



ITTI

Relatório: Ensaaios de Vigas com BFRC



*Engenheiro Civil Mauro Lacerda Santos
Filho, Ph.D.*

Ensaio de Vigas com BFRC

Relatório Técnico

Introdução

Este documento vai se apresentar o relatório dos ensaios estruturais de vigas de pequeno porte (denominadas vigas BFRC) reforçadas com barras de compósitos feita com fibra de basalto, material de resíduo de mineração, manufaturadas em indústria.

O objetivo maior é fazer a comparação entre essas vigas BFRC e vigas normais, utilizando concreto convencional e devidamente armadas com gaiolas de aço CA-50 estrutura. Nesta situação os ensaios foram realizados no LAME – Laboratório de Materiais e Estrutura, da Universidade Federal do Paraná, atualmente sendo concedidos ao Instituto LACTEC, utilizando a máquina universal de ensaios ZD-100, com capacidade de 1000 kN.

O porte da máquina, e tendo em vista o interesse inicial na análise do comportamento estrutural de forma comparativa, portanto trazendo maior valor aos resultados qualitativos, obrigou a execução de vigas de pequeno porte, com manuseio mais simples. Isto caracteriza o ensaio com uma propensão grande do comportamento da viga ser estabelecido ao cisalhamento. Desta forma, observa-se que o concreto acaba sendo o elemento mais frágil, devendo acontecer então uma ruptura neste material, na maioria dos espécimes, o que realmente ocorreu.

Os ensaios foram realizados, lembrando que as informações mais específicas sobre o produto utilizado (BF) foram fornecidas pelo fabricante em abundante material de consulta disponibilizado.

Metodologia de Ensaio

Para a realização dos processos comparativos entre a viga convencional, e a viga estruturada utilizando BFRC, o dimensionamento foi realizado considerando que máquina universal de ensaios que foi utilizada permite sem grandes modificações peças de até 100 cm de comprimento. Para acomodar esta medida de vão, e evitando a adoção de seções transversais muito robustas, o que poderia causar rupturas catastróficas na seção de concreto devido à fragilidade deste material, optou-se por escolher uma seção de porte

reduzido. Esta situação trouxe a maior chance do evento de colapso ocorrer por cisalhamento, e ainda dificultou a análise de deslocamentos e deformações da viga, uma vez que a sensibilidade da estrutura à essas deformações verticais fica empanada, e a ruptura tende a ser frágil. Mesmo assim os resultados puderam mostrar uma certa compatibilidade com o que se esperava.

Os detalhes das vigas a serem ensaiadas estão a seguir em croquis:

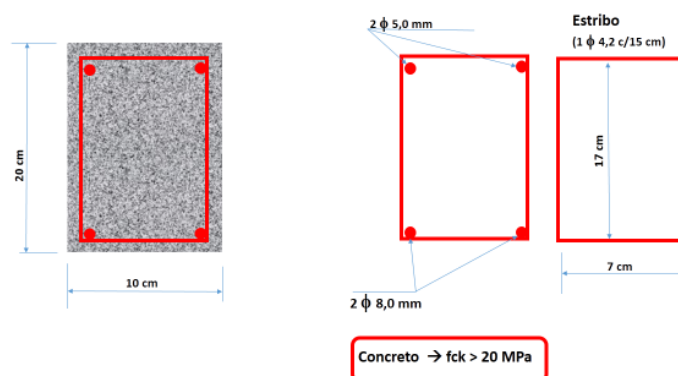


Figura 1: detalhe da viga reforçada em aço(corte transversal))

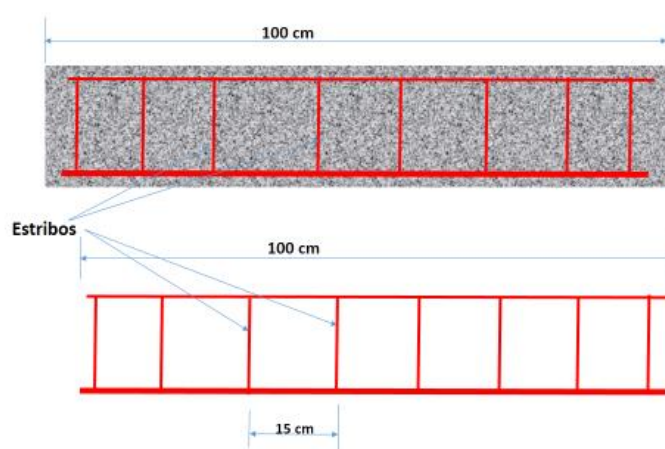


Figura 2: detalhe da viga reforçada em aço(corte longitudinal)

Foram executadas 4 vigas em concreto armado convencional e 4 vigas com BFRC, para possibilitar uma condição de comparação entre os dois materiais.

Como já explanado, as dimensões apresentadas se coadunam com a exequibilidade dos ensaios a partir da definição da máquina de ensaio. Os dados do concreto utilizado, considerando a sua tensão característica de compressão (f_{ck}) superior a 20 Mpa, estão

disponibilizados nos relatórios do LACTEC, e estão disponibilizados para consulta posterior, mas não foram anexados neste estudo.

O esquema do ensaio pode ser visto:



Figura 3: esquema dos ensaios em laboratório.

A leitura das deformações (deslocamento) foi feita por defletômetros mecânicos, posicionados próximos ao centro e quartos de vão das viga, acompanhando o comportamento da estrutura até o final. Na situação de ruptura esses aparelhos eram retirados para evitar danos.



Figura 4: esquema dos ensaios em laboratório.



Figura 5: esquema dos ensaios em laboratório.

As cargas foram aplicadas de maneira pausada, possibilitando o acompanhamento do comportamento estrutural das vigas, incluindo a abertura de fissuras, a plastificação do concreto na região das bielas de compressão.

Como observação cita-se que duas vigas (uma de cada tipo) foram rompidas em condição não ideal, com o concreto ainda em fase de endurecimento, para mapear o comportamento das mesmas em ensaio. Estes resultados foram mostrados em seminários, sendo sensivelmente menores do que os obtidos nos ensaios reais considerados. Estes dois resultados foram descartados.



Figura 6: posicionamento do equipamento de leitura de deslocamentos verticais..



Figura 7: detalhe da máquina universal de ensaios – ZD-100.

Resultados

Como resultados vão ser mostrados os gráficos comparativos entre os dois tipos de curvas, tomando-se o seu valor médio considerado. Os resultados são:

Resultados para as vigas de Concreto Convencional:

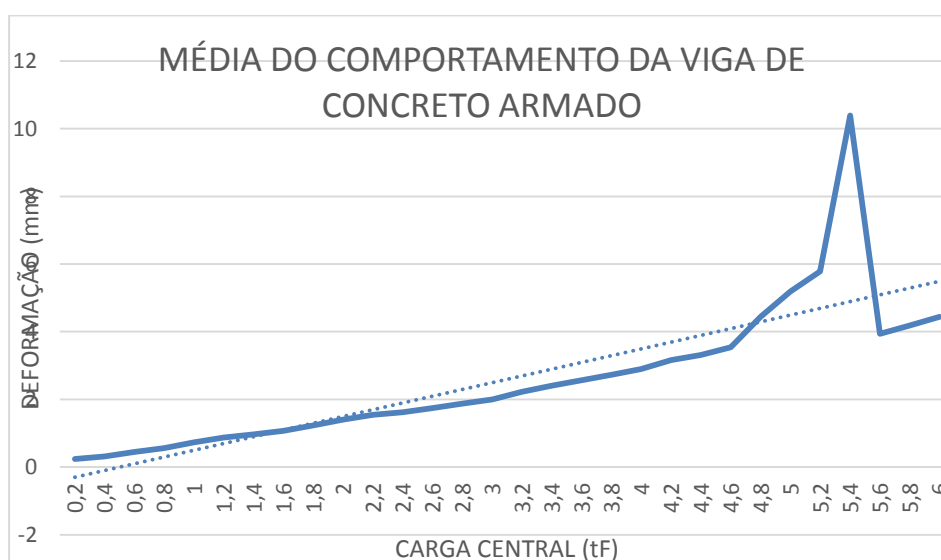


Figura 8: Resultados médios de deslocamentos para a viga reforçada em armadura de aço.

Resultados para as vigas utilizando o BFRC como armadura de reforço:

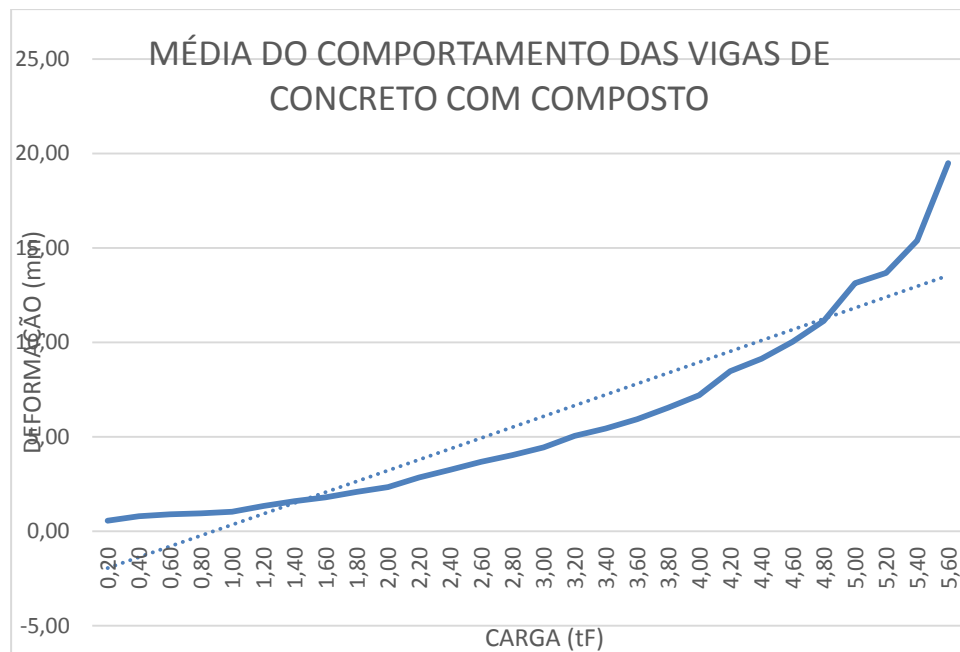


Figura 9: Resultados médios de deslocamentos para a viga reforçada em armadura de compósitos (BRFC).

Como pode ser verificados nos resultados, a carga máxima do ensaio obtida foi similar tanto para o caso das vigas em Concreto Convencional, como para as vigas reforçadas com o material compósitos.

Os resultados médios comparativos entre os dois tipos de vigas podem ser vistos abaixo:

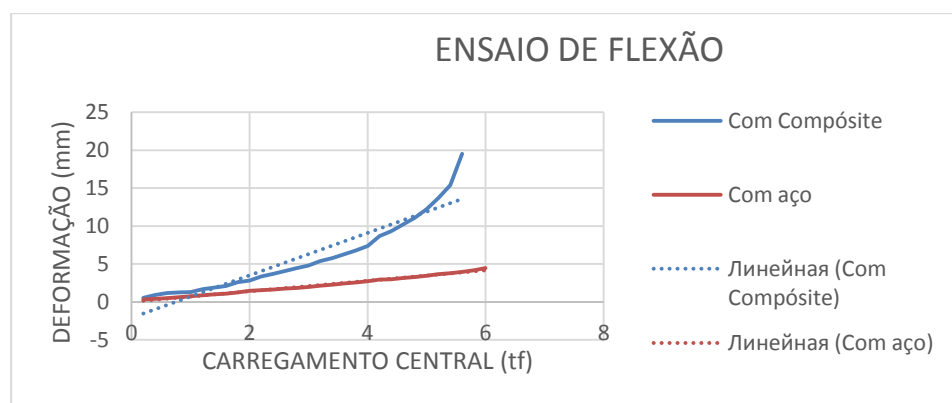


Figura 10: Resultados médios comparativos de deslocamentos verticais para os dois tipos de vigas.

A comparação dos resultados mostra um comportamento bastante similar entre as duas situações de reforço das vigas de concreto. O fato do ensaio ter sido realizado em um

equipamento que limitou o comprimento das peças trouxe para o evento a ruptura acontecendo na biela de compressão do concreto, o que ocorreu em ambas as opções.

Foi notada em ambos os casos um escorregamento da armadura devido às dimensões das peças e do tipo de carregamento. O resultado mostrando uma maior sensibilidade da viga com BFRC para deslocamento ocorre exatamente pela maior amplitude desse escorregamento, pois a aderência entre os materiais é menor do que na solução convencional.

Relatório Fotográfico

Para o caso da viga reforçada de armadura convencional o escorregamento indicado apareceu como pode ser visto no detalhe do escorregamento da. Observar que o estribo também perdeu a aderência.



Figura 11: Esmagamento do concreto e escorregamento da armadura na viga convencional. Pode ser indicado também a ruptura por esmagamento na biela comprimida como o esperado pela situação do ensaio.



Figura 12: Ruptura na biela comprimida devido ao cisalhamento (caso da viga curta)



Figura 13: Ruptura na biela comprimida devido ao cisalhamento (caso da viga curta)

Para o caso das vigas armadas com BFRC, o comportamento foi similar, aonde no caso tem-se:



Figura 13: Ruptura na biela comprimida devido ao cisalhamento (caso da viga curta)



Figura 14: Detalhe da ruptura na biela comprimida devido ao cisalhamento (caso da viga curta):



Figura 15: Rompimento da armadura de BRFC (quebra) devido ao cisalhamento.

Conclusão

Pela análise dos resultados desta primeira leva de ensaios envolvendo a comparação entre as vigas de concreto armado, executadas com armadura convencional e as vigas de concreto armado executadas com a armadura de reforço com compósitos, as seguintes conclusões podem ser tiradas:

1. o comportamento das duas vigas foi similar, dado as características dos ensaios realizados. Naquilo que foi executado percebeu-se que os compósitos (BRFC) tiveram o mesmo comportamento que a armadura convencional.
2. as cargas de ruptura final, dependentes da resistência do concreto foram praticamente iguais, como era esperado. Em um caso detectou-se um escorregamento na armadura de compósitos, o que na média aumentou a deformação das vigas. O escorregamento facilitou esta deslocabilidade, sendo que pode se citar a insuficiência de ancoragem na gaiola detalhada para o ensaio.
3. a ruptura do estribo nas duas vigas consolida o entendimento que as vigas foram solicitadas principalmente ao cisalhamento, e a ruptura em todos os casos se deu principalmente pelo esmagamento na biela comprimida do concreto.

Considerando que o objetivo inicial do estudo era a análise comparativa entre as duas soluções, os resultados mostram que é totalmente possível em casos cotidianos a substituição da gaiola de armadura de aço convencional por uma gaiola feita por

elementos de compósitos (no caso BFRC), sem perda de resistência no elemento estrutural.

Como outros ensaios serão realizados, a vantagem do compósito em relação à durabilidade do elemento estrutural, uma vez que este tipo de solução não está sujeito à corrosão, portanto podendo trazer seções mais esbeltas (menores cobrimentos), e ainda com peso menor pode até ser mais eficiente em sua alternativa, valendo a pena ser considerada em projeto.

O fato que o BFRC será executado utilizando resíduos de mineração, ainda pode trazer ganhos significativos de sustentabilidade, uma vez que esses resíduos são trabalhosos de lida, e tem custo de manejo alto. A sua utilização dessa maneira altamente tecnológica é benéfica ao ambiente, e eficaz estruturalmente.

Responsável Técnico

Professor Mauro Lacerda Santos Filho, Ph.D.

Engenheiro Civil – CREA 8043-D

Professor Titular – UFPR

E-Mail: maurolacerda1982@gmail.com

Telefone: (41) 3352-3166

Curitiba, outubro de 2018