

COMPORTAMENTO A COMPRESSÃO DE ARGAMASSA REFORÇADA COM FIBRAS DE ALGODÃO

BEHAVIOR OF CEMENT MORTAR REINFORCED WITH COTTON FIBER SUBJECTED TO COMPRESSION

¹DEL PADRE, Pedro Henrique; ²CARVALHO RODRIGUES, André Luís.

^{1e2}Departamento de Engenharia Civil – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos – Unifio/FEMM Ourinhos, SP, Brasil

RESUMO

O presente artigo analisa o comportamento de argamassas reforçadas com fibra de algodão sob compressão, visando investigar alternativas sustentáveis para substituir fibras sintéticas na construção civil. A argamassa, amplamente utilizada no setor, possui resistência inferior ao concreto, e a introdução de fibras vegetais surge como uma estratégia para melhorar suas propriedades mecânicas, além de reduzir o impacto ambiental causado pelo uso excessivo de materiais não renováveis. O estudo foi realizado utilizando três tipos de argamassa: padrão (sem adição de fibras), com 0,7% de fibra de algodão, e com 1,4% de algodão em relação ao volume de cimento. Os resultados mostraram que a adição de 0,7% de fibra de algodão proporcionou um aumento significativo de 20,90% na resistência à compressão, enquanto a adição de 1,4% resultou em um ganho menor de 6,96%, além de reduzir a trabalhabilidade da mistura. A capacidade do algodão de reter água também contribuiu para uma menor perda de massa nos corpos de prova com fibras, destacando seu potencial para melhorar a durabilidade e as propriedades mecânicas das argamassas. No entanto, a maior quantidade de fibra comprometeu a plasticidade da mistura, exigindo ajustes no volume de água para alcançar a consistência adequada. Além dos ganhos em desempenho, a fibra de algodão se destaca por ser uma matéria-prima renovável, biodegradável e de baixo custo, o que favorece sua aplicação em compósitos cimentícios, alinhando-se às demandas de sustentabilidade da indústria da construção civil. Conclui-se que a fibra de algodão é uma alternativa promissora para o reforço de argamassas, unindo sustentabilidade e desempenho técnico. Contudo, recomenda-se a realização de novos ensaios, com procedimentos normatizados e metodologias mais rigorosas, para validar os resultados encontrados e garantir a viabilidade desse material em larga escala na construção civil. A adoção desse tipo de compósito poderia reduzir significativamente o impacto ambiental e contribuir para práticas de construção mais eficientes e sustentáveis.

Palavras chaves: Argamassa; Algodão, Resistência, Compressão.

ABSTRACT

This article analyzes the behavior of mortars reinforced with cotton fibers under compression, aiming to investigate sustainable alternatives for replacing synthetic fibers in the construction industry. Mortar, widely used in the sector, has lower strength compared to concrete, and the introduction of natural fibers has emerged as a strategy to improve its mechanical properties while reducing the environmental impact caused by the excessive use of non-renewable materials. The study was conducted using three types of mortar: a standard one (without fiber addition), one with 0.7% cotton fiber, and another with 1.4% cotton fiber relative to the cement volume. The results showed that the addition of 0.7% cotton fiber provided a significant increase of 20.90% in compressive strength, while the addition of 1.4% resulted in a smaller gain of 6.96%, in addition to reducing the workability of the mixture. The cotton's water retention capacity also contributed to a lower mass loss in the fiber-reinforced samples, highlighting its potential to enhance the durability and mechanical properties of mortars. However, the higher fiber content compromised the mixture's plasticity, requiring adjustments in water volume to achieve the desired consistency. In addition to performance improvements, cotton fiber stands out as a renewable, biodegradable, and low-cost material, which favors its application in cement-based composites, aligning with the sustainability demands of the construction industry. It is concluded that cotton fiber is a promising alternative for reinforcing mortars, combining sustainability and technical performance. However, further testing with standardized procedures and more rigorous

methodologies is recommended to validate the results and ensure the feasibility of this material on a large scale in construction. The adoption of this type of composite could significantly reduce the environmental impact and contribute to more efficient and sustainable construction practices.

Keywords: Mortar; Cotton; Strength; Compression.

INTRODUÇÃO

A argamassa assim como o concreto e outros derivados do cimento, é um dos materiais mais usados na construção civil no Brasil, e seu uso difundido advém da grande facilidade de execução e adaptação às mais diversas formas. (Santoro; Kripka, 2016). A indústria da construção civil é uma das indústrias de transformação que mais consome recursos naturais do planeta, entre 20% a 50%; contudo, não havia sido colocada como uma indústria com problemas de sustentabilidade até meados da década de 1990 (Riffel, 2022).

As argamassas, ao contrário do concreto, possuem um nível de resistência entre 2 a 10 MPa. Para estes casos o aumento nas tensões laterais confinantes é significativo em relação à resistência última da argamassa, pois chegam a atingir proporções entre 50 a 100 % da resistência última da amostra (Mohamad *et al.*, 2009).

Com esse cenário a busca por soluções sustentáveis foi iniciada no campo de pesquisa, a substituição de fibras industriais por fibras vegetais foi uma estratégia usada para a diminuição do uso de materiais sintéticos em materiais compósitos a base de cimento.

Um material compósito é a combinação de dois ou mais materiais que têm propriedades que os materiais componentes isoladamente não apresentam. Eles são, portanto, constituídos de duas fases: a matriz e o elemento de reforço, e são desenvolvidos para aperfeiçoar os pontos fortes de cada uma das fases (Petrović, Zoran *et al.*, 1996).

A substituição de fibras sintéticas por fibras vegetais é uma possibilidade bastante importante, pelo fato desta fibra ser de uma fonte renovável, biodegradável e de baixo custo e por provocar menor impacto ambiental (Mattoso *et al.*, 1996). Dentro do grupo de fibras vegetais encontra-se a fibra de algodão.

Segundo Bachelier e Gourlot (2018) a fibra de algodão é um pelo unicelular e tem a estrutura de uma célula vegetal não clorofiliana: contém um núcleo, um citoplasma e os organitos associados. Essa estrutura confere-lhe as propriedades

mecânicas de fiabilidade, permitindo que um feixe de fibra de algodão consiga conservar sua coesão após a torção para formar um fio resistente.

A análise será desenvolvida a partir de três modelos: argamassa-padrão (sem adição de algodão), argamassa-reforçada com 250 gramas de algodão (0,7% da relação cimento/algodão) e argamassa-reforçada com 500 gramas de algodão (1,4% da relação cimento/algodão).

Este artigo tem por objetivo analisar o comportamento de argamassas reforçadas com a fibra de algodão quando submetidas à compressão, visando a busca de uma nova solução de material compósito fibroso para substituição dos materiais sintéticos.

MATERIAL E MÉTODOS

No preparo do material compósito, foi utilizado uma argamassa-padrão como elemento matriz, tendo a fibra de algodão como elemento de reforço.

Especificações dos materiais:

- Cimento Portland CP-II 32;
- Areia Natural Fina oriunda da região de Ourinhos-SP, com grãos entre 0,075 a 0,42mm;
- Água fornecida pelo sistema de abastecimento da UNIFIO;
- Algodão Hidrófilo

METÓDO EXPERIMENTAL

Definido o traço 1:1:0,40 (cimento: areia: relação água/cimento) para a argamassa-padrão, utilizado em trabalhos anteriores (Toledo Filho et al, 1997; Picanço e Ghavami, 2008) que servirá como controle para a determinação dos resultados.

Os materiais foram levados em um recipiente de controle volumétrico trapezoidal de 0,013 m³ para a betoneira com uma cuba de 145 litros de capacidade para serem misturados. O recipiente utilizado tinha capacidade de armazenar 17,50 Kg de cimento 18,20 Kg de areia fina e 13 litros de água.

Figura 1 - Recipiente de controle volumétrico.



Fonte: Autor.

Na mistura da argamassa-padrão, foram utilizados 35 quilogramas de cimento, 36,40 quilogramas de areia fina e 14 litros de água. Primeiro foi misturado o cimento com a areia seca, depois adicionado água aos poucos para que assim a massa possa ficar com uma consistência plástica e homogênea; apresentando um slump de 17 centímetros.

Figura 2 - Materiais da mistura



Fonte: Autor.

Figura 3 - Algodão Hidrófilo (embalagem/em rolo/desaglomerado)



Fonte: Autor.

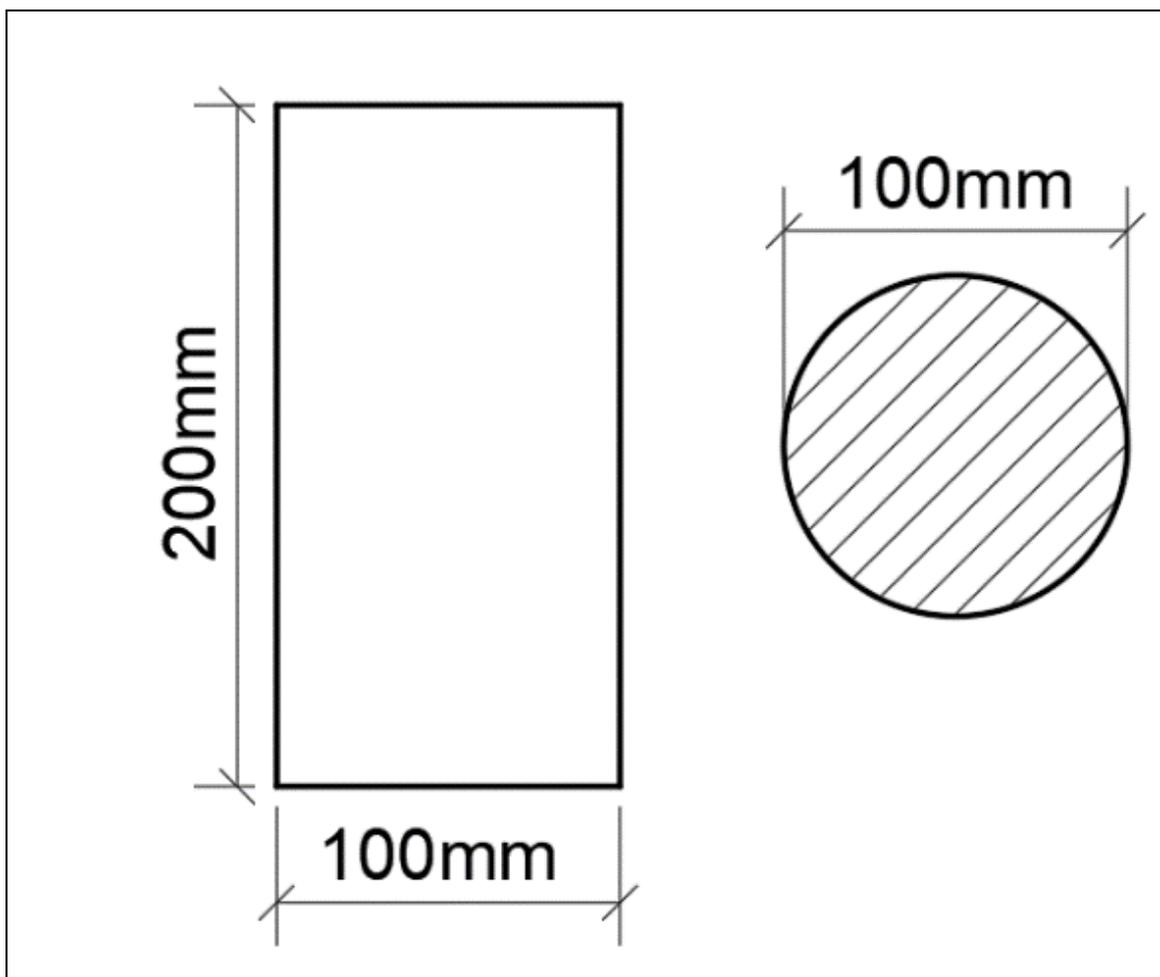
A argamassa acrescida de algodão seguiu o mesmo parâmetro, com a adição da fibra de algodão após a mistura da argamassa padrão.

Observa-se que após o acréscimo de 250 gramas de fibra de algodão (0,7% da relação cimento/algodão) a consistência da mistura se tornou pouco trabalhável, sendo assim, necessário adicionar 10% do volume de água para maior trabalhabilidade do compósito, assim os compósitos foram preparados com traço 1:1:0,50 (cimento: areia: relação água/cimento); apresentando um *slump* de 15 centímetros. Do mesmo modo quando acrescido à mistura 500 gramas de fibra de algodão (1,4% da relação cimento/algodão), tornando a trabalhabilidade ainda mais desfavorável, sendo necessário o acréscimo de 15% do volume de água, sendo necessário um traço de 1:1:0,55 (cimento: areia: relação água/cimento);

apresentando um *slump* de 13 centímetros.

Para os corpos de prova cilíndricos foram preparados 36 moldes com dimensões de 100mm de diâmetro e 200mm de altura, com uma área de distribuição de tensões de 78,54mm², assim como determina a NBR5738 (2015) – Procedimentos para Moldagem e Cura de Corpos de Provas.

Figura 4: Dimensões do Corpo de Provas.



Fonte: Autor.

Figura 5: Molde do Corpo de Prova.



Fonte: Autor.

Os moldes foram divididos em três grupos de doze, o primeiro para o controle (sem adição de algodão), o segundo com adição de 0,7% do volume em algodão e o terceiro com adição de 1,4% do volume em algodão. Todos foram nomeados para a distinção e organização dos ensaios conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1: Nomenclatura e informações dos Corpos de Prova.

Abreviação	Traço	Volume de Algodão (%)	Dia do Ensaio
CP0-01	1:1:0,40	0	3
CP0-02	1:1:0,40	0	3
CP0-03	1:1:0,40	0	3
CP0-04	1:1:0,40	0	7
CP0-05	1:1:0,40	0	7
CP0-06	1:1:0,40	0	7
CP0-07	1:1:0,40	0	21
CP0-08	1:1:0,40	0	21
CP0-09	1:1:0,40	0	21

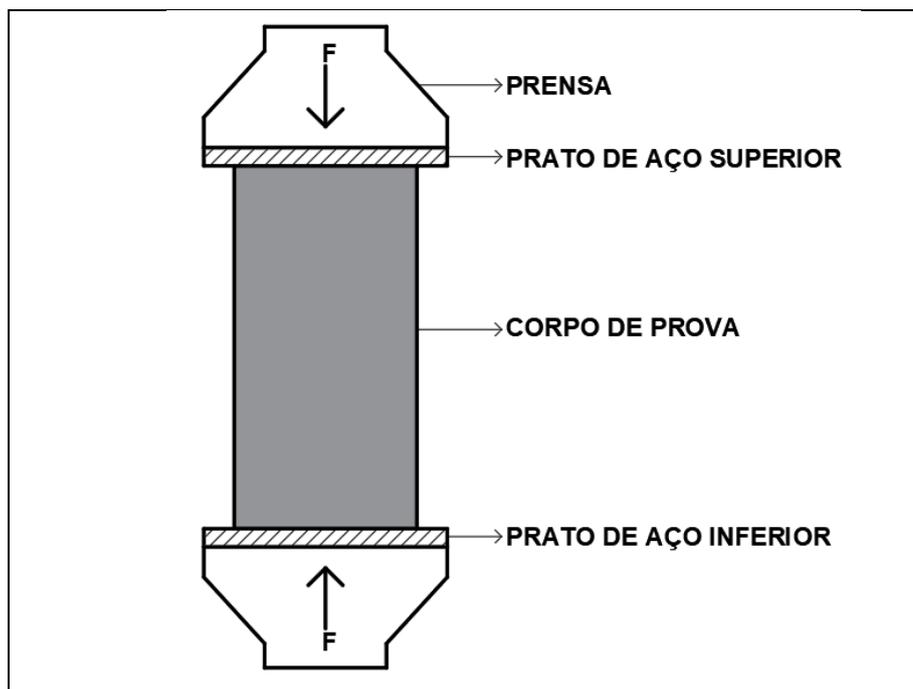
CP0-10	1:1:0,40	0	28
CP0-11	1:1:0,40	0	28
CP0-12	1:1:0,40	0	28
CP250-01	1:1:0,50	0,70	3
CP250-02	1:1:0,50	0,70	3
CP250-03	1:1:0,50	0,70	3
CP250-04	1:1:0,50	0,70	7
CP250-05	1:1:0,50	0,70	7
CP250-06	1:1:0,50	0,70	7
CP250-07	1:1:0,50	0,70	21
CP250-08	1:1:0,50	0,70	21
CP250-09	1:1:0,50	0,70	21
CP250-10	1:1:0,50	0,70	28
CP250-11	1:1:0,50	0,70	28
CP250-12	1:1:0,50	0,70	28
CP500-01	1:1:0,55	1,40	3
CP500-02	1:1:0,55	1,40	3
CP500-03	1:1:0,55	1,40	3
CP500-04	1:1:0,55	1,40	7
CP500-05	1:1:0,55	1,40	7
CP500-06	1:1:0,55	1,40	7
CP500-07	1:1:0,55	1,40	21
CP500-08	1:1:0,55	1,40	21
CP500-09	1:1:0,55	1,40	21
CP500-10	1:1:0,55	1,40	28
CP500-11	1:1:0,55	1,40	28
CP500-12	1:1:0,55	1,40	28

Sendo:

- CP - Corpo de Prova;
- O terceiro algarismo - indicação da volumetria de algodão;
 - 0 – Controle (0%)
 - 250 (0,70%)
 - 500 (1,40%)
- Os dois últimos algarismos - numeração do corpo de prova;

Os ensaios de compressão simples foram realizados seguindo as orientações da NBR5739 (2018) – Ensaio de Compressão de Corpos de Prova Cilíndricos. Sendo realizados quatro rupturas.

Figura 6: Esquema do Ensaio de Compressão Simples.



Fonte: Autor.

Figura 7: Ensaio de Compressão Simples.



Fonte: Autor.

A primeira após 3 dias da moldagem, sendo rompidos os seguintes corpos de provas: CP0-01, CP0-02, CP0-03, CP250-01, CP250-02, CP250-03, CP500-01, CP500-02 e CP500-03.

A segunda após 7 dias da moldagem, sendo rompidos os seguintes corpos de provas: CP0-04, CP0-05, CP0-06, CP250-04, CP3250-05, CP3250-06, CP500-04, CP500-05 e CP500-06.

Os resultados foram colhidos e realizado a média simples entre eles para análise dos parâmetros.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentaram aumento da resistência em todos os modelos testados, mostrando superioridade nos corpos de prova sem o acréscimo da fibra de algodão. Como demonstrado no Gráfico 1, os corpos de provas sem acréscimo da fibra (CP0) apresentaram 3,67% de ganho de resistência, sendo a menor média entre os três modelos; os corpos de prova com acréscimo de 0,70% da relação de volume cimento/algodão (CP250) apontaram um ganho médio de resistência de 20,90%, sendo o maior entre os três e os corpos de prova com acréscimo de 1,40% da relação de volume cimento/algodão (CP500) correspondeu com 6,96% de ganho de resistência.

Em relação ao peso médio dos corpos de prova, como discriminado no Gráfico 2; os corpos de provas sem acréscimo da fibra (CP0) apresentaram perda média de 11,38%, sendo a maior perda de massa; os corpos de prova com acréscimo de 0,70% da relação de volume cimento/algodão (CP250) apontaram uma perda média de massa correspondente à 1,58% e os corpos de prova com acréscimo de 1,40% da relação de volume cimento/algodão (CP500) correspondeu com 0,97% de perda de massa. Essa variação da perda de massa sendo desfavorável à ambos modelos acrescidos de fibra do algodão se dão ao fato do algodão ser um bom retentor de água, dificultando o processo da perda de umidade.

Ainda que os resultados apresentados, se mostram promissores, os autores recomendam a realização de ensaios comparativos, a fim de confirmar em significância estatística os resultados encontrados neste trabalho e o atendimento aos critérios normativos. Para exemplificar, foram utilizados corpos de prova não normatizados, onde foram utilizados tubos de PVC que dificultou o desmolde e danificou os mesmos e a não estanqueidade do reservatório dificultando o processo

de cura da argamassa.

Gráfico 1: Resistência média a compressão dos corpos de prova.

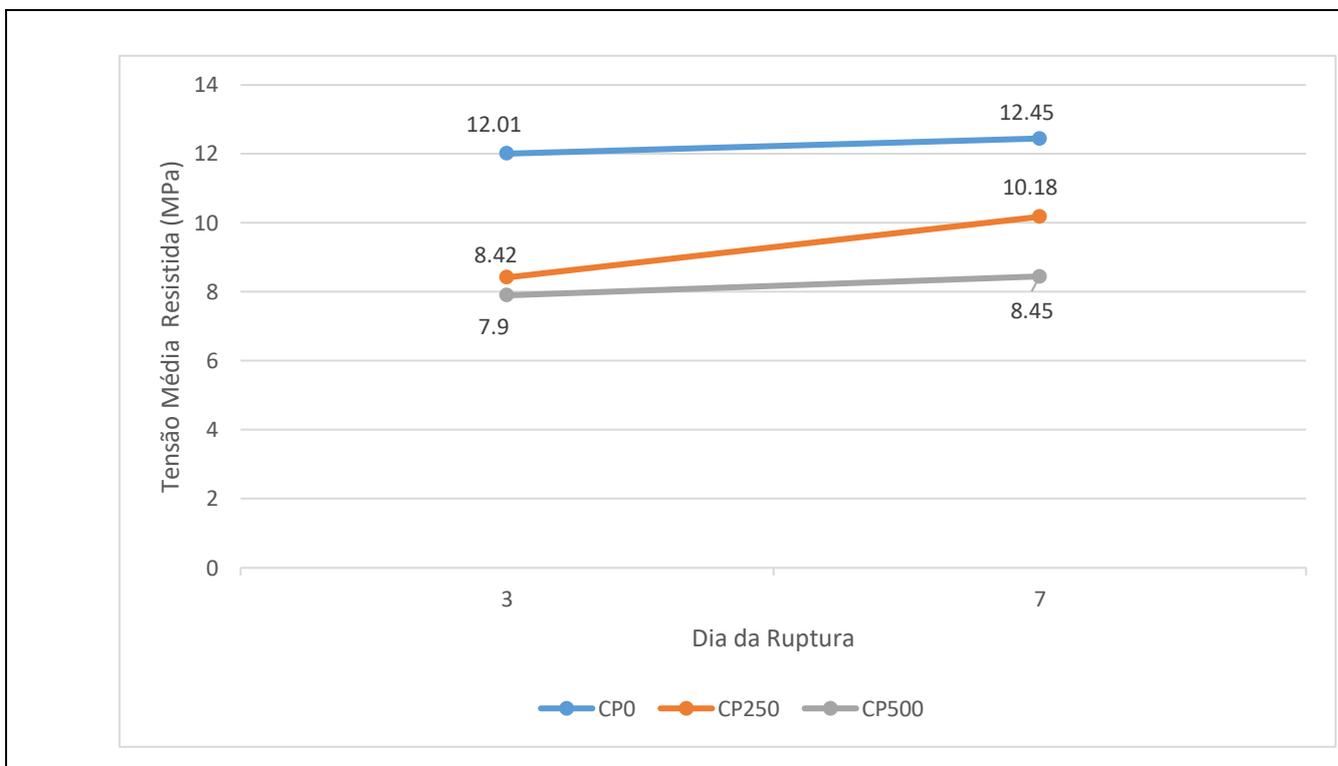


Gráfico 2: Peso médio dos corpos de prova.

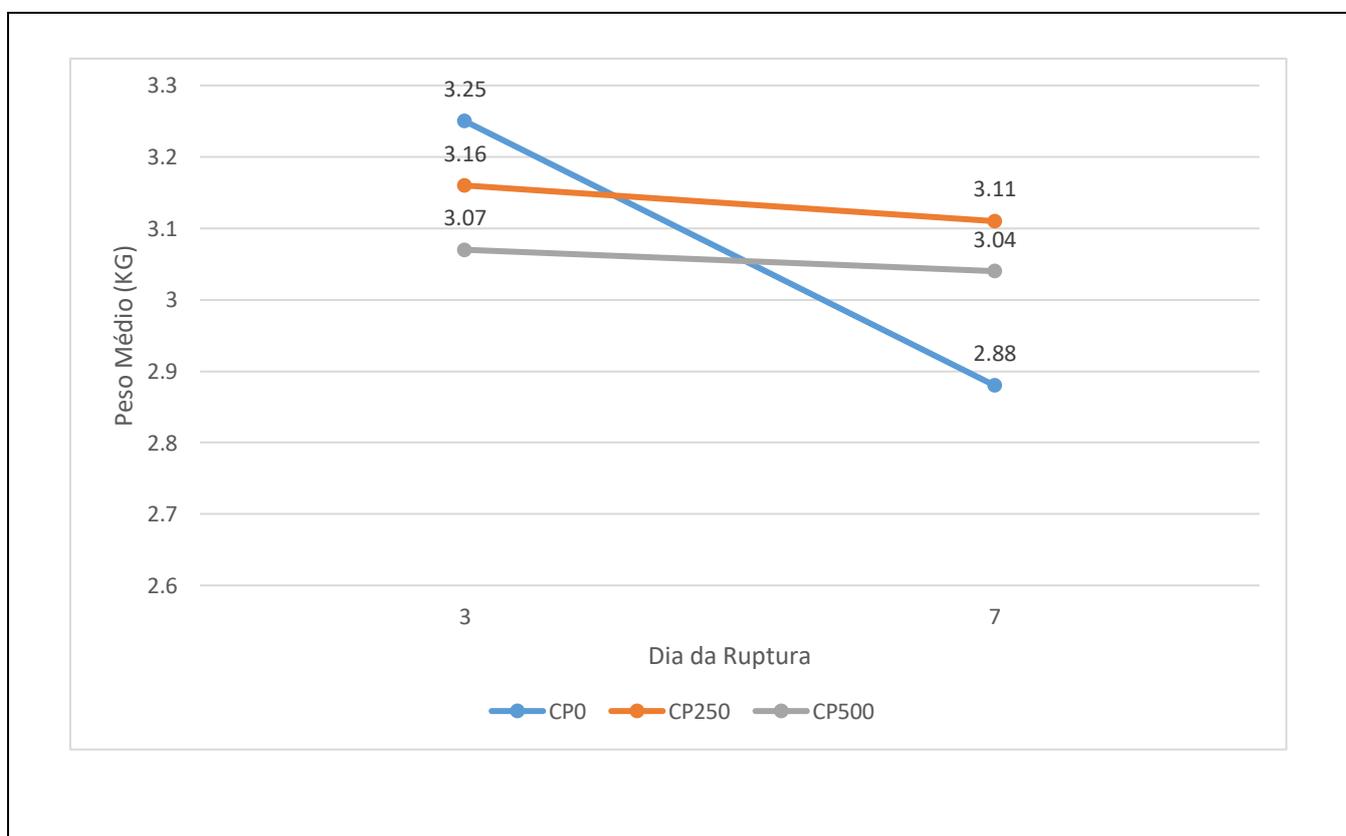


Figura 8: Corpos de Prova Rompidos.



Fonte: Autor.

Figura 9: Corpo (CP0) de Prova Rompido.



Fonte: Autor.

CONCLUSÕES

Conclui-se por meio deste estudo que a substituição de fibras sintéticas por fibras de algodão em argamassas oferece uma alternativa inovadora e promissora para o setor da construção civil, ao combinar aspectos fundamentais de sustentabilidade e eficiência técnica. A análise revelou que a adição de 0,7% de fibras de algodão (CP250) nas argamassas resultou em um ganho significativo de resistência, atingindo um impressionante aumento de 20,90%. Este desempenho foi superior ao observado no modelo com 1,4% de fibras (CP500), que apresentou, além de uma menor eficiência no ganho de resistência, uma redução considerável na trabalhabilidade da mistura, evidenciando uma relação inversamente proporcional entre o teor de fibras e a capacidade de manuseio do material.

Um fator importante destacado no estudo foi a capacidade das fibras de algodão em reter água, o que contribuiu significativamente para a menor perda de massa nos compósitos com fibras. Esse fenômeno reforça o potencial dessas fibras naturais para melhorar as propriedades mecânicas das argamassas, como a resistência à compressão e a durabilidade.

Ao aprimorar essas características, a fibra de algodão se mostra como uma solução eficiente não apenas do ponto de vista técnico, mas também como uma escolha sustentável, por se tratar de um material natural e renovável. No entanto, observou-se que o aumento no teor de fibras comprometeu a plasticidade da mistura, exigindo ajustes no volume de água para garantir a consistência e a trabalhabilidade ideais, sem prejudicar o desempenho estrutural do compósito. Apesar dos resultados promissores e encorajadores, é recomendada a realização de novos testes com procedimentos normatizados, utilizando metodologias mais rigorosas e abrangentes, para validar plenamente essas conclusões e refinar o uso desse material em larga escala. Ensaios adicionais poderão trazer maior compreensão dos limites e do comportamento da fibra de algodão em diferentes condições ambientais e estruturais, permitindo ajustes mais precisos nas formulações das argamassas. Dessa forma, espera-se que esses compósitos possam ser amplamente aplicados na construção civil, oferecendo uma solução que alie sustentabilidade, eficiência técnica, viabilidade econômica e um impacto ambiental reduzido.

Se devidamente desenvolvidos, esses compósitos poderão contribuir de forma significativa para o futuro da construção sustentável, integrando tecnologia e consciência ambiental em um setor crucial para o desenvolvimento global.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Procedimentos para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos: sendo realizados quatro rupturas**. Rio de Janeiro, 2018.
- BACHELIER, Bruno; GOURLLOT, Jean-Paul. **A fibra de algodão: origem, estrutura, composição e caracterização**. 2018.
- HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de cimento Portland. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**, v. 2, p. 945-984, 2007.
- MATTOSO, Luiz Henrique Capparelli *et al.* **Utilização de fibras vegetais para reforço de plásticos**. 1996.
- MOHAMAD, G. *et al.* Caracterização mecânica das argamassas de assentamento para alvenaria estrutural: previsão e modo de ruptura. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 14, p. 824-844, 2009.
- OLIVEIRA, Vanessa Carina Heinrichs Chirico. **Estratégias para a minimização da emissão de CO₂ de concretos estruturais**. 2015. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.
- PETROVIĆ, Zoran S. *et al.* Effect of addition of polyethylene on properties of polypropylene/ethylene-propylene rubber blends. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 59, n. 2, p. 301-310, 1996.
- PICANÇO, Marcelo de Souza; GHAVAMI, Khosrow. Comportamento à compressão de argamassas reforçadas com fibras vegetais da Amazônia. **REM: Revista Escola de Minas**, v. 61, p. 13-18, 2008.
- RIFFEL, Elias. **Sustainable actions for the disposal of waste wood in the construction site: building cleaner production to improve processes**. **Revista da UNIFEBE**, v. 1, n. 27, 2022.
- SANTORO, Jair Frederico; KRIPKA, Moacir. Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias-primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 35-49, 2016.
- TOLEDO FILHO, Romildo Dias; ENGLAND, George Leslie; GHAVAMI, Khosrow. Comportamento em compressão de argamassas reforçadas com fibras naturais. I. Relação tensão-deformação experimental e processo de fratura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1, n. 1, p. 79-88, 1997.