



## **ANALISE COMPUTACIONAL DE VIGAS RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO REFORÇADA AO CISALHAMENTO COM PRFC**

Maicon de Freitas Arcine (PIC/UEM), Nara Villanova Menon (Orientador), e-mail: nvmenon@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia, PR.

**Área em Estruturas da Engenharia Civil e subárea em Estruturas de concreto**

**Palavras-chave:** Reforço, fibra de carbono (PRFC), análise computacional

### **Resumo:**

Estudo realizado sobre reforços em vigas de concreto armado vem sendo cada vez mais abrangente, visto que os processos de deterioração que ocorrem nas edificações são cada vez maiores havendo a necessidade de se estudar novas técnicas de reforço ou reabilitação da estrutura.

Desde o advento do concreto, diversas metodologias de reabilitação estrutural vêm sendo desenvolvidas e aplicadas, tornando-se cada vez mais sofisticadas. Pode-se citar como uma destas novas técnicas um reforço que utiliza polímeros reforçados com fibra de carbono a indústria.

Este estudo tem por objetivo explorar as principais implicações estruturais da aplicação dos compósitos de fibra de carbono no reforço externo de concreto armado, comparando resultados obtidos por Menon (2008) na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC com a aplicação do software SIMULIA ABAQUS 6.12 e SAP2000 V15. Os resultados obtidos foram satisfatórios comprovando a análise experimental.

### **Introdução**

Uma estrutura de concreto armado, durante sua vida útil, deve satisfazer diversos requisitos os quais podem não ser totalmente conhecidos na fase de execução do projeto. Com isto, durante a sua vida útil, pode requerer reforço estrutural por algumas das seguintes razões: incremento de carga, danos de partes estruturais (envelhecimento da construção, danos causados





por incêndios, corrosão da armadura, impacto de veículos, etc.). Estas estruturas de concreto são amplamente utilizadas por serem mais baratas do que os outros tipos de estrutura, isso pode ser notado nitidamente nas construções brasileiras, visto que a grande maioria das obras de engenharia civil ocorre utilizando o concreto armado. Assim, os escritórios de cálculo, cada vez mais, utilizam programas específicos para esta área da engenharia, um exemplo é o método dos elementos finitos, nos quais os softwares como o SIMULIA ABAQUS 6.12 e o SAP2000 V15 utiliza o MEF (método dos elementos finitos) como base para seus cálculos.

Assim, o referido trabalho tem como tema a análise computacional de vigas retangulares sujeitas ao cisalhamento reforçadas com fibra de carbono.

## **Materiais e métodos**

Para avaliação dos modelos, foi tomada como base um estudo realizado por Menon (2008) na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na qual foi modelada uma viga em concreto armado e posteriormente reforçada com compósitos de fibra de carbono dispostas em U. A viga ensaiada experimentalmente atingiu o colapso aos 77,71 kN e o deslocamento encontrado sob a carga aplicada foi de aproximadamente 1,11 cm. A carga a ser utilizada na análise será de 18kN com um respectivo deslocamento no ponto de aplicação da carga de aproximadamente 0,1cm (1mm).

A modelagem foi realizada utilizando o Software de elementos finitos SIMULIA ABAQUS 6.12. Para a modelagem foi utilizado o material de conceitos básicos do Abaqus proposto por Verissimo (2006). Os dados e considerações obtidos para a modelagem dos materiais foram encontrados em ACI 440.2R-02. Devido às dificuldades de se modelar a viga em regime plástico, a mesma foi estudada ainda em regime elástico, pois se trata apenas de um estudo preliminar de uma viga reforçada.

## **Resultados e Discussão**

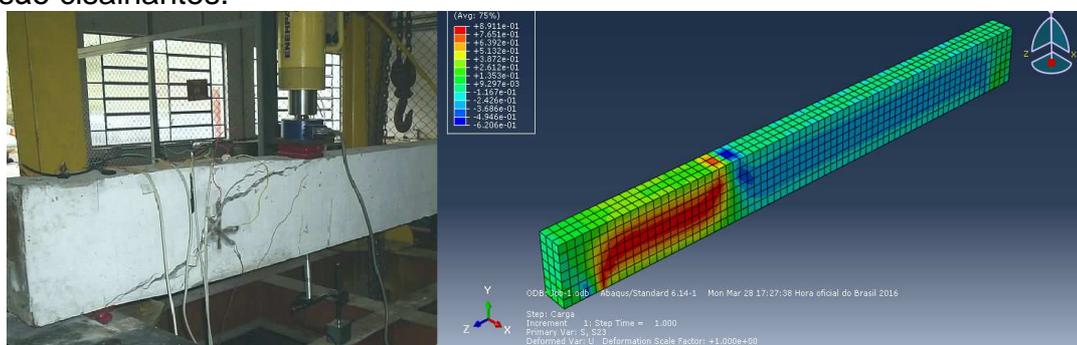
A seguir estão os resultados obtidos de acordo com a modelagem realizada pelo software SIMULIA ABAQUS 6.12. A princípio avaliou-se o deslocamento no ponto de aplicação da carga e ao redor do mesmo, com a finalidade de se observar a proximidade dos resultados com a realidade.

A viga modelada sofreu um deslocamento de aproximadamente 0,65mm o que demonstra coerência com o 1mm ocorrido na viga real. Este resultado foi considerado aceitável, visto a dificuldade da modelagem de uma viga real



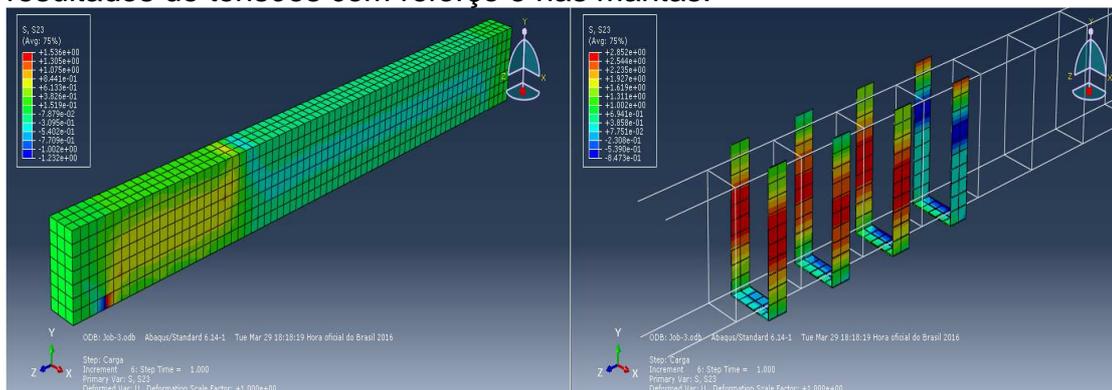


em um modelo computacional, além de várias outras características que foram adotadas, não correspondendo exatamente a situação real. Como este trabalho tem por finalidade o estudo do cisalhamento na viga, a seguir será apresentado as tensões encontradas ao longo de toda a viga modelada e, de acordo com a figura 1, as tensões referentes ao plano S23 são cisalhantes.



**Figura 1 – Ruptura da viga referência e diagrama S23.**

Como se pode perceber, a figura 1 retrata o cisalhamento no plano YZ (23). Ainda na figura 1, representa a viga experimental se rompendo, formando uma fissuração na região da biela de compressão analisada anteriormente. Este será o local onde serão coladas as mantas de CFRP com a finalidade de se absorver as tensões de cisalhamento. A viga ensaiada foi reforçada e novamente ensaiada, assim os resultados a seguir mostram os diagramas de tensões no concreto e na fibra. Na sequência, a figura 2 apresenta os resultados de tensões com reforço e nas mantas.



**Figura 2 – Diagrama de tensões 23 com reforço e nas mantas.**





## Conclusões

Conclui-se que o estudo sobre reforço de vigas de concreto ao cisalhamento com mantas de fibras de carbono tem grande importância e são necessários para se estabelecer a melhor localização das mantas de CFRP no concreto, evitando assim possíveis descolamentos da manta e por consequência uma diminuição das tensões de cisalhamento requerida.

Com relação à modelagem, encontrou-se o esperado, pois com o reforço as tensões na biela de compressão diminuíram satisfatoriamente. O programa ABAQUS se mostrou ser bastante complexo quando se trata de modelagem em concreto, pois este material está se interagindo com o aço e com o CFRP de várias formas, sendo necessário adotar várias situações mais simples que não condizem exatamente com a realidade.

## Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. A minha orientadora Nara Villanova Menon, pelo suporte pelas suas correções e incentivos. E a todos que me auxiliaram de alguma forma durante o projeto.

## Referências

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 440.2R-02 – **Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures**. Farmington Hills, MI, USA, 2008.

BEBER, A.J. **Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçadas com Compósitos de Fibra de Carbono**. 2008. 317f. Tese Doutorado em Estruturas 317f. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 2008.

MENON, N.V. **Estudo Experimental de Sistemas de Reforço ao Cisalhamento em Vigas de Concreto Armado Utilizando-se Polímero Reforçado com Fibras de Carbono (CFRP)**. 2008. 327f. Tese Doutorado em Estruturas. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2008.

