



## **SIMULAÇÃO NUMÉRICA CONSIDERANDO A NÃO LINEARIDADE FÍSICA DE CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA**

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.

### **Engenharia Civil / Estruturas**

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

### **Resumo:**

Neste trabalho foi realizada a modelagem numérica de um corpo de prova cilíndrico, sendo este constituído de concreto de alta resistência (CAR) submetido à compressão centrada. Para a correta caracterização do modelo numérico e das técnicas adotadas para simulação de elementos executados em concreto, fez-se uma comparação entre alguns dos modelos de plasticidade disponíveis no software Abaqus/CAE, e também a verificação de certas considerações descritas na ABNT NBR 6118:2014 para a análise de elementos de concreto. A simulação considerou também a não linearidade dos materiais (o comportamento plástico do concreto), onde cada modelo de caracterização de plasticidade disponível foi comparado com o diagrama parábola-retângulo descrito na norma, para a identificação do modelo que melhor pode descreve a curva de referência. O modelo utilizado foi o *Plastic*, sendo realizada uma comparação entre o resultado das hipóteses realizadas conforme ABNT NBR 6118:2014.

### **Introdução**

Atualmente com a nova ABNT NBR 6118:2014, estão estabelecidos requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto armado de Classe II, possibilitando assim um dimensionamento eficaz de estruturas que utilizem concretos de alta resistência VANDERLEI(1999).

Dentre os vários softwares existentes, o Abaqus/CAE se destaca pela diversidade de materiais nos quais este permite uma análise satisfatória.





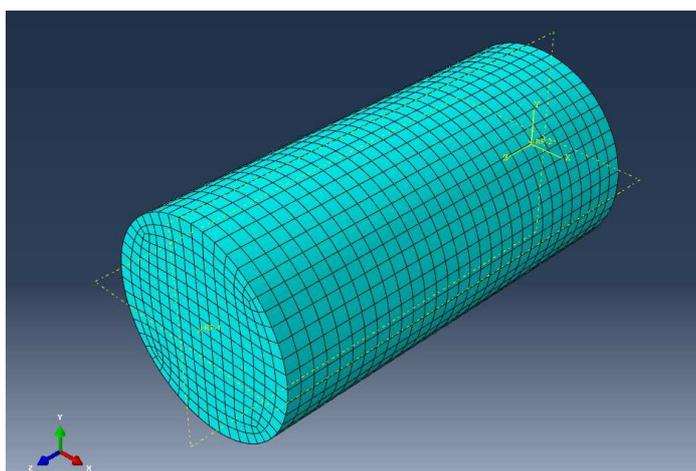
Para o concreto, o programa tem três modelos disponíveis para descrever a plasticidade, sendo o mais simples deles o Plastic, que considera o um material com comportamento homogêneo.

Utilizando esses modelos para simulação de elementos de concreto, o Abaqus se torna uma poderosa ferramenta de análise, descrevendo com satisfatória precisão o comportamento do material nas várias formas e geometrias que esteja sendo utilizado.

### **Materiais e métodos**

Para o estudo desenvolvido neste trabalho, foi utilizado um corpo de prova de forma cilíndrica, com 15 centímetros de diâmetro e 30 centímetros de altura, conforme descrito na ABNT NBR 5738:2003 e mostrado na Figura 1.

A simulação numérica realizada no Abaqus foi dividida em cinco etapas, sendo estas: Caracterização do Modelo; Definição das Condições de Contorno e Carregamentos; Criação da Malha de Elementos Finitos; Simulação; Pós-processamento, de acordo com as orientações descritas em Hibbitt et al (2011)



**Figura 1** - Definição da malha de elementos finitos. **Fonte:** Autor.

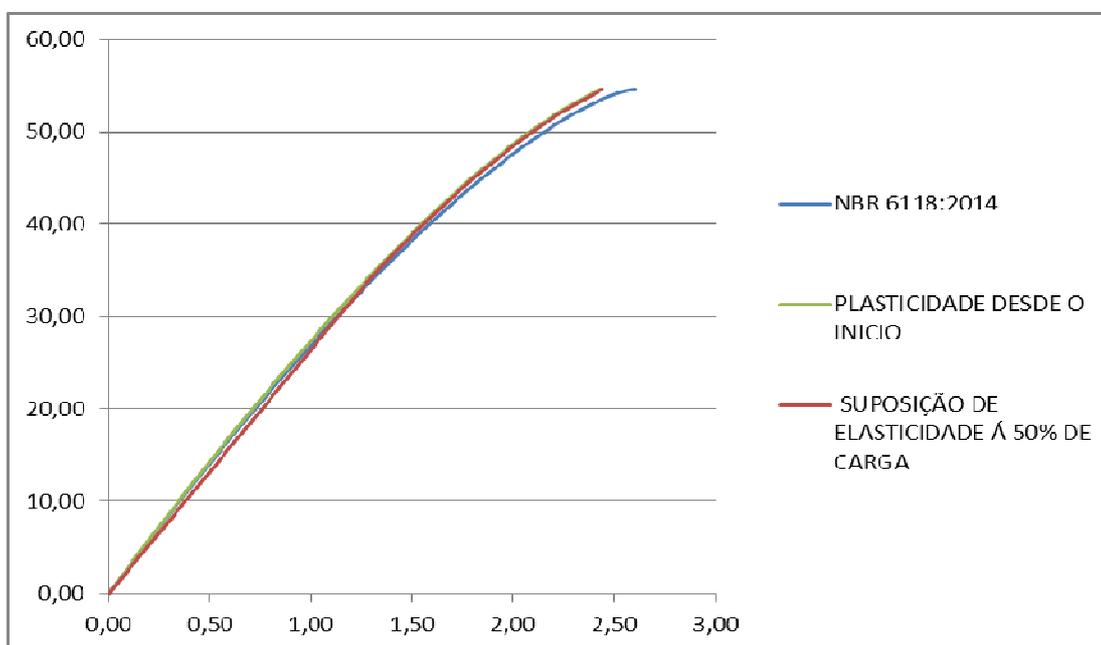




## Resultados e Discussão

Realizando uma comparação gráfica entre as hipóteses para adequação do modelo numérico, pode-se observar que o comportamento do modelo com plasticidade a partir de 50% do carregamento total aplicado no trecho de comportamento linear o erro obtido foi significativo. Mas após o início da plastificação do material os resultados foram melhores que os obtidos com a consideração de plasticidade em todo o processo de aplicação da carga.

A curva obtida com plasticidade total ficou bem próxima do comportamento da curva original descrita na ABNT NBR 6118:2014. O erro só se tornou significativo nas etapas finais de carregamento para essa hipótese. Isso ocorre devido as distorções de alguns elementos, pois como as tensões se dão em um estado triaxial, nas etapas finais de aplicação das cargas alguns elementos atingem o limite do material antes de outros influenciando assim negativamente nos resultados.



**Figura 2** - Comparação gráfica entre a curva Tensão x Deformação da NBR 6118 e o resultado obtido no Abaqus com a hipótese de início de plasticidade durante todo o processo de carregamento e com a hipótese de início de plasticidade à 50% do carregamento. **Fonte:** Autor.





## Conclusões

De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que utilizando o modelo Plastic do software Abaqus/CAE é possível simular o concreto em situação de compressão de modo eficiente, visto que o erro se manteve dentro dos limites durante quase todo o processo de carregamento.

## Agradecimentos

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

## Referências

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
2. \_\_\_\_\_. **ABNT NBR 5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, Rio de Janeiro, ABNT, 2003.
3. HIBBITT, D.; KARLSSON, B.; SORENSEN, P. **Abaqus 6.12 Standard – User’s Manual**. Michigan, USA: Simulia, Dassault Systems, 2011.
4. VANDERLEI, R. D. **Análise experimental de pilares de concreto armado de alta resistência sob flexo compressão reta**. 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

