



## **DESENVOLVIMENTO DE UM OBJETO EDUCACIONAL PARA ANÁLISE ESTRUTURAL E DIMENSIONAMENTO DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO**

**Fernando Júnior Resende Mascarenhas** – fer.jr.resende@hotmail.com  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas campus Barreiro)  
Avenida Afonso Vaz de Melo, 1200  
30640-070 – Belo Horizonte – Minas Gerais

**Everaldo Bonaldo** – bonaldo@pucminas.br  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas campus Barreiro)  
Avenida Afonso Vaz de Melo, 1200  
30640-070 – Belo Horizonte – Minas Gerais

**Viviane Cristina Dias** – viviane.dias@gmail.com  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas campus Barreiro)  
Avenida Afonso Vaz de Melo, 1200  
30640-070 – Belo Horizonte – Minas Gerais

**Resumo:** *Com o desenvolvimento social e tecnológico, têm surgido, a cada momento, novas metodologias, softwares e tecnologias que garantem o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem na Engenharia Civil, com destaque para o uso de tais softwares nas disciplinas de estruturas. Isso permite que professores aprofundem mais no conteúdo lecionado, bem como, faz com que o estudante tenha mais interesse pelas disciplinas, além do estudante ser capaz de entender melhor conhecimentos muito complexos. Logo, este artigo discorre sobre os frutos o projeto de iniciação científica financiada pelo Fundo de Incentivo à Pesquisa (FIP), da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Portanto, ele apresentará o algoritmo desenvolvido para realização da análise estrutural, isto é, para a determinação das reações de apoio, ângulos de rotação e esforços cortante e momentos fletores de vigas, de quaisquer dimensões, seções transversais e materiais constituintes, sob diferentes tipos de vinculação, sob diferentes tipos de cargas externas aplicadas, por exemplo, cargas pontuais, distribuídas e momentos fletores. Para o desenvolvimento do algoritmo no MATLAB, utiliza-se os princípios do Método de Matriz de Rigidez, que é um dos métodos de análise estrutural computacional mais empregado. Por fim, trata-se do funcionamento do algoritmo, do programa desenvolvido, através da apresentação e resolução de dois diferentes problemas e os resultados obtidos são analisados, demonstrando a confiabilidade nos resultados obtidos.*

**Palavras-chave:** *Ensino-Aprendizagem, Engenharia Civil, Análise de Estruturas, MATLAB, Modelo Computacional.*



## 1 INTRODUÇÃO

É indiscutível que os assuntos relacionados à temática dos processos de ensino-aprendizagem nos cursos de Engenharia Civil são, recorrentemente, analisados, discutidos e remodelados com o intuito de se desenvolver e aplicar metodologias interessantes e motivadoras que propiciem ambientes de troca e processamento de informações eficientes e alinhadas aos anseios e características atuais de professores e estudantes.

Das variadas áreas que compõem a Engenharia Civil, aquelas ligadas a estruturas, por exemplo, as disciplinas de resistência dos materiais, teoria das estruturas, estruturas de concreto, aço e madeira são as que mais causam dúvidas, afastamento e aversão nos discentes. Tal fato ocorre em decorrência dos mais variados fatores, seja o desinteresse dos estudantes pela área, seja a falta de empenho e estudo dos mesmos, ou, seja pela forma tais disciplinas são lecionadas. De acordo com Silva *et al.* (2016, p. 12):

*Grande parte das estratégias e procedimentos educacionais utilizados no ensino de engenharia ainda está apoiada em um modelo de educação tradicional, cujas raízes são históricas. Tal concepção de ensino, baseada na figura do professor detentor de saber e aluno receptor passivo, evidencia deficiências que podem decorrer da reduzida adequação ou até mesmo de uma inadequação às atuais necessidades dos discentes e exigências da sociedade (SILVA et al., 2016, p. 12).*

O emprego de softwares apresenta-se como uma alternativa com muitas possibilidades para o processo de ensino-aprendizagem nos cursos de graduação em Engenharia Civil. Segundo Ramiro, Andreatta-da-Costa e Bernardes (2014, p. 2):

*Nas disciplinas essenciais para a formação dos alunos de engenharia civil, como por exemplo, Mecânica dos Sólidos, Isostática e Hiperestática, a informática pode ser utilizada como ferramenta motivadora, auxiliando no desenvolvimento cognitivo, e trabalhando conceitos e fundamentos aprendidos em outras disciplinas. Os professores podem utilizar a informática e seus recursos tecnológicos sejam através de softwares pagos, muitas vezes inviáveis devido ao seu alto custo, ou softwares gratuitos, que muitas vezes estão disponibilizados na internet (RAMIRO, ANDREATTA-DA-COSTA, BERNARDES, 2014, p. 2).*

Além da apropriada utilização de tais recursos computacionais, de acordo com o Conselho Nacional de Educação, da Câmara de Educação Superior, através de seu Artigo 4º, “a formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício” de determinadas “competências e habilidades gerais”, tais como: “I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; III - conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos” (BRASIL, 2001, p. 1).

Baseado no exposto acima, serão apresentados neste artigo os resultados obtidos do desenvolvimento de um software educacional para análise de estruturas de vigas e seu posterior dimensionamento estrutural em concreto armado. Tal software surge como fruto de um projeto de iniciação científica desenvolvido através do programa de



Iniciação Científica financiado pelo Fundo de Incentivo à Pesquisa (FIP), da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas).

## 1.1 Metodologia

Por se tratar de um Projeto de Iniciação Científica, a investigação científica é peça fundamental neste processo. Gil, citado por Silva e Menezes (2005, p.16), estabelece a investigação científica como “conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos” para se obter os resultados e conclusões investigados. Nesse sentido, partindo do ponto de vista da abordagem do problema, esta pesquisa é de caráter qualitativo e quantitativo, uma vez que há, respectivamente, “a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados” e “requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas” (SILVA; MENDES, 2005, p. 20).

Ademais, este trabalho desenvolveu-se de forma exploratória, já que envolveu “levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão” (GIL *apud* SILVA; MENDES, 2005, p. 21).

Como referencial teórico, utilizou-se de artigos científicos em Línguas Portuguesa e Inglesa, o documento da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação e da Portaria Inep número 244 e livros didáticos de referência acerca da temática de análise de estruturas, em Línguas Portuguesa e Inglesa.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Como o objetivo do projeto é desenvolver um software de análise estruturas de vigas, faz-se necessário deixar claro tal conceito. Segundo Kassimali (2012, p. 2), “análise estrutural, que é uma parte integral de qualquer projeto estrutural de engenharia, é o processo de prever o desempenho de uma estrutura dada sob condições de carregamentos conhecido”.

No que se refere a “prever o desempenho de uma estrutura”, conforme mencionado por Kassimali (2012), diz-se respeito à determinação dos esforços axiais, cortantes, momentos fletores, deflexões e as reações de apoio (KASSIMALI, 2012). Martha (1993, p. 1) complementa ao afirmar que:

*A análise estrutural é a fase do projeto estrutural que corresponde à determinação de esforços internos e externos (reações), e as correspondentes tensões, bem como determinação dos deslocamentos e correspondentes deformações da estrutura em estudo (MARTHA, 1993, p. 1).*

Portanto, fica evidente a usabilidade do software desenvolvido pelos autores na análise estrutural de vigas. Para o desenvolvimento do mesmo, o MATLAB foi a linguagem de programação utilizada e utilizou-se os princípios do Método de Matriz de Rigidez, que é um dos métodos de análise estrutural computacional mais empregados.

A escolha da MATLAB deve-se a uma das grandes vantagens que ele possui que é a possibilidade de criação e edição dos comandos. Martini, Preto e Guedes ainda explicam que “o MATLAB pode funcionar tanto como uma simples calculadora como um ambiente para desenvolvimento de aplicativos através de uma linguagem de



programação, proporcionado o desenvolvimento de projetos de diversos tipos de complexidade” (MARIANI; PRETO; GUEDES, 2005, p. 4).

A justificativa para escolha de tal método de análise estrutural deve-se ao fato do mesmo ser amplamente utilizado para a análise computacional estrutural. De acordo com Kassimali (2012, p. 2), “os métodos clássicos [de análise estrutural] são considerados os precursores dos [...] métodos de rigidez”. Ainda segundo o autor, a invenção dos computadores representou uma revolução na análise de estruturas, fazendo com que os métodos de análise matriciais ganhassem maior repercussão e empregabilidade (KASSIMALI, 2012).

McGuire, Gallagher e Ziermian (2000, p. 3) explicam que “um fator importante na aceitação da análise estrutural computacional na Engenharia Civil foram os vários congressos da Sociedade Americana de Engenharia Civil sobre computação eletrônica”.

Kassimali (2012, p. 4) ainda explica que:

*Em contraste aos métodos clássicos, os métodos matriciais foram especialmente desenvolvidos para implementação computacional; eles são sistêmicos (por isso eles podem ser programados), e gerais (no sentido de que o mesmo formato de um procedimento analítico pode ser aplicado a vários tipos de estruturas) (KASSIMALI, 2012, p. 4).*

Como mencionado, o método empregado foi o da Matriz de Rigidez. As vantagens e características dos métodos matriciais foram elucidadas, faz-se necessário, portanto, explicar o método da Rigidez. Kassimali (2014, p. 5) esclarece que:

*O método de rigidez, que se originou da inclinação-deflexão clássico, é também chamado de método de deslocamento ou equilíbrio. Nesta abordagem, as incógnitas primárias são os deslocamentos articulares, que são determinadas, primeiro, resolvendo as equações de equilíbrio da estrutura. Com os deslocamentos conhecidos, as forças desconhecidas são obtidas por considerações de compatibilidade e as relações força-deslocamento dos membros (KASSIMALI, 2012, p. 4).*

Sussekind (1980, p. 1, v. 3) enfatiza que “as incógnitas deste método serão, então, os ângulos de rotação e os deslocamentos lineares sofridos pelos nós das diversas barras”. Especificamente, no desenvolvimento desde software para análise estrutural de vigas, serão consideradas incógnitas apenas os ângulos de rotações nos pontos de apoio da viga em estudo, visto que os deslocamentos lineares verticais são considerados nulos e os horizontais também, partindo do princípio que não há forças aplicadas axialmente na viga.

O software desenvolvido calcula os ângulos de rotação nos apoios, bem como informará as reações de apoio e os valores dos esforços de cisalhamento e momento fletor de cada barra analisada.

Para o dimensionamento de vigas de concreto armado, utilizaram-se as prescrições Normativas (NBR 6118/2014) em relação ao dimensionamento de vigas em concreto armado e livros de análise estrutural visando calcular a armadura transversal quando a viga submetida à flexão simples.

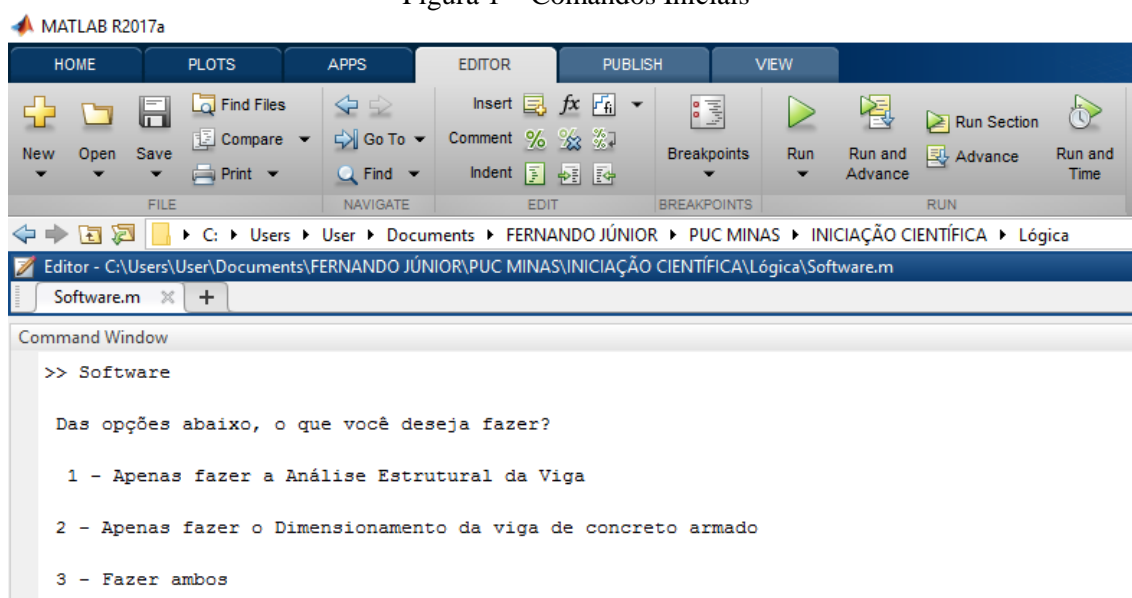


### 3 FUNCIONAMENTO DO SOFTWARE

Nesta primeira versão do software desenvolvido no MATLAB, todo o desenvolvimento e funcionamento do mesmo dão-se no próprio MATLAB, portanto, o código fonte desenvolvido requer o MATLAB para que ele funcione. O software é dividido, basicamente, em duas partes, a primeira para a análise estrutural de vigas e a segunda o dimensionamento à flexão simples de vigas de concreto armado.

Nesse contexto, ao inicializar o programa, o usuário escolhe se deseja fazer apenas a análise estrutural da viga, apenas o dimensionamento da viga de concreto armado ou ambos os comandos, como poder ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Comandos Iniciais



#### 3.1 Análise estrutural de uma viga

O software desenvolvido permite que os usuários façam a análise estrutural de vigas de quaisquer dimensões, com a quantidade de apoios que desejarem, desde que os mesmos sejam de primeiro e segundo gênero, bem como, eles podem aplicar cargas externas concentradas, distribuídas e momentos.

O programa inicia-se pedindo que o usuário informe o valor do módulo de elasticidade do qual a viga é feita, em  $\text{kN/mm}^2$ . Em seguida, é solicitado que o usuário informe a seção transversal da viga, tendo como opções as seções circular e retangular, ou o usuário pode informar o momento de inércia  $I$  da seção, em  $\text{mm}^4$ . Caso o usuário opte por informar os dados das seções circular ou retangular, ele deve informar o diâmetro ou as dimensões de base e altura, em mm, respectivamente.

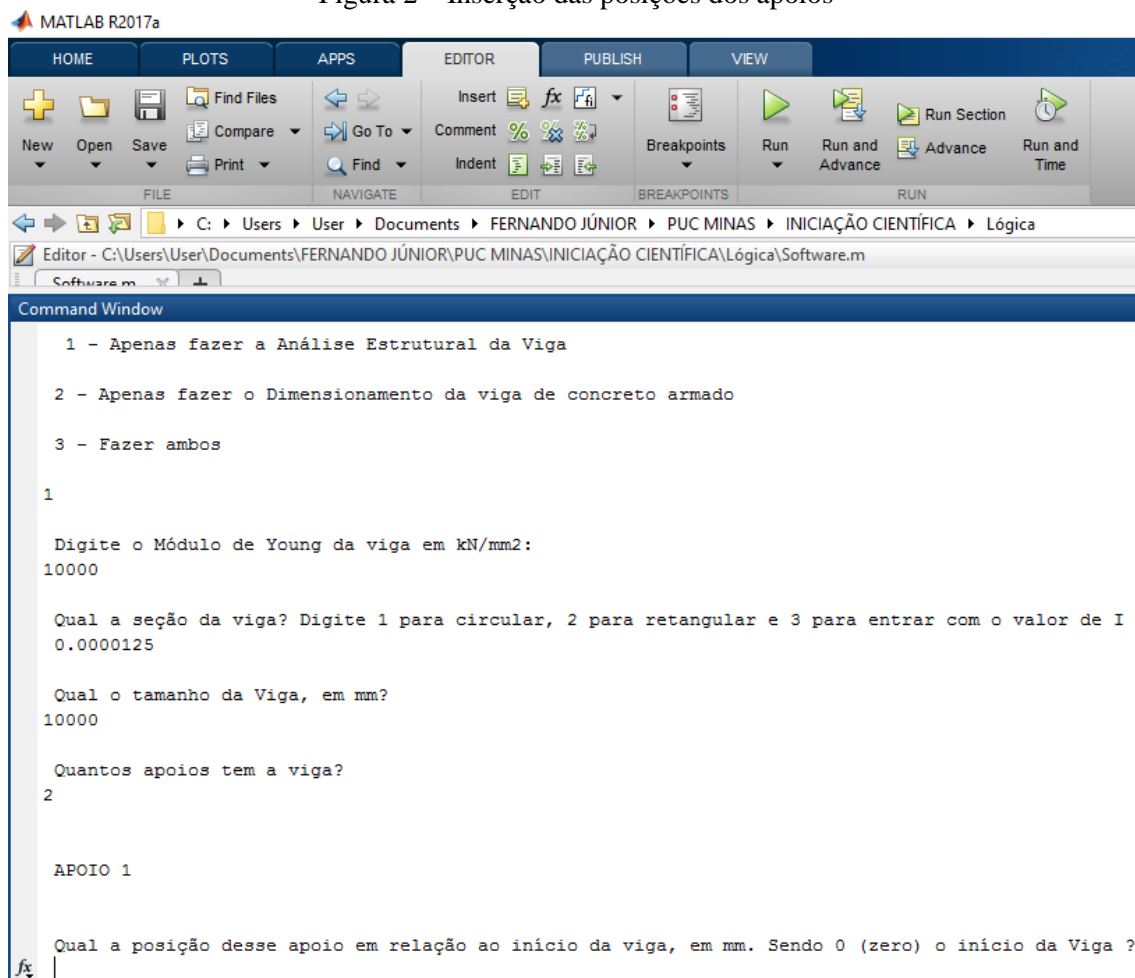
Feito isso, o usuário deve informar, pelo teclado, o valor, em milímetros, mm, do comprimento total da viga, para, então, informar a quantidade de apoios que a mesma possui. O programa foi desenvolvido de tal forma que o usuário deve informar as cargas aplicadas em cada segmento de viga entre dois respectivos apoios, isto é, as forças externas aplicadas em cada barra. Ademais, caso o usuário tenha se esquecido de alguma carga em algum membro, há a opção para inseri-lo.

Logo, o usuário deve informar, pelo teclado, e em mm, a posição de cada apoio,



tendo como referência o primeiro apoio que estará, por convenção na cota zero (0,0), conforme Figura 2. E, a cada membro, o usuário deve informar se há cargas concentradas e quantas, seus respectivos valores, em kN, e a posição delas, em relação ao primeiro apoio. Em seguida, deve-se informar se há cargas distribuídas, o valor das mesmas em kN/mm<sup>2</sup>, e as posições iniciais e finais de aplicação das mesmas. Por fim, o usuário deve informar se há momentos aplicados.

Figura 2 – Inserção das posições dos apoios



Ao fim, o programa terá como soluções, os valores das reações de apoio, dos esforços cortantes e momentos fletores em cada barra e os ângulos de rotação dos apoios.

### 3.2 Dimensionamento de uma viga de concreto à flexão simples

Feita a análise estrutural, o usuário tem a opção de realizar o dimensionamento daquela viga à flexão simples, sendo que o programa calcula a área da armadura transversal, ou o usuário pode entrar com valores para fazer o dimensionamento, isto é, não usará os valores obtidos da análise estrutural.

Para tanto, o usuário é solicitado para entrar com os valores da resistência característica à compressão do concreto, em MPa, o valor do cobrimento, em



centímetros, cm, com o coeficiente normativo de ponderação do concreto, com o coeficiente de ponderação de cálculo, com o valor da resistência característica do aço empregado, em MPa, com as dimensões de altura e base da viga, em cm.

Com isso, o programa realizará os cálculos e verificações necessárias e informa se ocorre ou não esmagamento das bielas de compressão, bem como, as áreas de aço mínima e a calculada.

#### 4 ANÁLISE DE DESEMPENHO DO SOFTWARE

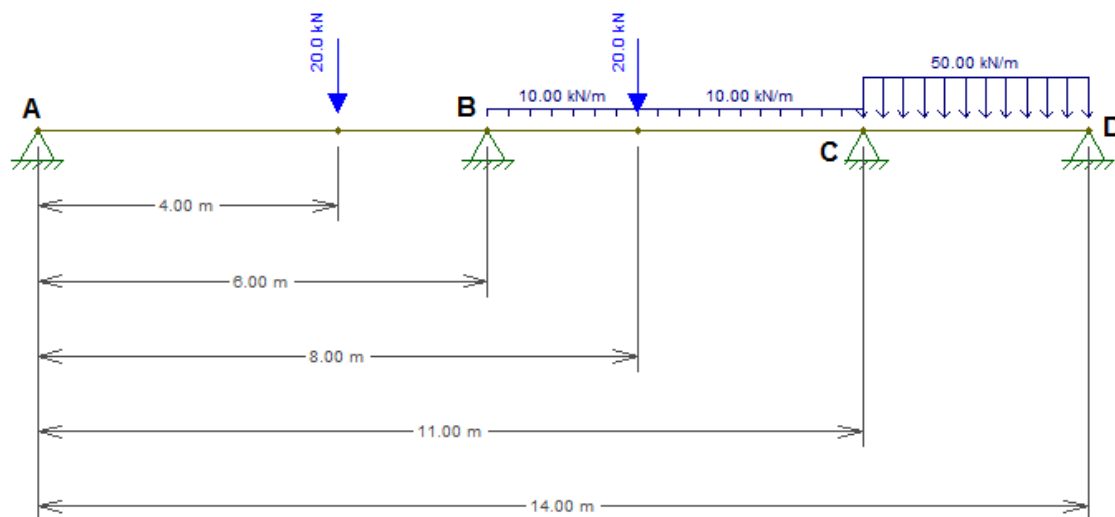
A fim de averiguar a confiabilidade dos resultados apresentados pelo software desenvolvido, são apresentados dois problemas diferentes, divididos em duas partes. O primeiro destina-se à análise estrutural. O segundo destina-se ao dimensionamento da viga de concreto armado. Devido à limitação de páginas, serão apresentados apenas estes dois problemas que são representativos de ambas as partes.

Ademais, destaca-se que todos os problemas propostos de análise estrutural foram verificados no Ftool e os exercícios de dimensionamento foram verificados com as respostas contidas nos materiais de referência dos quais eles foram retirados. Logo, os resultados dos dois problemas aqui propostos são apresentados em tabelas, de forma comparativa entre os resultados obtidos no software no MATLAB e os obtidos no Ftool e/ou material de referência.

##### 3.1 Problema I

Determinar ângulos de rotação nos apoios, pontos A, B, C e D, as reações de apoio e os esforços cortes e momentos fletores nos respectivos pontos da Figura 3.

Figura 3 - Viga do Problema I



A Tabela 1 mostra, resumidamente, os valores obtidos pelo software desenvolvido no MATLAB e pelo Ftool.

Tabela 1 - Comparação dos valores obtidos no software no MATLAB e no Ftool - Problema I

Determinação	Software no MATLAB	Ftool
--------------	--------------------	-------

Organização



Promoção





Rotação no apoio A (rad)	$-9.030459 \cdot 10^{-5}$	$-9.030459 \cdot 10^{-5}$
Rotação no apoio B (rad)	$-2.033908 \cdot 10^{-4}$	$-2.033908 \cdot 10^{-4}$
Rotação no apoio C (rad)	$-2.301798 \cdot 10^{-4}$	$-2.301798 \cdot 10^{-4}$
Rotação no apoio D (rad)	$6.550899 \cdot 10^{-4}$	$6.550899 \cdot 10^{-4}$
Reação de apoio A (kN)	1,3394	1,3394
Reação de apoio B (kN)	46,2009	46,2009
Reação de apoio C (kN)	127,2135	127,2135
Reação de apoio D (kN)	60,2462	60,2462
Cortante no apoio A (kN)	1,3394	1,3394
Momento no apoio A (kN.mm)	$-9.094947 \cdot 10^{-13}$	0,0
Cortante no apoio B – esquerda (kN)	13,6606	13,6606
Momento no apoio B – esquerda (kN.mm)	-21963,3	-21963,3
Cortante no apoio B – direita (kN)	32,5404	32,5404
Momento no apoio B – direita (kN.mm)	21963,3	21963,3
Cortante no apoio - esquerda C (kN)	37,4596	37,4596
Momento no apoio C - esquerda (kN.mm)	44261,5	44261,5
Cortante no apoio - direita C (kN)	89,7538	89,7538
Momento no apoio C - direita (kN.mm)	44261,5	44261,5
Cortante no apoio D (kN)	60,2462	60,2462
Momento no apoio D - esquerda (kN.mm)	0,0	0,0

### 3.2 Problema II

Determinar a armadura longitudinal de flexão necessária para que uma viga de seção 20 x 50 cm resista a um momento (obtido da análise estrutural) de 100,00 kN.m, sendo o cobrimento de 2 cm, resistência característica do concreto,  $f_{ck}$ , igual a 20 MPa e aço CA 50.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2, sendo apresentados os valores obtidos pelo programa e os valores referência, as respostas corretas do problema. Por sua vez, a Figura 4 mostra os resultados fornecidos pelo MATLAB.

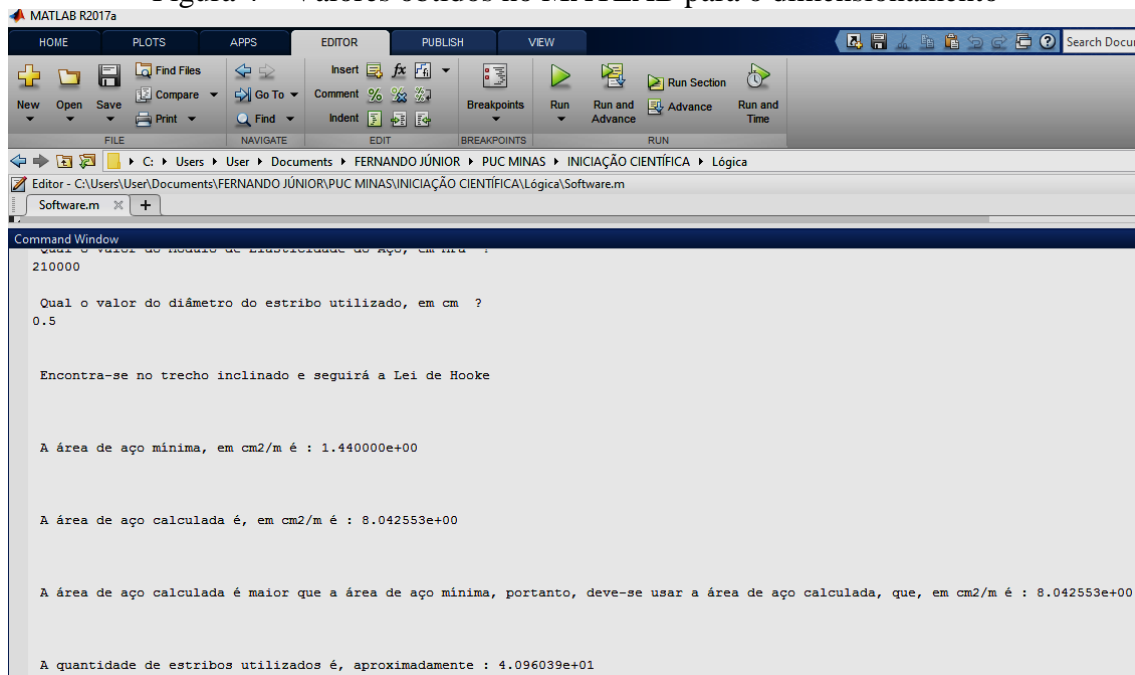
Tabela 2 - Comparação dos valores obtidos no MATLAB e as respostas- Problema II

Determinação	Software no MATLAB	Respostas
Área de aço calculada (cm <sup>2</sup> )	8,04	8,04
Área de aço mínima (cm <sup>2</sup> )	1,44	1,50





Figura 4 – Valores obtidos no MATLAB para o dimensionamento



### 4.3 Discussões dos Resultados

É possível observar, com base nos problemas apresentados, a confiabilidade dos resultados fornecidos pelo programa desenvolvido no MATLAB, sobretudo no que se refere à análise estruturas de vigas estaticamente determinadas ou indeterminadas de quaisquer dimensões, cargas externas aplicadas e propriedades do material constituinte da mesma.

Ademais, devem-se destacar dois pontos relevantes: a utilização mais enfática do MATLAB e a implementação de um método de forma computacional. Referente ao primeiro item, o MATLAB, em muitas universidades brasileiras e estrangeiras é subutilizado. Apesar de ser uma ferramenta computacional, gráfica e matemática repleta de recursos e potente, sobretudo para ser usada na Engenharia Civil, sua utilização é reduzida. Este artigo e, sobretudo os resultados obtidos, deixam evidente o quão vasto e aplicável o MATLAB é.

Ressalta-se, ainda, que para o desenvolvimento de todo o algoritmo, foram empregados apenas comandos básicos do MATLAB, comandos esses que são lecionados na disciplina de Informática II, no curso de Engenharia Civil, da PUC Minas no Barreiro. Isso deixa notório que utilizá-lo, sobretudo para programar, não requer conhecimentos profundos e acurados de quem o utiliza.

Além disso, este projeto permite que discentes e docentes usem o programa desenvolvido no MATLAB para fazer a verificação da resolução de exercícios de vigas de Teoria das Estruturas, no que se refere à determinação dos ângulos de rotação, reações de apoio e valores dos esforços internos de cortante e momento fletor. Não obstante, o mesmo pode ser empregado para verificação de exercícios de dimensionamento de vigas de concreto armado submetidas à flexão simples.

Como mencionado, os métodos tradicionais de análise estrutural têm certas restrições e a implementação de um método matricial computacional para resolução no



MATLAB salienta dois fatos. Primeiro, o papel e funcionalidade dos métodos matriciais de análise estrutural. Segundo, que os discentes de Engenharia Civil deveriam ser estimulados a desenvolver projetos semelhantes e/ou superiores.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na atual sociedade, na qual o uso de recursos computacionais e softwares torna-se cada dia mais necessário, em consonância com a indubitável necessidade de se promover metodologias de ensino e cursos de capacitação de qualidade.

O MATLAB, que é lecionado em muitas universidades no Brasil e no exterior, nos cursos de Graduação em Engenharia Civil, é uma poderosa ferramenta computacional e educacional. O mesmo permite aos usuários (estudantes e/ou professores) criarem rotinas de cálculo, programas, plotar gráficos e resolver problemas. Tais fatos evidenciam os múltiplos caminhos que o MATLAB oferece, porém, seu uso nos cursos de graduação em Engenharia Civil na maior parte das universidades, brasileiras ou não, restringe-se apenas às disciplinas nas quais ele é lecionado.

O desenvolvimento deste programa no MATLAB pode evidenciar o quão ramificado é sua empregabilidade e que, utilizando-se comandos básicos, pode-se desenvolver um algoritmo capaz de se fazer a análise estrutural de vigas estaticamente determinadas e/ou não determinadas. Ademais, pode-se desenvolver um algoritmo para dimensionamento de vigas de concreto armado sob flexão simples. Sendo os resultados obtidos em ambos os casos confiáveis.

Por fim, deixam-se algumas recomendações para passos futuros para o programa:

- Aprimoramento da apresentação gráfica tanto na entrada de dados quanto na apresentação dos resultados;
- Melhoramento e ampliação do algoritmo a fim de permitir que a análise estrutural possa ser feita para treliças e pórticos planos;
- Possível migração para outra linguagem de programação.

### *Agradecimentos*

Agradecimento especial é concedido à Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, através da Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-Graduação Coordenação de Pesquisa que financiou o projeto através do Fundo de Incentivo à Pesquisa (FIP).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CES 11**, de 11 de março de 2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 abr. 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2016.

KASSIMALI, Aslam. **Matrix Analysis of Structures**. 2 ed. Stanford: Cengage Learning, 2012.

Organização



Promoção





MARIANI, Viviana Cocco; PRETO, Tânia Martins; GUEDES, André Luiz Pires. Utilização do Maple, Matlab e Scilab nos Cursos de Engenharia. Anais: XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Campina Grande: ABENGE, 2005. Disponível em: < <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2005/artigos/PR-15-62459910053-1118098860375.pdf> >. Acesso em: 11 ago. 2015.

MARTHA, Luiz Fernando. **Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos**. 2 ed. São Paulo: Elsevier, 2010.

McGUIRE, William; GALLAGHER, Richard H.; ZIEMIAN, Ronald D. **Matrix Structural Analysis**. 2 ed. Nova York: John Wiley & Sons., 2000.

RAMIRO, Fabiano da Silva; ANDREATTA-DA-COSTA, Luciano; BERNARDES, Juliana de Azevedo. Softwares Educacionais – Seu uso e importância no ensino-aprendizagem dos alunos de Engenharia Civil. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 42., Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ABENGE, 2014, p. 1-31. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge-2014/Artigos/129044.pdf>>. Acesso em 15 dez. 2016.

SILVA, Edna Lúcia da; MENDES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Wellington Andrade da; SARMENTO, Antover Panazzolo, OLIVEIRA, Marcos Honorato de; BEZERRA, John Eloi; PAULA, Heber Martins de; CARMO, Karlla Vieira do; Daiana Ribas. Avaliação das estratégias de ensino no curso de engenharia civil da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão. Revista Ensino de Engenharia, v. 35, n. 1, p. 11-22, 2016.

SUSSEKIND, José Carlos. **Curso de Análise Estrutural**. 4 ed., v. 1-3. Porto Alegre: Globo, 1980.

TRINDADE, Marcelo A.; SAMPAIO, Rubens. **Introdução ao Matlab**. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2010, 53f. Disponível em: <[http://www2.eesc.usp.br/labdin/trindade/Introducao\\_MATLAB\\_2ed.pdf](http://www2.eesc.usp.br/labdin/trindade/Introducao_MATLAB_2ed.pdf)>. Acesso em: 25 ago. 2015.

## **DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL SOFTWARE FOR STRUCTURAL ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED CONCRETE BEAMS**

***Abstract:** With social and technological development, new methodologies, software, and technologies have emerged that guarantee the improvement of the teaching-learning process in Civil Engineering, with emphasis on the use of such software in the disciplines of structures. This allows professors to delve deeper into the content taught, makes the student more interested in the subjects, and the student is able to better understand complex knowledge. Therefore, this article discusses the products obtained*

Organização



Promoção





*from the scientific initiation project funded by the Research Incentive Fund (FIP), from the Pontifical Catholic University of Minas Gerais (PUC Minas). Hence, it will describe the algorithm developed for performing the structural analysis, that is, for the determination of the support reactions, rotation angles and shear forces and bending moments of beams, of any dimensions, cross-sections and constituent materials under different types of bonding, under different types of applied external loads, for example punctual, distributed loads and bending moments. For the development of the algorithm in MATLAB, it is used the principles of the Stiffness Matrix Method, which is one of the most used computational structural analysis methods. Finally, it is discussed the operation of the algorithm, of the developed program, through the presentation and resolution of seven different problems and the obtained results are analyzed, demonstrating the reliability of the obtained results.*

**Keywords:** *Teaching-Learning, Civil Engineering, Structural Analysis, MATLAB, Computational Method.*

Organização



Promoção

