



## **ANÁLISE NUMÉRICA DE PILARES FEITOS COM CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA SUBMETIDOS À COMPRESSÃO CENTRADA**

Guilherme Sanches de Arruda Venci (PIBIC/CNPq/Uem), Romel Dias Vanderlei (Orientador), e-mail: rdvanderlei@uem.br

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento: Engenharia Civil / Estruturas**

**Palavras-chave:** Pilar, Concreto de alta resistência, Abaqus.

### **Resumo:**

Os pilares se destacam no estudo da aplicação de concreto de alto desempenho, pois são elementos estruturais utilizados para transpor as ações dos pavimentos das estruturas para as fundações, solicitadas basicamente a tensões normais de compressão, sob a ação de força centrada ou excêntrica. O cálculo de pilares abrange uma teoria que envolve os mais diversos tópicos da Engenharia de Materiais e Estruturas, tais como: análise não-linear, estabilidade global, dimensionamento de seções de concreto armado, técnicas de detalhamento de armaduras, etc. Com a atualização da NBR 6118:2014, onde permite-se o dimensionamento de pilares com concreto da Classe II (C55 – C90), inúmeras dúvidas a respeito do cálculo de pilares surgiram no meio técnico profissional. Este trabalho pretende fazer a modelagem numérica de pilares feitos com concreto de alta resistência submetidos compressão centrada, utilizando para isso um programa computacional que utilize o método dos elementos finitos. A modelagem numérica a ser implementada neste trabalho será realizada com o software ABAQUS/CAE e visa prever os esforços resistentes e deformações de pilares feitos com CAR (Concreto de Alta Resistencia) e submetidos à compressão centrada, e terá como modelo experimental de referência os ensaios realizados por Torrico (2010).

### **Introdução**

O conceito de Concreto de Alto Desempenho (CAD) tem variado ao longo dos anos, sendo que uma de suas modalidades é o Concreto de Alta Resistencia (CAR). Nos Estados Unidos e países da Europa, considera-se um concreto como de alta resistência se esse apresentar uma resistência característica à compressão entre 40MPa e 85MPa. No Brasil, conforme a



NBR 8953:2015, seriam os concretos C40 e C50 da Classe I, e Classe II (C55 – C90). Mais recentemente, conforme Vanderlei e Giongo (2002), estão sendo estudados e desenvolvidos os concretos ultra resistentes, com resistências entre 200MPa e 800MPa, os quais tem aplicações futuristas principalmente em elementos estruturais especiais que integram obras de artes da construção civil.

Os pilares se destacam no estudo da aplicação de concreto de alto desempenho, pois são elementos estruturais utilizados para transpor as ações dos pavimentos das estruturas para as fundações, solicitadas basicamente a tensões normais de compressão, sob a ação de força centrada ou excêntrica. São de extrema importância na construção de edifícios, pois todas as ações atuantes nas lajes e vigas são sustentadas pelos pilares, tornando-se, quando muito solicitado, de grandes dimensões. O uso de concreto de alta resistência nesses elementos veio como uma solução para essa questão, podendo-se construir elementos submetidos à compressão com dimensões reduzidas, assim viabilizando propostas arquitetônicas muitas vezes inviáveis. As crescentes aplicações destes concretos, conduzem à necessidade de revisões nos parâmetros para implementação dos modelos de cálculo, e recomendações construtivas indicadas nas normas atuais.

Torrico (2010) analisou os comportamentos de pilares moldados com CAR submetidos a esforços oriundos da compressão centrada. Foram ensaiados 9 pilares curtos com seção transversal de 15 cm x 15 cm, variando a distribuição dos estribos, para cada valor de resistência associado a proposta. Depois foram realizadas análises numéricas referentes ao experimento em estudo.

## **Materiais e métodos**

O Pilar ensaiado neste trabalho possui comprimento de 60 cm, e uma seção de 15 x 15 cm, reforçado com quatro barras longitudinais de  $\phi 12,5$  mm e estribos espaçados a 5 cm, conforme Figura 1. No modelo gerado no Abaqus, para simular o bloco de concreto foi utilizado um elemento sólido e homogêneo, e para simular as barras foi utilizado um elementos de treliça (Truss). O tipo de ligação adotada no modelo foi a ligação rígida, não permitindo assim deslizamentos e nem o deslocamento individual dos elementos.

Os elementos finitos utilizados na malha do elemento sólido foram C3D20 e para as barras de aço foram T3D3, ambos com integração completa e ordem quadrática. O tamanho dos elementos era de aproximadamente 10 mm tanto para o sólido quanto para as barras.

Foram consideradas apenas as propriedades elásticas dos materiais, sendo adotado para o concreto um módulo de elasticidade de 48 GPa e coeficiente

de Poisson de 0,2, para as barras longitudinais considerou-se módulo de elasticidade de 199,5 GPa e para as barras transversais de 219,4 GPa, e Poisson de 0,3 para as duas. As propriedades dos materiais foram obtidas experimentalmente por Torrico (2010), do qual foi extraído o modelo ensaiado neste trabalho.

Foi aplicado um carregamento centrado de 2140 kN no topo do pilar, sendo este o carregamento que ocasionou a ruptura do pilar ensaiado.

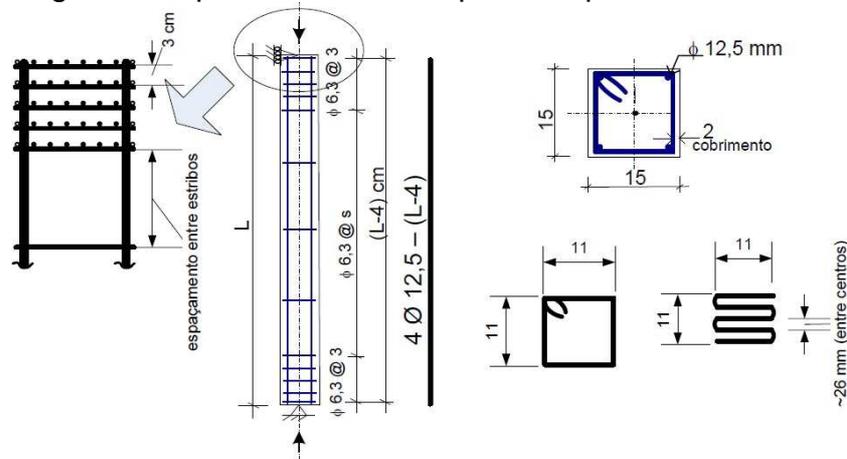


Figura 1: Detalhamento do pilar estudado. Fonte: Torrico (2010)

## Resultados e Discussão

Foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos por Torrico (2010) experimentalmente e do modelo simulado no Abaqus, utilizando o gráfico de carga por deformação específica apresentado na Figura 2.

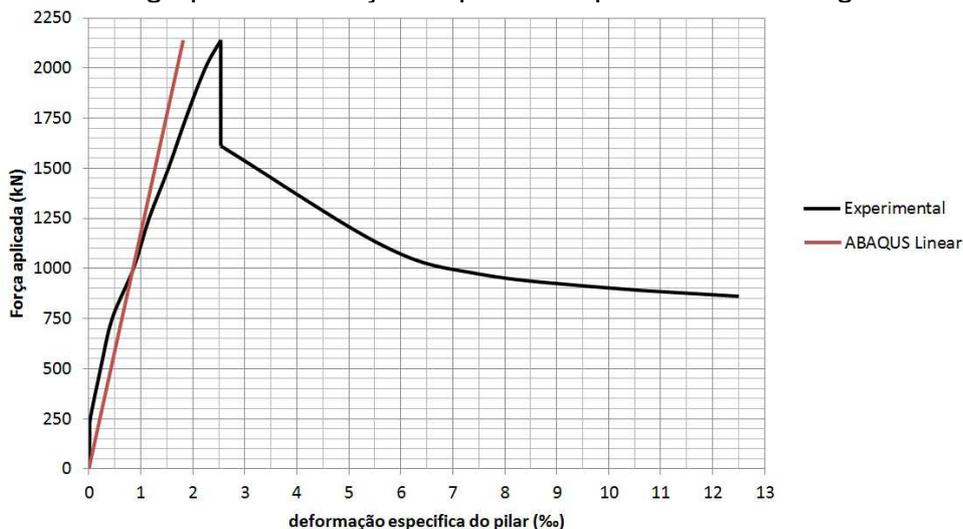


Figura 2: Força aplicada e a deformação produzida no pilar. Fonte: Autor (2014)



## Conclusões

Pode ser observado que o modelo gerado no Abaqus, para a fase linear da análise, apresenta bons resultados. O modelo se mostrou menos rígido que o pilar ensaiado experimentalmente, e utilizando o cálculo do módulo de elasticidade para realizar uma comparação entre o comportamento do modelo podemos observar que para carregamentos de até 250 kN a rigidez da peça é 8 vezes maior que a obtida na simulação numérica. Já para carregamentos entre 250 e 500 kN, o valor do módulo de elasticidade do ensaio e do modelo simulado foi praticamente o mesmo, sendo a diferença entre estes valores menor que 0,6%. Para cargas maiores houve perda de rigidez devido a fissuração da peça. Assim conclui-se que o modelo está adequado para simular o comportamento linear de um pilar de concreto submetido a uma carga centrada.

## Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo incentivo através do Programa PIBIC e a UEM pela oportunidade de realizar este estudo.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

VANDERLEI, R.D.; GIONGO, J.S. Concreto de Altíssimo Desempenho: A Futura Geração do Concreto. Revista Tecnológica. Maringá - PR, v. 1, n. 11, p. 81-90, 2002.

TORRICO, F. A. *Análise teórica e experimental do comportamento de pilares esbeltos de concreto de alta resistência, considerando a ductilidade*. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.