

# CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA POLIMÉRICA RECICLADA PARA USO ALTERNATIVO DO CONCRETO CONVENCIONAL DE BAIXA RESISTÊNCIA\*

Romário de Jesus Santos<sup>1</sup>  
Elisnan Alves dos Santos<sup>2</sup>  
Mariana Pires Maria<sup>3</sup>  
Iris Sterfanie Santos<sup>4</sup>  
Vitor Alysson Menezes Pinto<sup>5</sup>  
Lana Laís Pereira da Cruz<sup>6</sup>

## Resumo

A preocupação com o ambiente, escassez de recursos naturais e descarte irregular de resíduos são eventos triviais no cenário mundial. Assim, a construção civil como campo de pesquisa e inovação busca a utilização de alternativas para inserção de materiais com livre descarte, cuja adição a sua composição confere melhoria nas propriedades mecânicas. A adição de fibras poliméricas recicladas oriundas de marcadores de quadro branco é uma variante que agregada melhoria no processo construtiva, redução de custo e redução de impacto ao ambiente. Desse modo, foram moldados corpos de prova de concreto com e sem adição de fibra reciclada de marcadores em laboratório com diferentes fatores água/cimento com o intuito de confrontar propriedades mecânicas. Os resultados apontam aumento da resistência a compressão com a utilização de fibras recicladas e significativa redução de fissuras na superfície do concreto, atentando-se ao fator água/cimento utilizado, pois ele interferiu na ligação matriz cimentícia e fibra quando o teor de água foi mais elevado.

**Palavras-chave:** Concreto com fibra; Fibra reciclada; Sustentabilidade.

## REINFORCED CONCRETE WITH POLYMERIC FIBER RECYCLED FOR ALTERNATIVE USE OF THE CONVENTIONAL CONCRETE OF LOW RESISTANCE Abstract

Concern about the environment, scarcity of natural resources and irregular waste disposal are trivial events on the world stage. Thus, civil construction as a field of research and innovation seeks the use of alternatives for the insertion of materials with freedom of expression, with its addition to its composition, confers to the improvement in mechanical properties. The addition of recycled polymer fibers from whiteboard markers is a variant that aggregates improvement in the constructive process, cost reduction, and reduced impact to the environment. In this way, concrete specimens with and without recycled fiber of laboratory markers were molded with different water / cement factors with the intuition of comparing mechanical properties. The results indicate an increase in the compressive strength with the use of recycled fibers and a significant reduction of cracks in the concrete surface, considering the water / cement factor used, because it interfered in the cement matrix bond and fiber when the water content was higher high.

**Keywords:** Concrete with fiber; Recycled fiber; Sustainability.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia de Processos, Professor núcleo de Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo, Aracaju, Sergipe, Brasil.

<sup>2</sup> Engenharia Civil, graduanda, núcleo de Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo, Aracaju, Sergipe, Brasil.

<sup>3</sup> Engenharia Civil, graduanda, núcleo de Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo, Aracaju, Sergipe, Brasil.

<sup>4</sup> Engenharia Civil, Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, Brasil.

<sup>5</sup> Engenharia Civil, graduando, núcleo de Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo, Aracaju, Sergipe, Brasil.

<sup>6</sup> Engenharia Civil, núcleo de Engenharia Civil, Faculdade Pio Décimo, Aracaju, Sergipe, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

O tema sustentabilidade tem sido debatido desde a década de 60 com o objetivo de preservar o meio ambiente por meio da utilização consciente de matérias-primas não renováveis e sua substituição por fontes renováveis. Contudo, o consumismo na sociedade moderna cresce de modo que o planeta custa a conseguir sustentar. A indústria da construção civil está nesse cenário, consumindo até 75% do total de recursos naturais utilizados pelo homem [1]. Desse modo, com o intuito de atingir as metas da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável pesquisas estão sendo desenvolvidas com enfoque na aplicação de resíduos em produtos de construção [2].

O concreto é o material de construção mais consumido [3]. O concreto pode ser classificado baseando-se na resistência a compressão aos 28 dias como concreto de baixa resistência (menos de 20 MPa), resistência moderada (20 a 40 MPa) e alta resistência (acima de 60 MPa) [4]. A composição do concreto é basicamente pasta de cimento e água e agregado graúdo e miúdo, como areia e brita. Ele ainda pode conter adições como cinza volante, pozolanas e sílica ativa e aditivos químicos, com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas [5].

Os tipos de concreto podem variar de acordo com a adição de materiais a sua composição básica. De acordo com a NBR 6118:2014 [6] eles são denominados especificamente pelo nome, como por exemplo, concreto com cimento expansivo, concreto modificado com látex, concreto contendo polímeros, concreto massa e concreto reforçado com fibras, naturais ou sintéticas. Esses materiais adicionados a composição do concreto tem o objetivo de melhorar as suas propriedades, visto que o concreto é um material frágil com baixa capacidade de deformação e rápida propagação de trincas quando submetido a tensões de tração [7].

Nesse contexto, a presença das fibras dispersas na matriz cimentícia resulta em ganho de resistência à tração, maior capacidade de deformação e aumento da tenacidade [8]. Outras propriedades mecânicas como resistência ao impacto, resistência a flexão e do módulo de ruptura também são afetadas pela adição de fibras [9]. As fibras são consideradas partículas reforçadoras da matriz de cimento quando proporcionam maior capacidade de deformação na ruptura e maior resistência à tração que a matriz de concreto convencional [10].

O mecanismo de interação fibra-matriz de concreto está relacionado a ponte de transferência de tensões, a qual aumenta a energia associada a ruptura do material e à restrição à propagação de fissuras. No concreto sem fibras as fissuras propagam-se no compósito, excedendo as tensões que a matriz pode resistir, resultando em ruptura abrupta do material, característico de material frágil [4].

As fibras podem ser incorporadas ao concreto na forma de tecidos ou de forma dispersas na matriz, sendo essa última forma considerada mais evidente por razões econômicas [7]. As fibras podem ser classificadas como de aço, vidro, polimérica, sintética e natural [3] [7]. A fibra mais utilizada no concreto é a de aço, porém ela está suscetível a corrosão [3] [7]. Desse modo, de fibras poliméricas passam a ser alternativas para uso, sendo geralmente utilizadas como reforço secundário no concreto [7].

O reforço de concreto com fibras não é uma técnica inovadora, mas nos últimos anos novos tipos de fibras foram examinados e investigada suas aplicações em concreto [2]. Estudos com uso de resíduos de pneus e seus constituintes (aço e fibras poliméricas), por exemplo, passou a ser cada vez mais estudado recentemente como tecnologia na produção de concreto [2]. Dentre as fibras poliméricas, a fibra de polipropileno é uma das mais utilizadas na indústria devido a seu baixo peso, baixa absorção de água, bom isolamento térmico e resistência química [ 11].

A adição da fibra de polipropileno no concreto tem sido aplicada em diversas áreas da construção, como em concreto para túneis, lajes, pontes, tubos de concreto, pavimentação e trabalhos de reparo e reabilitação [11]. O concreto reforçado com fibras de polipropileno confere ao concreto boa resistência a tração, flexão, tenacidade e absorção de carga, além de melhorar o controle de fissuras [11]. Dentro desse cenário, e reforçando o critério de sustentabilidade, que o presente trabalho busca utilizar fibras provenientes de marcadores para quadro branco para melhoria nas características e propriedades do concreto de baixa resistência.

A adição da fibra pode vir a contribuir para melhoria na resistência à tração, minimizar o aparecimento de fissuras originadas pela retração plástica do concreto e melhorar resistência a compressão. Assim, o presente trabalho tem por objetivo comparar o concreto com adição de fibra polipropileno reciclada e o concreto convencional sem adição de fibras, através de ensaio mecânico de resistência a compressão com modificação na relação água/cimento para comparar a sua influência nas propriedades mecânicas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

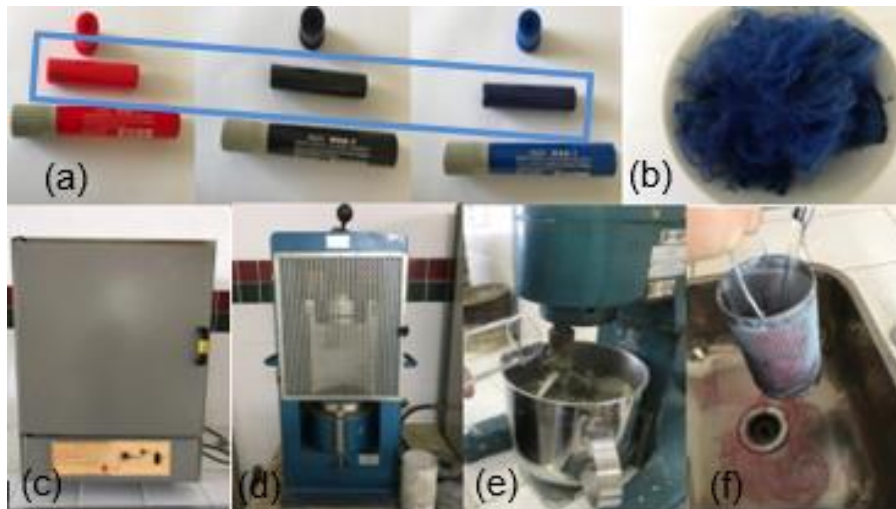
A pesquisa tem caráter descritivo e parte de uma abordagem quanti-qualitativa, na comparação de características do concreto convencional e concreto com adição de fibras poliméricas de polipropileno. O estudo foi desenvolvido em laboratório com a formação de 12 corpos de prova de concreto: seis com adição de fibra e sem adição de fibra. O traço foi 1:2,85:3,15 de acordo com estudos com adição de fibra em concreto convencional desenvolvidos por Bonifácio [12], porém com teor de água distinto (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características das misturas de concreto

Material	Fator a/c 01 (g)	Fator a/c 02 (g)	Fator a/c 03 (g)
Cimento	1160	1160	1160
Areia	3306,5	3306,5	3306,5
Brita	3654,5	3654,5	3654,5
Água	650 ml	800 ml	950 ml
Fibras	15,75	15,75	15,75
Quantidade de CPs cilíndricos (10x20cm)	CP1e CP2 CP7 e CP8	CP3 e CP4 CP9 e CP10	CP5 e CP6 CP 11 e CP12

O teor de água foi modificado a fim de obter diferentes relação água/cimento (a/c). Os valores de a/c obtidos foi de 0,56; 0,69 e 0,82 e a adição de fibra foi 15,75 g. As fibras poliméricas utilizadas foram oriundas de cápsulas do Pincel WBM-7 para quadro branco (a) e os equipamentos utilizados para confecção das amostras foram

almofariz (b), estufa da marca QUIMIS (c), prensa hidráulica de 3000 kN (d), argamassadeira (e) e frasco peneira (f) (Figura 1).

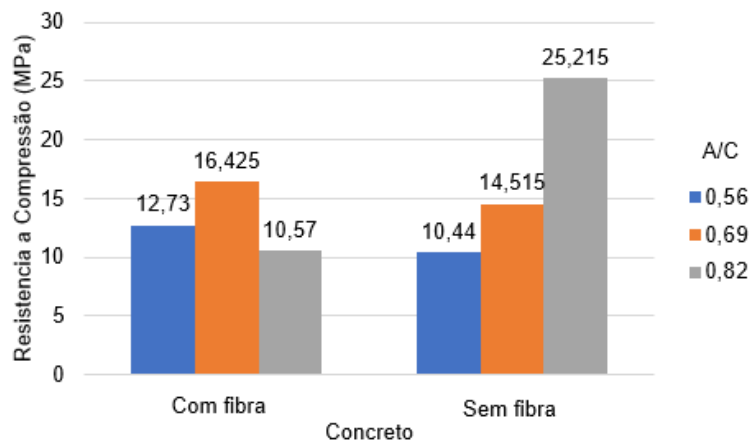


**Figura 1.** Materiais e equipamentos para confecção dos corpos de prova de concreto com e sem fibra polimérica

As fibras foram retiradas da cápsula, colocadas no frasco peneira e lavadas em água corrente por 2 minutos para retirar o excesso de tinta inserida no pincel. As fibras foram secas em estufa com temperatura de 105 a 110°C por 24 horas. A matriz e as fibras foram lançadas na argamassadeira, misturados por dois minutos até a sua homogeneização. Posteriormente foi adicionado a brita com o auxílio de uma espátula de aço para melhor homogeneização.

A mistura do compósito reforçado com fibra foi adicionada em cilindro metálico de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura até a metade, aplicado 12 golpes com a haste metálica e logo após preenchido totalmente e aplicado mais 12 golpes com regularização no topo e reservado por 24 horas. Após as 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados. A cura foi alcançada por meio da imersão dos corpos de prova em um reservatório com água por 28 dias e então, rompidos seguindo a NBR 5739:1994 [13].

De acordo com os resultados de compressão pode-se observar que a adição da fibra interferiu na resistência a compressão em função da relação água/cimento utilizada no traço. Para a relação a/c de 0,56 e 0,69, a adição de fibra no concreto contribuiu para o ganho de resistência, acrescentando 21,93% e 13,15%, respectivamente (Figura 2).



**Figura 2.** Resistência a compressão de concreto com e sem fibra em contraste com o fator água/cimento

A relação a/c de 0,82 contribuiu negativamente para a resistência quando adicionado fibra ao concreto, reduzindo 58% da resistência a compressão em relação ao concreto convencional. No traço com a/c de 0,82, a resistência do concreto com fibras foi menor pode ser explicado pelo excesso de água inserida no concreto, fazendo com que as fibras não interagissem com a matriz cimentícia. O aumento da resistência à compressão devido às fibras não passa de cerca de 25%, para volumes de fibra de até 2,0%. Considerando os resultados obtidos do ensaio, pode concluir que um volume excedente de água influencia negativamente, comprometendo as propriedades mecânicas, reduzindo a resistência à compressão do concreto com fibras [14].

Os estudos sobre concretos com fibras mostram que para os volumes de fibras usualmente utilizados (menores de 2%), o comportamento à compressão não é tão alterado quanto a tração e flexão [8]. Maiores volumes de fibras podem resultar tanto em acréscimo quanto em decréscimo na resistência. A aplicação das fibras poliméricas recicladas extraídas dos pinceis para quadro branco se mostrou eficaz para o concreto, desde que a dosagem não ultrapasse relação de água/cimento de 0,69. Caso seja necessário concreto com maior fluidez o concreto convencional será a opção viável, pois apresenta maiores resistências.

Quando analisado as fissuras durante a compressão dos corpos de prova com e sem adição de fibra foi evidente que o concreto reforçado com fibras apresentou comportamento satisfatório, com redução de fissuras na superfície da amostra (Figura 3). As fibras assumiram o papel de ponte de transferência de tensões, tornando o material pseudúctil, conferindo capacidade resistente a fissuração, diminuindo a propagação das fissuras [4].





**Figura 3.** Corpo de prova reforçado com fibras após o rompimento (a) e corpo de prova de concreto convencional após o rompimento (b)

O concreto convencional é um material frágil, rompendo de forma abrupta quando assume cargas maiores que pode suportar. Quando é adicionado fibras em sua composição, mesmo reaproveitadas como o estudo em questão, é conferido ao concreto característica pseudodúctil. As fissuras surgem, porém de forma diminuta e em comparação ao concreto convencional. A presença de fibras na matriz cimentícia promove ganho de resistência à tração, maior capacidade de deformação e aumento de tenacidade [8].

### 3 CONCLUSÃO

O presente estudo trouxe a utilização de fibras poliméricas recicladas como alternativa a confecção de concreto reforçado e sustentável. O impacto das fibras recicladas nas propriedades mecânicas do concreto resultou, de modo geral, em aumento da resistência a compressão. O concreto com fator água/cimento de 0,56 obteve o maior aumento percentual de resistência quando comparado ao concreto convencional, com 21,93%. Entretanto, o maior desempenho mecânico foi observado quando utilizado o traço com relação água/cimento de 0,69. Desse modo, a utilização de fibras poliméricas recicladas a partir de cápsulas de marcadores de quadro branco pode ser empregada quando se pretende moldar elementos em concreto sem função estrutural, conferindo maior resistência a compressão e resistente a fissuração. Para novos estudos é indicado analisar a viabilidade econômica do produto e surgimento de manifestações patológicas em função do tempo e das condições ambientais, bem como realização de ensaios de tração e fadiga.

### REFERÊNCIAS

- 1 Ribeiro DV., Morelli MR. Resíduos Sólidos: problema ou oportunidade? Rio de Janeiro: Interciência; 2009.
- 2 Baričević A, Jelčić MR, Pezer M, Štirmer Nina. Influence of recycled tire polymer fibers on concrete properties. *Cement and Concrete Composites*. 2018; 91:29-41.
- 3 Islam MS, Ahmed SJU . Influence of jute fiber on concrete properties. *Construction and Building Materials*. 2018; 189:768-776.
- 4 Figueiredo AD de. Concreto reforçado com fibras. Tese. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

- 5 Couto JAS, Carminatti RL, Nunes RRA, Moura RCA. O concreto como material de construção. Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas. Sergipe; 2013; 1(17): 49-58.
- 6 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.
- 7 Castoldia RdeS, Souza LMS de, Silva FdeA. Comparative study on the mechanical behavior and durability of polypropylene and sisal fiber reinforced concretes. Construction and Building Materials. 2019; 211: 617-628.
- 8 Bentur A, Mindess S. Fibre reinforced cementitious composites. London e New York: Elsevier Applied Science, 1990.
- 9 Choy T, Yuan RL. Experimental relationship between splitting tensile strength and compressive strength of GFRC and PFRC. Cement and Concrete Research. 2005; 35:1587–1591.
- 10 Metha, PK, Monteiro, PJM. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini; 1994.
- 11 Qin Y, Zhang X, Chi J, Xu Z, Li S. Experimental study of compressive behavior of polypropylene-fiber-reinforced and polypropylene-fiber-fabric-reinforced concrete. Construction and Building Materials. 2019; 194: 216-225.
- 12 Bonifácio JS da R, Godinho DSS. Estudo do efeito das fibras de vidro e polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto. Trabalho de Conclusão de Curso. UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Santa Catarina; 2014.
- 13 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5739:1994: Concreto – Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos;
- 14 Balaguru PN, Shah SP. Fiber Reinforced Cement Composites. Mc Graw Hill International Editions.1992.