

FIBRAS NO CONCRETO

CRUZ, Daniel. VAZ, Gilberto L. W.¹

JUNIOR, Hélio F.²

Universidade São Francisco

gilberto.vaz@mail.usf.edu.br

¹Daniel Cruz, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP;

¹Gilberto Luiz Wolandi Vaz, Aluno do Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP.

²Orientador Professor Mestre Hélio Fraçoso Junior, Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba - SP.

Resumo.

A utilização de fibras adicionadas ao concreto tem sido extensivamente pesquisada com o objetivo de explorar novas tecnologias para aprimorar as características desse material. Este estudo atual busca investigar a inclusão de fibras sintéticas, especificamente de vidro e polipropileno, nos compósitos de concreto. Isso envolve a preparação, o processo de moldagem e a análise dos resultados técnicos em comparação com uma amostra de referência que não contém fibras. Também abordaremos as dificuldades enfrentadas durante o manuseio e a incorporação das fibras no concreto.

Os resultados obtidos por meio de testes conduzidos em um laboratório certificado, incluindo ensaios de resistência à compressão axial, módulo de elasticidade, flexão e resistência à tração por compressão diametral, foram significativos. Eles são apresentados em gráficos que constituem o cerne deste estudo. Com base nesses resultados, é possível concluir que a adição de fibras tende a melhorar as propriedades de flexão do concreto, no entanto, pode reduzir sua resistência à compressão. Além disso, é importante destacar que a pesquisa sobre a inclusão de fibras no concreto possui potencial para ser aprofundada em outras áreas relacionadas ao tema.

Palavras Chaves: Concreto com fibras, Fibra de vidro, Fibras de polipropileno, Tecnologias do concreto.

Introdução

O crescimento da tecnologia na construção civil vem gerando cada vez mais facilidades e praticidade na hora da execução de um projeto, o concreto com fibras como exemplo, é uma tecnologia que vem ganhando campo no mercado da construção civil e sua utilização vem gerando praticidade na utilização com o concreto e sua aquisição é de baixo custo, onde pode substituir a malha pop em alguns casos, como por exemplo em radier.

Os primeiros relatos de fibras no concreto foram em 1847, em testes realizados por Joseph Lambot que usou o material para reforçar a mistura, assim aumentando sua durabilidade e resistência. A fibra vem sendo usada desde então nas

construções mais antigas como as de barro onde encontra-se a utilização de fibras vegetais, como por exemplo as fibras de bambu, até as mais modernas onde há a utilização de fibras poliméricas industrializadas

As fibras de polipropileno e de vidro são responsáveis pela melhoria da retração e resistência do concreto, onde há a transferência de tensão através das fibras misturadas, ocasionando um controle muito maior de fissuras e um ganho de resistência das fibras estruturais. A fibra pode ser dividida em 2 tipos: Macrofibras e microfibras. Macrofibras tem como função a melhoria estrutural do concreto, já as microfibras têm a função de controle de fissuração.

Como mencionado por Spricigo (2014, Mehta e Monteiro, 2008), 'O concreto convencional se rompe de forma repentina, quando a deflexão supera a resistência à flexão última. Já o concreto reforçado com fibras continua suportando cargas admissíveis, mesmo que as deformações sejam superiores à deflexão de ruptura do concreto convencional. Citado em Mehta e Monteiro (2008, p. 520).'

“O compósito suportará cargas cada vez maiores após a primeira fissura da matriz, caso a resistência das fibras ao arrancamento na primeira fissura for maior do que a carga na primeira fissuração; [...] em uma seção fissurada, a matriz não resiste a nenhuma tensão e as fibras suportam toda a carga do compósito. Com uma carga cada vez maior sobre o compósito, as fibras tendem a transferir a tensão adicional para a matriz através de tensões de aderência. Se as tensões de aderência não excederem a resistência de aderência, então pode haver fissuração adicional na matriz. Esse processo de fissuração múltipla continuará até que haja rompimento das fibras ou até que o escorregamento local acumulado leve ao arrancamento da fibra.”

Benefícios das Fibras de Polipropileno



Figura 2: Fibras de Polipropileno. Fonte: Autor, 2023.

1. Redução da Fissuração

A principal vantagem das fibras de polipropileno é a capacidade de reduzir a fissuração no concreto. Quando o concreto endurece, ele tende a se contrair, o que pode resultar em fissuras. As fibras de polipropileno atuam como reforço, inibindo a abertura de fissuras e aumentando a capacidade do concreto de absorver tensões.

2. Melhoria da Durabilidade

A adição de fibras de polipropileno ao concreto melhora sua durabilidade. Isso ocorre porque essas fibras ajudam a prevenir a penetração de agentes agressivos, como água e cloretos, que podem causar deterioração prematura do concreto.

3. Aumento da Tenacidade

As fibras de polipropileno aumentam a tenacidade do concreto, tornando-o mais resistente a impactos e cargas cíclicas. Isso é especialmente benéfico em aplicações onde a resistência à tração é importante.

4. Facilidade de Mistura

As fibras de polipropileno são fáceis de misturar ao concreto durante o processo de produção, tornando sua incorporação conveniente e eficiente.

3. Resistência ao Desgaste

Elas aumentam a resistência ao desgaste do concreto, tornando-o mais adequado para pavimentos e estruturas sujeitas a cargas mecânicas.

4. Leveza

As fibras de polipropileno são leves, o que não compromete significativamente a densidade do concreto.

Aplicações das Fibras de Polipropileno

As fibras de polipropileno encontram uma ampla gama de aplicações na construção civil, incluindo:

1. Pavimentação

Elas são frequentemente utilizadas em pavimentos de concreto para aumentar a resistência à fissuração causada por cargas de tráfego e variações de temperatura.

2. Estruturas de Concreto Pré-Moldado

As fibras de polipropileno são incorporadas em elementos pré-moldados para melhorar a tenacidade e a durabilidade das estruturas.

3. Concreto Projetado

São utilizadas em concreto projetado para estabilizar o material e reduzir a

formação de fissuras durante a aplicação.

4. Estruturas de Contenção

São empregadas em estruturas de contenção, como paredes de contenção e diques, para aumentar a resistência e a durabilidade.

A construção civil é uma das principais indústrias do mundo, responsável por uma parcela significativa do consumo de recursos naturais e pela geração de resíduos. Portanto, a busca por materiais que possam reduzir o impacto ambiental e melhorar o desempenho das construções é fundamental. A fibra de vidro tem se destacado como uma opção viável, oferecendo diversas vantagens em comparação com materiais convencionais.

Vantagens da Utilização de Fibra de Vidro na Construção Civil:



Figura 1: Fibras de Vidro.
Fonte: Autor, 2023

1. **Resistência e Durabilidade:** A fibra de vidro é conhecida por sua alta resistência à tração e compressão, tornando-a adequada para reforço estrutural em concreto e aço. Ela também é resistente à corrosão, prolongando a vida útil das estruturas.

2. **Leveza e Facilidade de Manuseio:** A fibra de vidro é mais leve do que muitos materiais tradicionais, facilitando o transporte e a instalação. Isso pode resultar em economias de custos significativas.

3. **Isolamento Térmico e Acústico:** A fibra de vidro possui propriedades de isolamento térmico e acústico, melhorando o conforto e a eficiência energética das edificações.

4. Sustentabilidade: A produção de fibra de vidro requer menos recursos naturais do que a fabricação de materiais tradicionais, e é reciclável. Isso a torna uma escolha sustentável para a construção civil.

Aplicações de Fibra de Vidro na Construção Civil:

5. Reforço Estrutural: A fibra de vidro é usada para reforçar estruturas de concreto, aço e madeira, aumentando sua capacidade de carga e resistência a terremotos.

6. Revestimentos e Isolamentos: Painéis de fibra de vidro são utilizados em revestimentos de parede, tetos e isolamento térmico e acústico em edifícios residenciais e comerciais.

7. Tubulações e Conduítes: A fibra de vidro é uma escolha ideal para tubulações subterrâneas devido à sua resistência à corrosão e durabilidade

A fibra de vidro oferece uma gama de vantagens na construção civil, desde sua resistência e durabilidade até sua contribuição para a sustentabilidade ambiental. Com base em estudos de caso bem-sucedidos, fica claro que a fibra de vidro é uma alternativa viável aos materiais tradicionais, contribuindo para estruturas mais eficientes e sustentáveis na construção civil.

Concreto Usinado.

O concreto usinado desempenha um papel crucial na construção civil, sendo utilizado em uma variedade de estruturas, desde edifícios até pontes e rodovias. Sua popularidade se deve à versatilidade, resistência e facilidade de aplicação. Neste artigo, exploraremos as principais características e aplicações do concreto usinado.

Características do Concreto Usinado:

Composição: O concreto usinado é composto por cimento, água, agregados (como areia e pedra britada) e aditivos. A proporção precisa desses ingredientes é calculada de acordo com as especificações do projeto. Controle de Qualidade: A produção do concreto usinado ocorre em centrais de dosagem, onde o controle de qualidade é rigoroso. Isso garante uma mistura uniforme e consistente. Transporte Eficiente: O concreto é transportado para o local de construção em caminhões betoneiras, o que permite uma distribuição eficiente e evita desperdícios.

Vantagens do Concreto Usinado:

Qualidade e Consistência: O controle de qualidade rigoroso na produção resulta em um concreto uniforme e de alta qualidade. Economia de Tempo e Mão de Obra: A entrega pronta do concreto economiza tempo e mão de obra no canteiro de obras. Redução de desperdício: O concreto usinado é preparado de acordo com as necessidades do projeto, reduzindo o desperdício de materiais. Versatilidade: Pode ser adaptado para atender a diferentes necessidades, como resistência, durabilidade e acabamento. Como mencionado por (Couto, 2013)

“Dentre as vantagens do uso de concreto pronto (usinado) pode-se destacar a economia de materiais, menor perda de areia, brita e cimento; maior controle tecnológico dos materiais, dosagem, resistência e consistência, com melhoria da qualidade; racionalização do número de ajudantes na obra, com a consequente redução dos encargos trabalhistas; melhor produtividade da equipe; redução no controle de suprimentos e eliminação de áreas de estoque no canteiro; redução do custo da obra.”

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS



Figura 3: Pesagem das Fibras de Vidro Fonte: Autor, 202



Figura 4: Pesagem das Fibras de Polipropileno Fonte: Autor, 2023



Figura 5: Corpos de prova concreto Fonte: Autor, 2023.

2.2. MÉTODOS

Para iniciar a Pesagem, os materiais estavam devidamente armazenados em pacotes, prontos para serem utilizados.

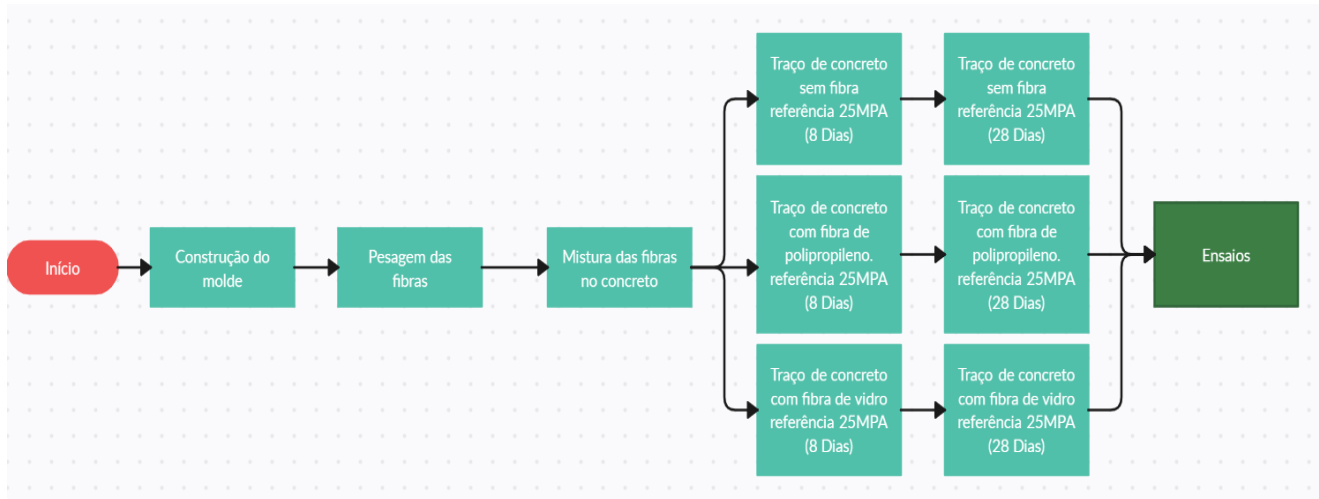


Figura 6: Fluxograma. Fonte: Autor, 2023.

Na Concretagem foi utilizado o concreto do caminhão betoneira, com um MPA de 25, composto por: Cimento CPV AR, Areia Artificial Gnaisse, Areia de Quartzo, Brita Gnaisse N°1, Brita Gnaisse N°0, AC=0,550, Slump de 13+2 e com um auxílio de uma balança para pesagem de ambas as fibras de polipropileno e vidro como mostra as figuras 4 e 5. A mistura foi realizada utilizando misturador de concreto, dentro dos corpos de prova para obter uma mistura homogênea entre o concreto e o tipo de fibra escolhida.

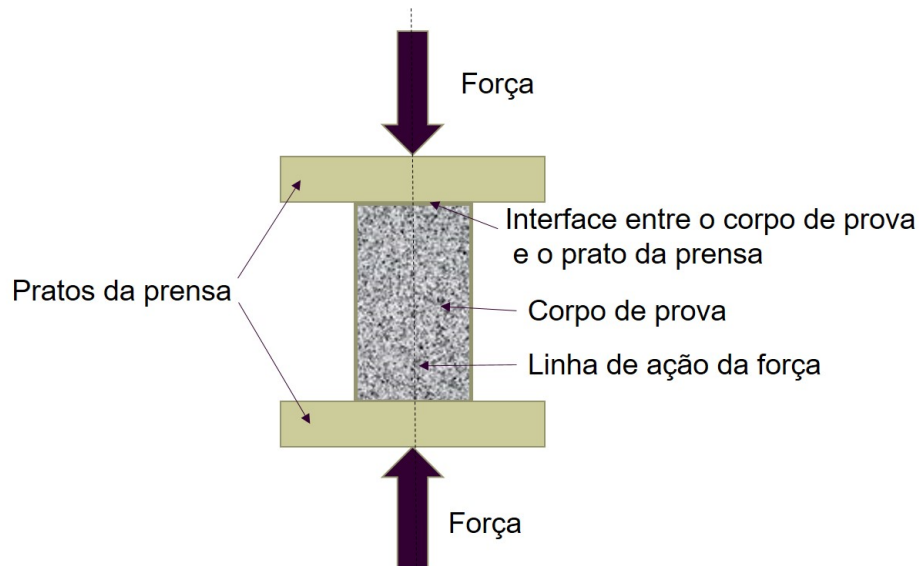
Para a condução desta pesquisa, foram produzidos 24 corpos de teste, dos quais 12 eram cilíndricos, medindo 10x20cm, e 12 eram prismáticos, com dimensões de 15x15x50 cm (conforme ilustrado na Figura 1 e 2), seguindo as diretrizes de moldagem estabelecidas na norma ABNT NBR 5738:2003.

As análises foram conduzidas no Laboratório de Engenharia Civil (ETEC). Para avaliar o impacto da incorporação de fibras de vidro e polipropileno nas características mecânicas do concreto, foram realizados testes de resistência à compressão axial e flexão em corpos de prova em formato prismático. (ABNT 5738, 2015)

“Os moldes devem ser cilíndricos e ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm, a depender do tipo de concreto e da dimensão dos agregados utilizados”

2.3. Compressão Axial

Para determinar a resistência à compressão axial, as diretrizes da norma ABNT NBR 5739:2007 foram estritamente seguidas. Os instrumentos empregados incluíram uma prensa hidráulica. (conforme ilustrado na Figura 3), a qual, em conjunto com um medidor, permitiu a medição e a obtenção dos resultados dos ensaios.



7: Diagrama esquemático do teste de compressão.
Fonte: Desconhecido, 2023.

Figura



Figura 8: Prensa utilizada.
Fonte: Autor, 2023.

Os corpos de prova cilíndricos de concreto foram testados após serem retirados do período de maturação. Após a etapa de preparação da superfície, o corpo de prova foi colocado no centro da prensa para iniciar o processo de aplicação da carga como mostra a figura 8 mencionada acima. A carga é gradualmente aplicada até que seja observada uma diminuição na força de carregamento, sinalizando a ruptura do corpo de prova.

Para determinar a resistência à compressão, aplicamos a seguinte fórmula (Equação 1) com as variáveis a seguir:

$$R = \frac{F}{A}$$

R: Indica a resistência à compressão, expressa em MegaPascals (MPa).

F: Refere-se à carga máxima registrada no teste, medida em Newtons (N).

A: Corresponde à área da seção transversal do corpo de prova, em milímetros quadrados (mm²).

Realizamos ensaios em dois exemplares de teste para cada composição, todos possuindo dimensões de 10 x 20 centímetros e com uma idade de 8 e 28 dias.

2.4. FLEXÃO EM CORPO DE PROVA PRISMÁTICO

O teste de flexão em corpos de prova prismáticos foi conduzido conforme as diretrizes da ABNT NBR 12142:2010, utilizando a prensa hidráulica, bem como um dispositivo de flexão a quatro pontos incorporado na articulação da prensa.

Os corpos de prova foram submetidos ao teste logo após serem retirados do período de cura dentro de uma câmara úmida. Eles foram posicionados com as faces laterais em contato com o dispositivo de carregamento de carga. Essas faces laterais apresentam uma superfície mais uniforme em comparação com a face de fundo e a superfície de acabamento, independentemente da posição em que foram moldados. Isso assegura que a irregularidade da superfície não afete os resultados do teste. A disposição adequada do corpo de prova na prensa é demonstrada na Figura 9.



Figura 9: Prensa Utilizada

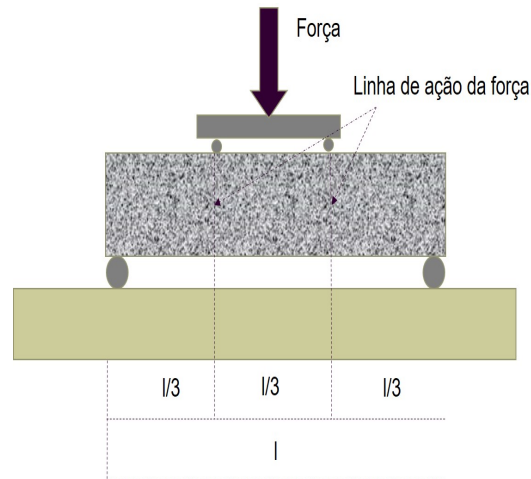


Figura 10: Diagrama esquemático de teste de flexão.
Fonte: Autor, 2023.

Após posicionar o corpo de prova de maneira apropriada nos apoios (conforme mostrado na Figura 9), o carregamento é iniciado, com a carga sendo gradualmente aplicada até que o corpo de prova alcance a sua ruptura (como representado na Figura 11).



Figura 11: Prisma ao final do ensaio.
Fonte: Autor, 2023.

No contexto deste estudo, foram produzidos dois corpos de prova para cada composição a ser investigada, apresentando dimensões de 15x15x50 cm. Esses corpos de prova foram submetidos a um período de cura de 8 e 28 dias e foram ensaiados quando atingiram uma idade de 28 dias.

O cálculo da resistência à tração na flexão, conforme estabelecido pela ABNT NBR 12142:2010, é influenciado pela localização da ruptura no corpo de

prova. Neste estudo, como as rupturas dos corpos de prova ocorreram nos terços médios da distância entre os apoios, a equação apropriada para o cálculo foi a seguinte:

$$R = \frac{P \times L}{B \times D^2}$$

Neste contexto:

R representa a resistência à tração na flexão (medida em MegaPascals, MPa).

P denota a carga máxima aplicada (expressa em Newtons, N)

L é a distância entre os pontos de apoio (medida em milímetros, mm).

B representa a largura média do corpo de prova na seção de ruptura (medida em milímetros, mm).

D indica a altura média do corpo de prova na seção de ruptura (medida em milímetros, mm).

3. RESULTADOS

3.1 ENSAIOS DE COMPRESSÃO AXIAL

Após romper todos os corpos de provas e fazer todas as análises de dados obtidos nos ensaios, tanto com as cargas atingidas na prensa e na análise visual notamos uma falha na mistura entre o concreto usinado e na fibra de polipropileno como mostra a figura 12. Nesse mesmo corpo de prova após atingir a carga de cisalhamento e a prensa dar o resultado a carga continuou sendo aplicada até o rompimento total do corpo de prova, assim mostrando a importância da homogeneidade na mistura tanto dos agregados quanto dos aditivos.

Assim, analisando os resultados com maior desvio padrão, nos testes feitos com os corpos de prova que foram adicionados fibra de vidro houve um ganho de resistência, mostrando um aumento de 1,32 TF. Nas fibras de polipropileno houve uma perda de resistência em relação a amostra de -3,04 TF.

Nas amostras de 28 dias, a resistência da fibra de vidro teve um desempenho significativo de 4,82 TF aumentando sua resistência à compressão e também ajudando a amostra a não abrir por completo. Já a fibra de polipropileno houve uma queda de resistência de -0,43 TF em relação a amostra base mostrando que a fibra macro deve ser melhor estudada para uso.

A discrepância nos resultados entre as fibras de vidro e polipropileno destaca a sensibilidade da mistura de concreto a diferentes aditivos. A figura 12 evidencia a importância da homogeneidade na composição, ressaltando a necessidade de uma distribuição uniforme das fibras para garantir a integridade estrutural.

Ao prolongar a aplicação de carga após atingir o ponto de cisalhamento, a resistência à ruptura total do corpo de prova revela insights valiosos sobre a durabilidade e tenacidade do material. Essa abordagem de teste prolongado oferece uma visão mais abrangente do desempenho sob condições extremas.

A análise dos resultados com desvio padrão mais significativo revela nuances importantes nos efeitos das fibras. O ganho de resistência observado com a adição de fibras de vidro sugere uma contribuição positiva para as propriedades mecânicas do concreto. Por outro lado, a perda de resistência nas amostras com fibras de polipropileno destaca a necessidade de ajustes na formulação para otimização.

Os testes realizados após 8 dias de cura em condições controladas proporcionam uma perspectiva inicial, indicando a necessidade de investigações mais longas para compreender completamente o desenvolvimento das propriedades ao longo do tempo. Esses resultados, portanto, fornecem uma base valiosa para futuras pesquisas e refinamento na formulação de concretos reforçados com fibras.



Figura 12: Rompimento total do corpo de prova com fibra de vidro. Fonte: Autor, 2023.



Figura 13: Rompimento total do corpo de prova com fibra de polipropileno. Fonte: Autor, 2023.

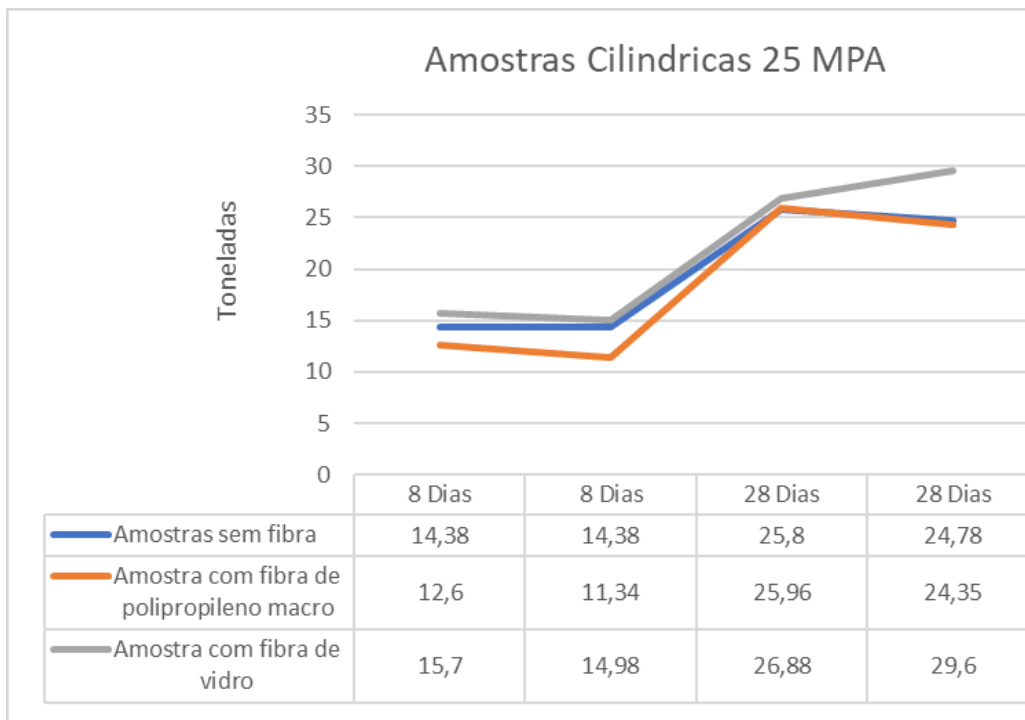


Figura 14: Rompimento total do corpo de prova com fibra de vidro. Fonte: Autor, 2023.

Desvio padrão amostra cilíndrica

Desvio Padrão 8 e Tonelada força	Amostra sem fibra	Polipropileno	Vidro
8 dias	0	1,4	0,8
28 dias	0	-0,43	4,82

3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

Na análise de resistência a flexão prismática, houve um ganho de resistência na utilização de ambas as fibras, com a adição de fibra de polipropileno em 8 dias o ganho foi de 1,4 TF no pior caso, referente a utilização da fibra de vidro no teste de 8 dias o ganho foi de 0,8 TF em relação ao concreto sem fibra utilizado de referência.

Nos testes de 28 dias o resultado apresentou-se com ganho nas fibras de vidro e com perda de resistência nas fibras de polipropileno. As amostras com fibras de polipropileno apresentaram uma resistência de -0,47 TF em relação a amostra, enquanto as fibras de vidros se comportam com um ganho de resistência de 0,49 TF.

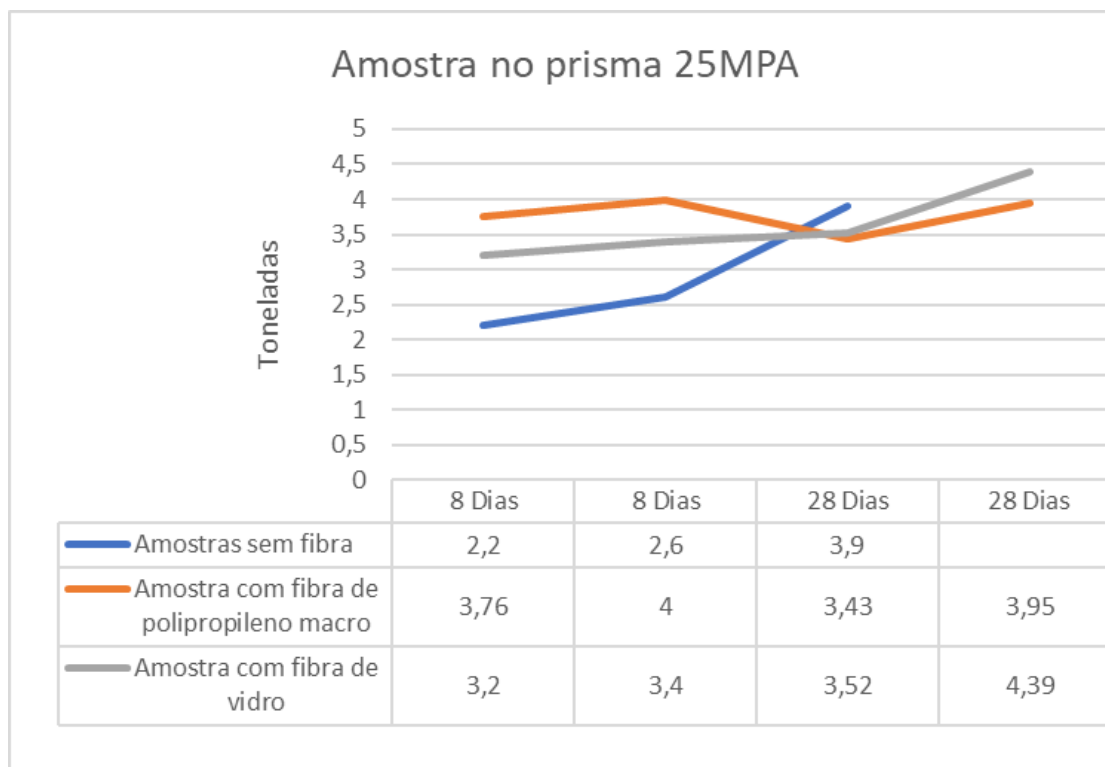


Figura 15: Rompimento total do corpo de prova com fibra de vidro. Fonte: Autor, 2023.

Desvio padrão amostra Prismática

Desvio Padrão Tonelada Força	Amostra sem fibra	Polipropileno	Vidro
8 Dias	0	1,4	0,8
28 dias	0	-0,47	0,49

CONCLUSÃO.

Os resultados desses ensaios de compressão axial revelam uma interação complexa entre as propriedades do concreto e a presença de diferentes fibras como aditivos. A evidente falha na mistura entre o concreto e a fibra de polipropileno aponta para a necessidade crítica de garantir uma distribuição homogênea dos aditivos, destacando a influência decisiva desse aspecto na integridade estrutural.

A extensão da carga aplicada além do ponto de cisalhamento demonstra a importância de compreender o comportamento do concreto sob condições extremas, oferecendo insights valiosos sobre a durabilidade e a capacidade de resistência do material em situações desafiadoras.

A análise dos resultados, especialmente em relação ao desvio padrão significativo, revela nuances cruciais na eficácia das fibras. Enquanto a adição de fibras de vidro resultou em um ganho de resistência, realçando sua contribuição positiva para as propriedades mecânicas do concreto, as fibras de polipropileno mostraram uma perda de resistência, indicando a necessidade de refinamentos na formulação para otimização futura.

Os testes realizados após um período de 8 dias de cura fornecem uma visão preliminar do desenvolvimento das propriedades, porém, sinalizam a importância de estudos mais abrangentes em períodos de tempo mais longos para uma compreensão completa do comportamento do concreto reforçado com fibras ao longo do tempo.

Esses resultados não apenas enfatizam a relevância crítica da qualidade da mistura e distribuição dos aditivos, mas também apontam para direções promissoras para aprimorar as propriedades do concreto, destacando a necessidade contínua de pesquisa e refinamento para a aplicação prática e eficaz desses materiais em contextos estruturais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

BERGONZI, Monica Bergonzi. **CONCRETO REFORÇADO COM USO DE FIBRA DE POLIPROPILENO E SÍLICA DE CASCA DE ARROZ.** 11/2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/fb995ed6-f528-4ffe-9b8d-345fc59c4b05/content> Acesso em: (06/11/2023).

BONIFÁCIO, Jéssica Spricigo Rocha. **ESTUDO DO EFEITO DAS FIBRAS DE VIDRO E POLIPROPILENO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO**. 02/2014. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/3028/1/J%C3%A9ssicaSpricigoRochaBonif%C3%A9cio.pdf>. Acesso em: (06/11/2023).

COUTO. **O CONCRETO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO**. 07/2013. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/552/566>. Acesso em: (15/11/2023).

Macrofibra do Brasil. **Ficha Técnica do Produto DURISTELL FF54**. 2022. Disponível em: <https://macrofibrado brasil.com.br/wp-content/uploads/2022/08/macrofibra-ficha-tecnica-DURISTELL-FF54.pdf>. Acesso em: (06/11/2023)

Macrofibra do Brasil. **Ficha Técnica do Produto DURISTELL FF54**. 2022. Disponível em: <https://macrofibrado brasil.com.br/wp-content/uploads/2022/08/microfibra-ficha-tecnica-FIBRALIT-AR.pdf>. Acesso em: (06/11/2023)

NBR 5738: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2003.

NBR 12142: Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão em corpos de prova prismáticos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.