentícios no estado fresco. Desta forma, ele avaliou o espalhamento da mistura no estado fresco. Na Figura 4, apresentam-se os resultados obtidos para o traço de referência e para compósitos reforçados com fibras de juta e sisal, mantendo-se constante o teor de fibras de 0,8% do volume do compósito.

Figura 4 - Índice de consistência.



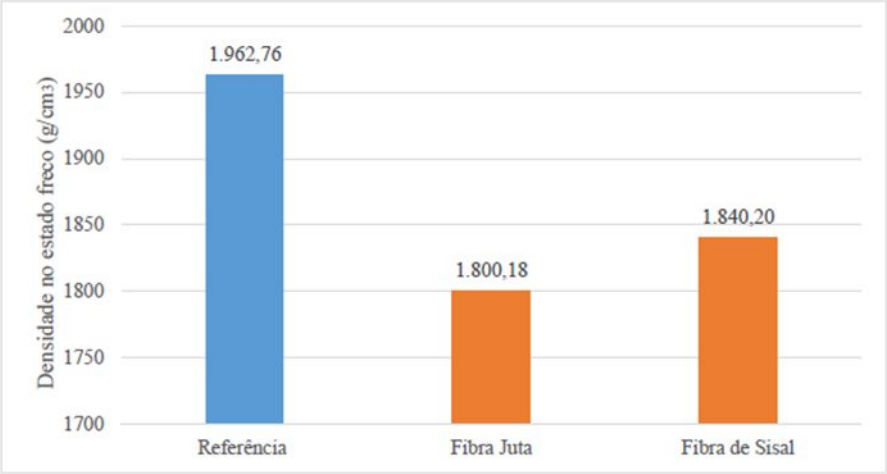
Fonte: os autores.

Os resultados de espalhamento obtidos com 1,23% de aditivo superplastificante confirmam que o aditivo cumpriu seu papel, pois todos os traços reforçados apresentaram melhoria significativa na trabalhabilidade com o aumento da dosagem do aditivo. A referência apresentou melhor trabalhabilidade entre os compósitos e observa-se que o traço 0,8%J foi o que possuiu um menor espalhamento com 1,23% de aditivo, devido à alta capacidade de absorção de água da fibra de juta. Pinto (2019) observou esse mesmo tipo de comportamento quando incorporou fibras de Curauá em compósitos cimentícios, mesmo adicionando um teor de 0,9% de aditivo, os compósitos reforçados com fibras mantiveram uma trabalhabilidade menor do que a referência.

3.2 Densidade no estado fresco

A densidade dos compósitos no estado fresco é um indicador fundamental da qualidade do empacotamento das misturas e do volume de ar incorporado logo após o amassamento. A Figura 5 apresenta os resultados obtidos da densidade no estado fresco. Todas as misturas contendo fibras possuem 2,50% de aditivo plastificante, porém, o CR possui um total de 1,23%.

Figura 5 - Densidade no estado fresco.



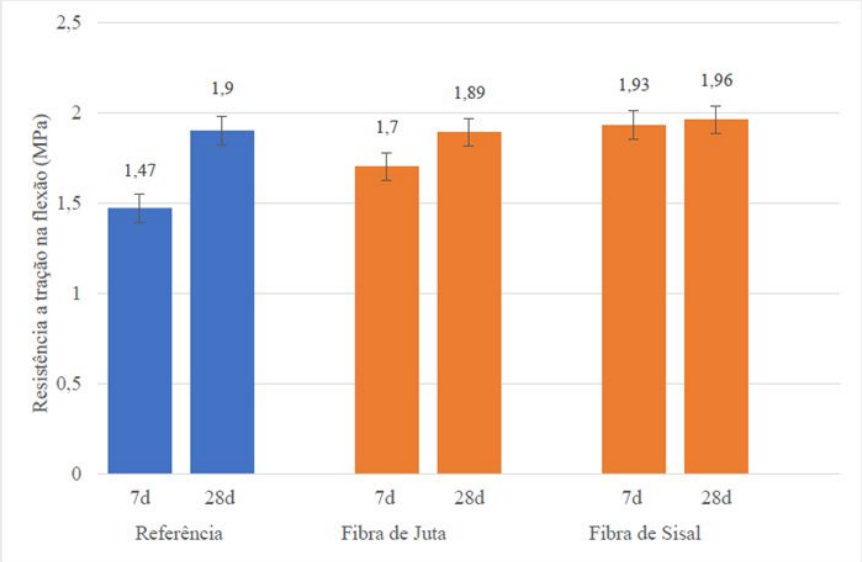
Fonte: os autores.

Na Figura 5, são apresentados os resultados de densidade no estado fresco das amostras e a redução significativa dessa propriedade com a adição de fibras naturais. De modo geral, a incorporação de fibras, tende a reduzir a densidade da mistura em comparação com o traço de referência, devido ao aumento da porosidade e à introdução de material com menor massa específica.
Ehrenbring e Tutikian (2023) obtiveram resultados semelhantes a estes apresentados nesse artigo e explicam que as fibras possuem uma densidade muito menor do que os demais constituintes da matriz cimentícia, e mesmo que o teor de incorporação seja de baixo volume, considerando o volume total, a inclusão desses materiais de menor massa específica no sistema contribui para a redução da densidade no estado fresco do compósito. Indo ao encontro de Savastano et al. (1999), que mencionam que a introdução de fibras vegetais, que têm densidade inferior à da areia e do cimento, reduz o peso próprio do componente.

3.3 Tração na flexão

O ensaio de resistência à tração na flexão teve como objetivo avaliar a capacidade dos compósitos cimentícios de resistir a esforços de tração indireta, analisando o efeito da adição das fibras de juta e polipropileno, isoladas e combinadas, em três idades de cura de 7 e 28 dias. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Resistência à tração na flexão.



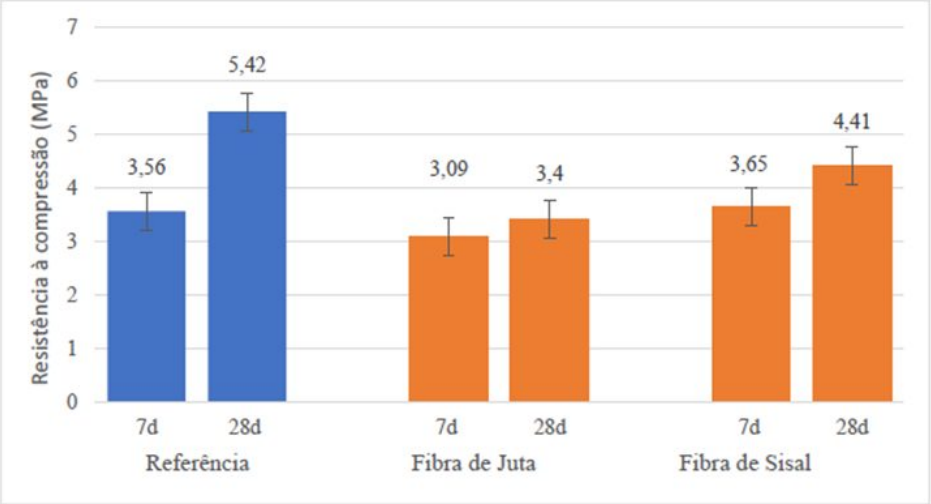
Fonte: os autores.

Os resultados mostram que todas as misturas apresentaram aumento da tração na flexão à medida que a idade de cura avançava. O CR apresentou 1,47 MPa aos 7 dias e 1,90 MPa aos 28 dias. Já o concreto com fibra de juta apresentou 1,70 MPa aos 7 dias e 1,89 MPa aos 28 dias e, por fim, o concreto com fibra de sisal apresentou 1,93 MPa aos 7 dias e 1,96 MPa aos 28 dias. Observa-se que a Fibra de sisal apresentou melhor desempenho principalmente aos 7 dias, porém, especialmente aos 28 dias a diferença foi menor entre as fibras.
Com isso, pode-se dizer que a incorporação de fibras apresentou bom resultado na resistência à tração na flexão, sendo que a fibra de sisal apresentou o melhor desenvolvimento nas idades analisadas. De acordo com Silva (2022), o concreto com adição de fibras de sisal apresenta ganho na resistência mecânica e melhora no comportamento à tração e à flexão, indicando desempenho superior em relação ao concreto convencional.

3.4 Compressão axial

O ensaio de resistência à compressão teve como objetivo avaliar a capacidade dos compósitos cimentícios de resistir a esforços axiais, analisando o efeito da adição das fibras de juta e polipropileno, isoladas e combinadas, em três idades de cura de 7, 28 e 42 dias. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Resistência à compressão.



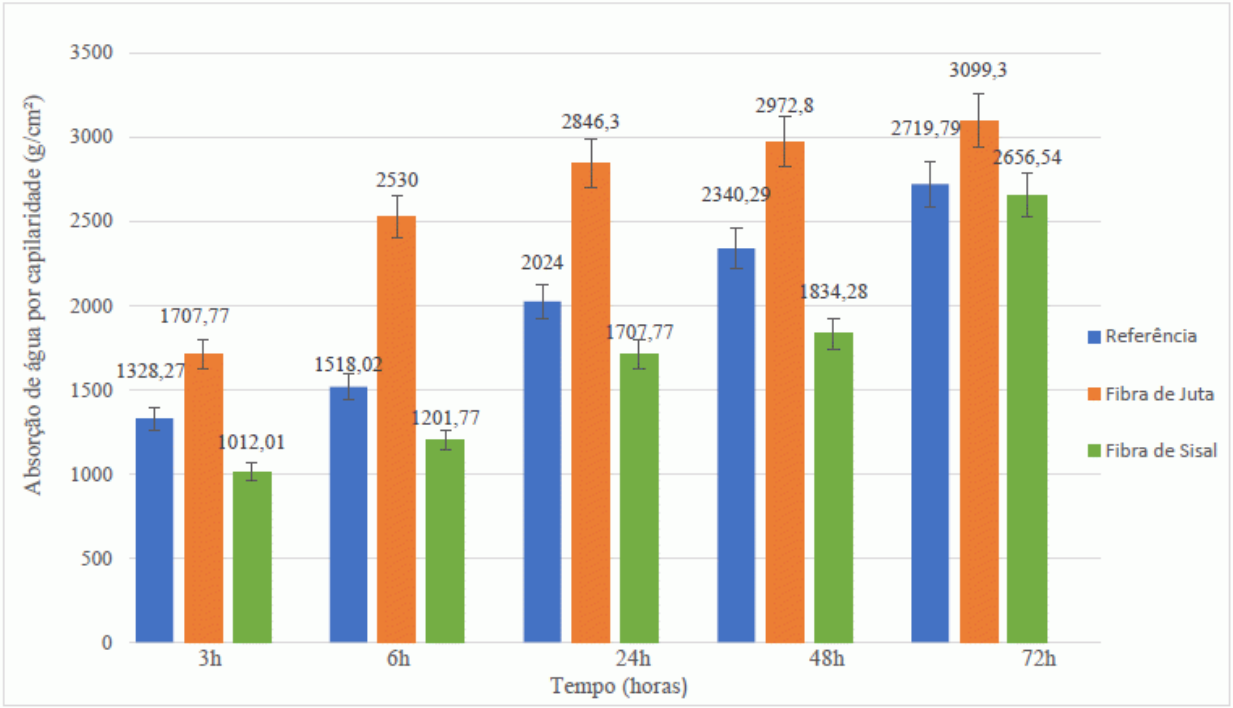
Fonte: os autores.

O concreto de fibra de sisal apresentou o melhor resultado de 3,65 MPa aos 7 dias, comparado com a referência, com 3,56 MPa, e a fibra de juta, com 3,09 MPa, contendo maior resistência mecânica da fibra, desta forma contribuindo para o controle das microfissuras nas idades iniciais. Observa-se também que a referência apresentou maior resistência à compressão aos 28 dias, com 5,42 MPa, comparando-se com a fibra de juta e de sisal. Isso ocorre, pois a incorporação das fibras pode gerar maior quantidade de vazios na matriz cimentícia e elas possuem alta capacidade de absorção de água.
O estudo de Abdullahi Musa e Samson Duna (2017) avaliou o concreto com fibra de sisal e observou que a resistência varia com a idade de cura, aumentando entre 7 e 28 dias.

3.5 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade permitiu avaliar o comportamento dos compósitos quanto ao transporte de umidade através dos poros. Os resultados finais obtidos são representados na Figura 8.

Figura 8 - Absorção de água por capilaridade.



Fonte: os autores.

Observa-se que a absorção de água aumenta com o tempo para todos os compósitos analisados (3 h, 6 h, 24 h, 48 h e 72 h), indicando o avanço da absorção nos poros do material. O compósito com fibra de juta apresentou os maiores valores de absorção em todos os períodos analisados, com o máximo de 1.707,77 g/cm^2 em 72 horas. O compósito de referência, com valores intermediários, tendo 1.328,27 g/cm^2 com 72 horas. E o compósito com fibra de sisal apresentou os menores índices de absorção, principalmente nas primeiras horas de ensaio, com o resultado de 1.012,01 g/cm^2 com 3 horas, indicando uma melhor compatibilização entre os materiais constituintes. Esse comportamento pode estar relacionado à densidade no estado fresco e à porosidade no estado endurecido. A argamassa com fibra de juta apresentou menor densidade, indicando maior quantidade de vazios na mistura, desta forma, observa-se que essa maior porosidade favorece a absorção de água. Já a Fibra de Sisal apresentou maior densidade no estado fresco, resultando em uma menor quantidade de porosidade, sendo reduzida a probabilidade de entrada de água.
O aumento da absorção de água nos concretos reforçados com a fibra de juta pode ser atribuído ao fato de que mais água pode ser absorvida pela fibra natural bem como pelo fato de que há maior porosidade em concretos com a fibra de juta. A densidade do concreto reforçado com fibra de juta é menor que a densidade do concreto sem fibras de reforço (Ahmad *et al*., 2022).

4. CONCLUSÃO

Essa pesquisa buscou avaliar a utilização das fibras de juta e das fibras de sisal em compósitos cimentícios, para um teor de adição de 0,8% do volume.
No estado fresco, observou-se que a adição das fibras naturais ocasionou uma redução na trabalhabilidade do material, para que se mantivesse o índice de consistência das misturas, houve a necessidade do aumento no teor de aditivo superplastificante. Além de apresentarem redução na sua densidade do compósito com a adição das fibras.
No estado endurecido, para resistência à tração na flexão ao longo do tempo, a incorporação das fibras naturais de sisal influenciou positivamente, porém de maneira discreta, já a fibra de juta teve

um comportamento quase que idêntico à referência. Para a resistência à compressão, a adição das fibras naturais proporcionou redução da propriedade de 19% e 28% para as fibras de sisal e juta.
Na absorção de água por capilaridade ao longo do tempo, observou-se que a adição da fibra de juta aumentou a capacidade de absorção do material, enquanto a adição da fibra de sisal reduziu a absorção quando comparada ao concreto de referência.
Os resultados indicaram que a utilização de fibras naturais como reforço em compósitos cimentícios é um campo promissor. Entretanto, observa-se um aumento na absorção de água por capilaridade com as fibras naturais, o que pode tornar a argamassa vulnerável a fatores externos que podem gerar degradação ao material, reduzindo sua durabilidade.
Dentre as fibras analisadas, o sisal apresentou melhores propriedades que a fibra de juta e, inclusive, melhores que a mistura de referência, o que indica o seu potencial de aplicação no desenvolvimento de produtos de matriz cimentícia. Sua maior capacidade de resistir a tensões internas e externas e de baixa absorção de água contribui para a redução do aparecimento de manifestações patológicas em uma futura aplicação.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade de Caxias do Sul (UCS), pelo suporte com laboratórios, equipamentos que possibilitaram a execução e a prática desta pesquisa e auxílio de bolsa de iniciação científica BIC-UCS, 2025.

REFERÊNCIAS

AHMAD, Jawad; ARBILI, Mohamed Moafak; MAJDI, Ali; ALTHOEY, Fadi; DEIFALLA, Ahmed Farouk; RAHMAWATI, Cut. Performance of concrete reinforced with jute fibers (natural fibers): a review. Journal Of Engineered Fibers And Fabrics, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 1-17, jan. 2022. SAGE Publications. http://dx.doi.org/10.1177/15589250221121871.

ARAÚJO, J. A. *et al.* **Comportamento mecânico de compósitos cimentícios reforçados com fibras naturais.** Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 451–460, 2008.

BDULLAHI, M.; MUSA, A.; DUNA, S. **Mechanical properties of natural fiber reinforced cement composites.** Construction and Building Materials, v. 152, p. 287–295, 2017.

CASTOLDI, R. **Avaliação das propriedades mecânicas de compósitos cimentícios reforçados com fibras.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

CHAKRABORTY, S. *et al*. **Performance of natural fiber reinforced cement composites.** Construction and Building Materials, v. 38, p. 776–781, 2013.

EHRENBRING, H.; TUTIKIAN, B. F. **Durabilidade de compósitos cimentícios reforçados com fibras naturais.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 16, n. 2, 2023.

FERREIRA, S. R. **Effect of surface treatments on the structure, durability and bond behavior of vegetable fibers for cementitious composites.** 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FIGUEIREDO, A. D. DE. **Concreto reforçado com fibras.** 2011. 256 f. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2011.

MOHR, B. J. *et al*. **Durability of natural fiber reinforced cement composites.** Cement and Concrete Composites, v. 28, p. 97–104, 2006.

MENDONÇA, R. **Estudo de compósitos cimentícios reforçados com fibras naturais.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

PINTO, M. R. **Avaliação da incorporação de fibras naturais em compósitos cimentícios.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

PRAKASH, R.; SANGEETH, S. **Mechanical behavior of natural fiber reinforced concrete.** Construction and Building Materials, v. 315, p. 125–132, 2022.

PRIYA, M.; SUDALAIMANI, K. **Mechanical and durability properties of natural fiber reinforced cement composites.** Materials Today: Proceedings, v. 72, p. 189–196, 2023.

RODRIGUES, F. **Análise do comportamento mecânico de concretos reforçados com fibras.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SAVASTANO, Holmer; AGOPYAN, Vahan; NOLASCO, Adriana M.; PIMENTEL, Lia. Plant fibre reinforced cement components for roofing. Construction And Building Materials, [S.L.], v. 13, n. 8, p. 433-438, dez. 1999. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0950-0618(99)00046-x.

TANESI, J.; FIGUEIREDO, A. D. **Influência de fibras no comportamento mecânico do concreto.** Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo, 1999.

ZUKOWSKI, B. **Mechanical properties of fiber reinforced cementitious composites.** Construction and Building Materials, v. 152, p. 554–561, 2017.