



## **APLICAÇÃO DO SOFTWARE SAP2000® PARA ANÁLISE DE ESFORÇOS EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO.**

Mariana Lavagnolli Rossi (PIBIC/CNPq-FA-Uem), Leandro Vanalli (Orientador), Mario Rogerio Scoaris (Co-orientador), e-mail: marilavagnollirossi@hotmail.com.

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

### **Engenharia Civil-Estruturas-Mecânica das estruturas.**

**Palavras-chave:** Elementos finitos, Tensões, SAP2000®.

### **Resumo:**

Como em qualquer atividade, hoje a computação aparece como a grande responsável pelo desenvolvimento das técnicas numéricas, tornando possível uma análise cada vez mais próxima da realidade de problemas físicos relacionados à Engenharia, permitindo assim uma modelagem estrutural mais precisa e confiável. Atualmente cresce o emprego de programas como o SAP2000® que são baseados no Método dos Elementos Finitos, pois permitem simular numericamente o funcionamento das estruturas de concreto com elevado grau de desenvolvimento, por meio do sistema real (a estrutura analisada) e o modelo (malha de elementos finitos). Nesse contexto, o trabalho se insere no âmbito da Engenharia de Estruturas, abordando um estudo teórico de tensões e deformações em estruturas de concreto armado, visando aplicação combinada das metodologias analítica e numérica afim de obter uma modelagem mais precisa e realista de elementos estruturais de concreto armado.

### **Introdução**

O estudo do comportamento de tensões e de deslocamentos das estruturas se faz imprescindível no contexto atual da Engenharia. Fundamentos embasados na Teoria da Elasticidade aplicada aos materiais estruturais necessitam de técnicas de mensuração mais confiáveis que possam auxiliar o profissional em suas atividades resolutivas. Por isso, o





tema aqui em foco se revela como de grande importância estratégica e tecnológica ao estar relacionado com o desenvolvimento de soluções e parâmetros que poderão ser usados no desenvolvimento de novos projetos estruturais, mais seguros (Souza e Araujo, 2011) e com melhor aproveitamento de materiais, em uma sociedade que tem como carro-chefe da economia a construção civil e seus projetos cada vez mais desafiadores para os engenheiros estruturais (Stramandinoli, 2007).

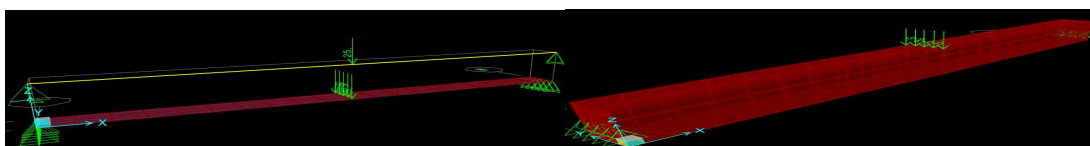
No entanto, apesar da grande oferta e disponibilidades de *softwares* de cálculo estrutural, cabe ao engenheiro o fornecimento de informações corretas e previa análise dos resultados, para que assim erros de concepção, análise e verificação não venham a ocorrer por ampla confiança em tais ferramentas.

## Materiais e métodos

Para a realização do presente projeto, foram analisadas analiticamente e com *software* de elementos finitos, o SAP2000<sup>®</sup>, um exemplo de uma viga de concreto armado, submetida à carga pontual, no qual foi possível a análise de diferentes panoramas de tensões e de deformações. Contudo, realizaram-se estudos sobre vigas e lajes de concreto armado, fundamentados na NBR 6118/2014, a fim de aprimorar o conhecimento dos fundamentos teóricos e revisar os conceitos sobre o dimensionamento analítico desses elementos. Dessa forma, foi possível analisar e comparar os resultados obtidos no programa e segundo as fórmulas teóricas.

## Resultados e Discussão

Foi realizada a modelagem de uma viga biapoiada no SAP2000<sup>®</sup>, de seis metros de comprimento, de acordo com as opções: linear, elemento área e sólido, oferecidas pelo *software*. Sendo a viga submetida em seu centro a uma carga pontual, de 25 KN. As modelagens estão apresentadas na Figura 1.



**Figura 1-** Viga modelada pelo programa SAP2000 de forma linear, elemento área e sólido, com carga concentrada.





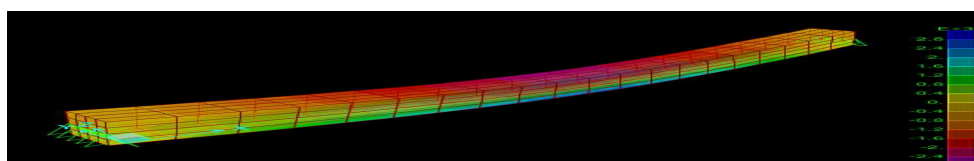
Para os modelos considerou um concreto de resistência de 25MPa, e a viga com seção transversal de 60cm de altura e 40 cm de largura. No programa, estabeleceu-se uma combinação de cargas, no qual considerou-se o peso próprio da viga e carga pontual. A viga modelada em elementos finitos, foi discretizada em 20x4 elementos, na direções X e Y respectivamente. Sendo assim, com o intuito de realizar a comparação dos resultados obtidos no SAP2000<sup>®</sup> dimensionou-se a viga analiticamente. Os resultados alcançados foram inseridos na Tabela 1.

**Tabela 1-** Comparação dos esforços e área de armadura requerida para viga de acordo com o *software* e analiticamente.

	SAP200			Analiticamente
	Viga Linear	Viga área	Viga Sólido	
Momento fletor máximo (Kn.m)	64,5	64,5	64,5	64,5
Cortante (Kn)	12,5	12,5	12,5	12,5
Área requerida (cm <sup>2</sup> )	4,26	3,64	-	3,66

Observa-se pela tabela 1 que os valores de momento fletor máximo e força cortante foram os mesmos quando comparados aos resultados obtidos pelas equações teóricas. Já os valores de área de armadura necessária para resistir aos esforços de tração da viga modelada pelo elemento área, apresentou um valor muito próximo do resultado analítico.

Com o SAP2000<sup>®</sup>, verificou-se ainda as tensões atuantes na viga dimensionada pelo elemento sólido do software, comprovando os esforços de tração na parte inferior da viga e compressão superiormente (Figura 2).





**Figura 2-** Viga deformada e atuação de esforços de tração e compressão.

## Conclusões

Os resultados dos esforços obtidos nos três diferentes modelos realizados no *software* SAP2000®, foram analisados e comparados com dimensionamento analítico proposto pela NBR 6118/2014, visando aplicar o método dos elementos finitos a fim de conseguir-se obter resultados mais próximos da realidade, sendo fundamental para o engenheiro projetar uma estrutura otimizada e correta. No entanto, a viga modelada em elementos finitos apresentou resultados satisfatórios quando comparada ao dimensionamento analítico realizado atualmente, comprovando a eficácia da modelagem realizada no programa e do dimensionamento analítico.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa PIBIC para a aluna Mariana Lavagnoli Rossi.

## Referências

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

SOUZA, R. A.; Araujo, M. J. S. The Progressive Failure of Fifteen Balconies and the Engineering Techniques for their Reconstruction. *Engineering Failure Analysis*, v. 18, p. 895-906, 2011.

STRAMANDINOLI, R. O escritório de projetos estruturais e suas peculiaridades buscando subsídios para o futuro negócio. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Setor de tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

