

# RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE VIGA HIPERESTÁTICA APOIADA SOBRE CINCO APOIOS ATRAVÉS DO SOFTWARE SCILAB

Antônio Vitor Barbosa Fernandes<sup>1</sup>

Vinicius Costa Correia<sup>2</sup>

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Há algum tempo atrás, antes do desenvolvimento dos softwares todos os cálculos numéricos em um projeto eram realizados manualmente pelo engenheiro responsável através de um processo extenso e trabalhoso com relativa possibilidade de erro. O desenvolvimento de software específicos, trouxe uma sensível melhora na qualidade dos cálculos e maior precisão nos resultados, permitindo ao engenheiro dedicar maior tempo à compreensão dos aspectos físicos dos problemas de engenharia. O presente trabalho tem como objetivo a resolução de problemas de mecânica das estruturas através de uma lógica de programação transferidos para a linguagem do software Scilab, tendo como resultado as reações de apoios, momentos em nós internos e momentos máximos em vãos, para o caso de vigas contínuas hiperestáticas sob cinco apoios pelo Método dos Deslocamentos. Para a comprovação do método são propostos três exemplos, onde são comparados e confirmados com os resultados do software Ftool.

## PALAVRAS-CHAVE

Análise de estruturas. Lógica de programação. Scilab. Ftool.

## ABSTRACT

Some time ago, the engineers used to do all design calculations by hand instead of using a software. A long and arduous work which involves considerable error intervals. Developing specific software brought considerable reliability on the calculations, and more accuracy in the results, allowing the engineer focus on the physical aspects of Engineering. This paper has the main objective as showing the Structural Mechanics problems resolution through of programming language of Scilab. The results displayed are the normal forces, internal moments and maximum momentum on frames, in the case of hyperstatical continuous beams under five supports by the Moment Distribution Method. In order to prove the method, three examples are compared and confirmed with results from both Ftool and Scilab software.

## KEYWORDS

Analysis Structures. Programming Language. Scilab. Ftool.

## 1 INTRODUÇÃO

Por muitos anos os engenheiros elaboraram cálculos complexos e extensos de forma analítica e trabalhosa, mas com as inovações tecnológicas isso mudou e trouxe uma grande melhora na qualidade dos cálculos e maior precisão nos resultados, podendo assim, o engenheiro dedicar mais tempo para a interpretação dos resultados.

Na engenharia moderna o uso de *softwares* é cada vez mais presente nas empresas de engenharia, criando facilidade e produtividade nos cálculos. Um dos *softwares* que vem se tornando destaque na engenharia é o *Scilab* por ser uma poderosa ferramenta computacional gratuita e ter um ambiente de programação interativo de alto desempenho voltado para o cálculo numérico, cujas entradas de dados são feitas na forma matricial. O *Scilab* dispõe de uma extensa biblioteca de funções para resolução de diversos problemas numéricos, além de vários módulos especializados para finalidades diversas como, por exemplo, processamento de sinais e de imagens e criação de interface gráfica ao usuário (SANDES *et al.*, 2013). A linguagem empregada na programação *Scilab* é relativamente simples, facilmente compreendida por alunos de graduação, sendo que este *software* é a ferramenta utilizada na disciplina Cálculo Numérico na Universidade Tiradentes.

O presente trabalho tem como objetivo a resolução de problemas de mecânica das estruturas por meio de uma lógica de programação transferidos para a linguagem do *software Scilab*. Atualmente é comum realizar nestes *softwares* operações matemáticas trabalhosas e desestimulantes, o que permite dedicar maior tempo à compreensão dos aspectos físicos dos problemas de engenharia. Para explorar esse potencial, expõe-se a resolução e obtenção das reações de apoios, momentos em nós internos

e momentos máximos nos vãos, para o caso de vigas contínuas hiperestáticas sob cinco apoios pelo Método dos Deslocamentos com manipulações algébricas realizadas no *software* gratuito *Scilab*. Ao final do trabalho são apresentados três exemplos com o propósito de comprovar o método.

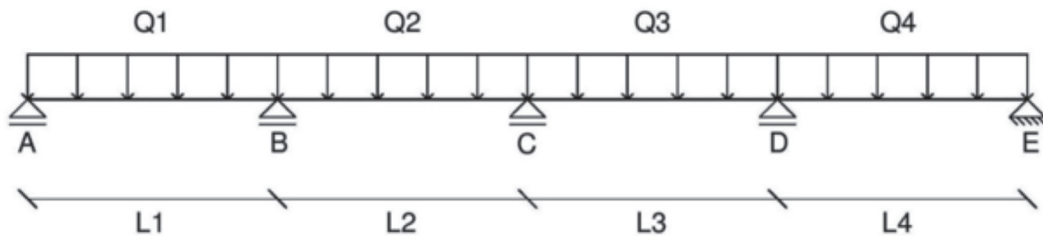
## 2 SOLUÇÃO GERAL DO PROBLEMA PELO MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS

Neste método determinam-se inicialmente os deslocamentos e indiretamente, a partir destes, os esforços; as incógnitas são os deslocamentos.

O método pode ser usado para analisar qualquer estrutura, isostática ou hiperestática. A única estrutura que não pode ser resolvida por este método é a viga bi-engastada (ROVERE; MORAES, 2005).

No caso de estruturas reticuladas, que são formadas por barras ligadas por pontos nodais denominados "nós", o número de incógnitas será o número de deslocamentos nodais ou o número total de "graus de liberdade" (GL) de todos os nós da estrutura (ROVERE; MORAES, 2005).

**Figura 1** – Modelo de viga hiperestática estudado



Fonte: Autores.

### 2.1 CÁLCULO DO NÚMERO DE DESLOCABILIDADES

Segundo Martha (2010) as deslocabilidades são as componentes de deslocamentos e rotações nodais que estão livres, ou seja, são os deslocamentos que devem ser conhecidos para determinar a configuração deformada de uma estrutura. Logo, as deslocabilidades são os parâmetros que definem (completamente) a configuração deformada de uma estrutura. As deslocabilidades são as incógnitas do Método dos Deslocamentos.

Deslocabilidade externa = 0

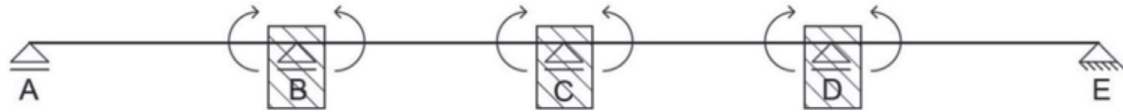
Deslocabilidade interna = 3

Logo, a deslocabilidade global é a soma das deslocabilidades, interna e externa que é igual a 3.

## 2.2 SISTEMA HIPERGEOMÉTRICO + DESLOCABILIDADES

Sistema Hipergeométrico é uma estrutura cinematicamente obtida da estrutura original pela adição dos vínculos necessários para impedir as deslocabilidades (MARTHA, 2010).

**Figura 2** – Sistema hipergeométrico e deslocabilidades



Fonte: Autores.

Estes apoios em destaques estão engastados no sistema hipergeométrico para conter as deslocabilidades internas.

### 2.3 APLICAÇÃO DE $\Delta_1 = \frac{1}{4E}$ NO SISTEMA HIPERGEOMÉTRICO

Impõe-se o deslocamento unitário e encontram os esforços correspondentes, que são os coeficientes de rigidez  $m'_{BA1}$ ,  $m_{BC1}$  e  $m_{CB1}$ .

$$m'_{BA1} = 0,75 \cdot \frac{J}{L_1} \quad / \quad m_{BC1} = \frac{J}{L_2} \quad / \quad m_{CB1} = 0,5 \cdot m_{BC1}$$

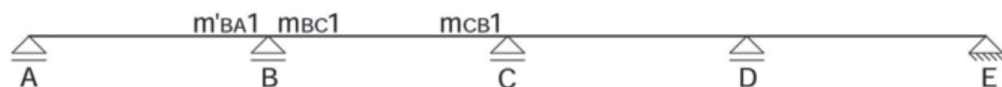
em que:

J: momento de inércia de seção transversal em relação ao seu eixo neutro;

L: comprimento dos vãos.

#### 2.3.1 Croqui $\Delta_1$

Figura 3 – Croqui  $\Delta_1$



Fonte: Autores.

### 2.4 APLICAÇÃO DE $\Delta_2 = \frac{1}{4E}$ NO SISTEMA HIPERGEOMÉTRICO

Impõe-se o deslocamento unitário e encontram os esforços correspondentes, que são os coeficientes de rigidez  $m_{CB2}$ ,  $m_{BC2}$ ,  $m_{CD2}$  e  $m_{DC2}$ .

$$m_{CB2} = \frac{J}{L_2} \quad / \quad m_{BC2} = 0,5 \cdot m_{CB2}$$

$$m_{CD2} = \frac{J}{L_3} \quad / \quad m_{DC2} = 0,5 \cdot m_{CD2}$$

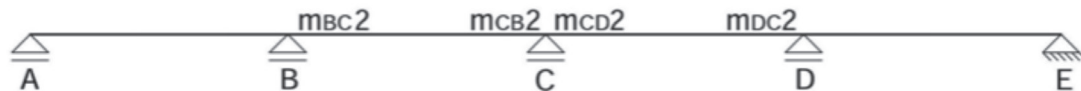
em que:

J: momento de inércia de seção transversal em relação ao seu eixo neutro;

L: comprimento dos vãos.

### 2.4.1 Croqui $\Delta 2$

Figura 4 – Croqui  $\Delta 2$



Fonte: Autores.

## 2.5 APLICAÇÃO DE $\Delta 3 = \frac{1}{4E}$ NO SISTEMA HIPERGEOMÉTRICO

Impõe-se o deslocamento unitário e encontram os esforços correspondentes, que são os coeficientes de rigidez  $m_{DC3}$ ,  $m_{CD3}$  e  $m'_{DE3}$ :

$$m_{DC3} = \frac{J}{L^3} \quad / \quad m_{CD3} = 0,5 \cdot M_{DC3} \quad / \quad m'_{DE3} = 0,75 \cdot \frac{J}{L^4}$$

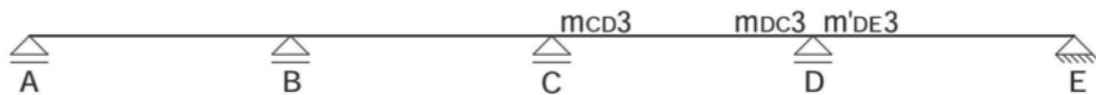
em que:

J: momento de inércia de seção transversal em relação ao seu eixo neutro;

L: comprimento dos vãos.

### 2.5.1 Croqui $\Delta 3$

Figura 5 – Croqui  $\Delta 3$



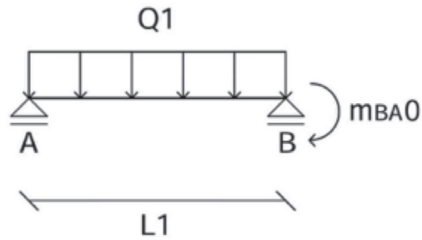
Fonte: Autores.

## 2.6 APLICAÇÃO DA CARGA EXTERNA NO SISTEMA HIPERGEOMÉTRICO

Ao se aplicar o princípio de superposição de efeitos, inicialmente fixa-se a estrutura, aplicam-se as cargas nas barras e calculam-se os esforços de engastamento perfeito (ROVERE; MORAES, 2005). Assim como no *software Ftool*, adotou-se  $-Q$ , quando a carga fizer esforço para baixo e  $+Q$ , quando a carga fizer esforço para cima. De acordo com a tabela de Sussekind (1980), obtêm-se as seguintes equações para os respectivos casos.

### 2.6.1 Carga externa no trecho AB

Figura 6 – Aplicação da carga externa no trecho AB e o momento despertado

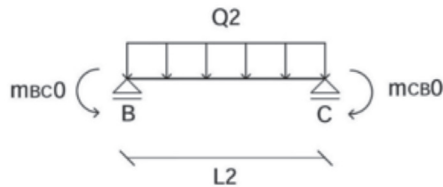


$$m_{BA0} = \frac{Q_1 \cdot L_1^2}{8}$$

Fonte: Autores.

### 2.6.2 Carga externa no trecho BC

Figura 7 – Aplicação da carga externa no trecho BC e os momentos despertados



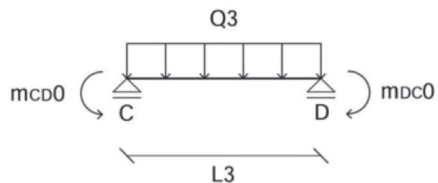
$$M_{CB0} = \frac{Q_2 \cdot L_2^2}{12}$$

$$M_{BC0} = -\left(\frac{Q_2 \cdot L_2^2}{12}\right)$$

Fonte: Autores.

### 2.6.3 Carga externa no trecho CD

Figura 8 – Aplicação da carga externa no trecho CD e os momentos despertados



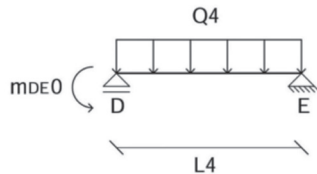
$$M_{DC0} = \frac{Q_3 \cdot L_3^2}{12}$$

$$M_{CD0} = -\left(\frac{Q_3 \cdot L_3^2}{12}\right)$$

Fonte: Autores.

### 2.6.4 Carga externa no trecho DE

Figura 9 – Aplicação da carga externa no trecho DE e o momento despertado

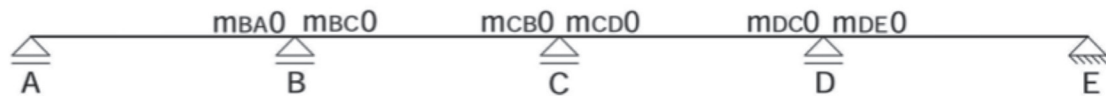


$$M_{DE0} = -\left(\frac{Q_4 \cdot L_4^2}{8}\right)$$

Fonte: Autores.

## 2.6.5 Croqui da carga externa

Figura 10 – Croqui da carga externa



Fonte: Autores.

## 2.7 MOMENTOS RESULTANTES NOS NÓS

São os somatórios dos coeficientes de rigidez e os esforços de engastamento perfeito, que serão aplicados na equação de compatibilidade.

$$\begin{aligned} \text{NÓ 1: } \beta_{11} &= m'_{BA}1 + m_{BC}1 \\ \beta_{12} &= m_{BC}2 \\ \beta_{13} &= 0 \\ \beta_{10} &= m_{BA}0 + m_{BC}0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NÓ 2: } \beta_{21} &= m_{CB}1 \\ \beta_{22} &= m_{CB}2 + m_{CD}2 \\ \beta_{23} &= m_{CD}3 \\ \beta_{20} &= m_{CB}0 + m_{CD}0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NÓ 3: } \beta_{31} &= 0 \\ \beta_{32} &= m_{DC}2 \\ \beta_{33} &= m_{CD}3 + m_{DE}3 \\ \beta_{30} &= m_{DC}0 + m_{DE}0 \end{aligned}$$

## 2.8 EQUAÇÕES DE COMPATIBILIDADE

Conforme Süsserkind (1977), considerando-se que a estrutura em questão é três vezes hiperestática, as conhecidas equações de compatibilidade são assim redigidas:

$$\left\{ \begin{array}{l} \beta_{11}.\Delta_1 + \beta_{12}.\Delta_2 + \beta_{13}.\Delta_3 + \beta_{10} = 0 \\ \beta_{21}.\Delta_1 + \beta_{22}.\Delta_2 + \beta_{23}.\Delta_3 + \beta_{20} = 0 \\ \beta_{31}.\Delta_1 + \beta_{32}.\Delta_2 + \beta_{33}.\Delta_3 + \beta_{30} = 0 \end{array} \right\}$$

Obtêm-se os valores de .

O número de equações de compatibilidade na relação matricial é igual ao número de deslocabilidade da estrutura. A resolução deste sistema tem como objetivo determinar os valores das deslocabilidades, de tal modo que as condições de compatibilidade sejam respeitadas (MARTHA, 2010).

## 2.9 EQUAÇÃO DE FECHAMENTO

Essas equações têm por finalidade determinar os valores dos momentos fletores finais ( $M$ ). Podem ser obtidos pela superposição dos diagramas de momento fletores dos casos básico, visto anteriormente (MARTHA, 2010).

$$M = M_0 + M_1 + M_2 + M_3 \cdot \Delta_3$$

Sendo que o diagrama  $M_0$  corresponde ao caso da carga externa (2.6) e os diagramas  $M_1$ ,  $M_2$  e  $M_3$  são provocados por valores unitários das deslocabilidades nos casos 2.3, 2.4 e 2.5 respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{NÓ 1: } M'_{BA} &= m_{BA} \cdot 0 + m'_{BA} \cdot 1 \cdot \Delta_1 \\ M_{BC} &= m_{BC} \cdot 0 + m_{BC} \cdot 1 \cdot \Delta_1 + m_{BC} \cdot 2 \cdot \Delta_2 \end{aligned}$$

Sendo que seus valores são iguais em módulo.

$$\begin{aligned} \text{NÓ 2: } M_{CB} &= m_{CB} \cdot 0 + m_{CB} \cdot 1 \cdot \Delta_1 + M_{CB} \cdot 2 \cdot \Delta_2 \\ M_{CD} &= m_{CD} \cdot 0 + m_{CD} \cdot 2 \cdot \Delta_2 + m_{CD} \cdot 3 \cdot \Delta_3 \end{aligned}$$

Sendo que seus valores são iguais em módulo.

$$\begin{aligned} \text{NÓ 3: } M_{DC} &= m_{DC} \cdot 0 + m_{DC} \cdot 2 \cdot \Delta_2 + M_{DC} \cdot 3 \cdot \Delta_3 \\ M'_{DE} &= m_{DE} \cdot 0 + m'_{DE} \cdot 3 \cdot \Delta_3 \end{aligned}$$

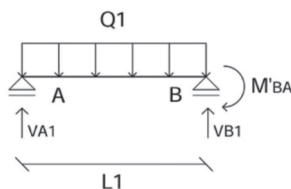
Sendo que seus valores são iguais em módulo.

### 2.10 REAÇÕES DE APOIO

De acordo com Sussekind (1981), reações de apoio são forças que se opõem as cargas que são aplicadas nas estruturas.

#### 2.10.1 Trecho AB

Figura 11 – Cálculo das reações de apoio (trecho AB)



$$V_{B1} = -\left(\frac{Q1 \cdot L1}{2}\right) - \left(\frac{M'_{BA}}{L1}\right)$$

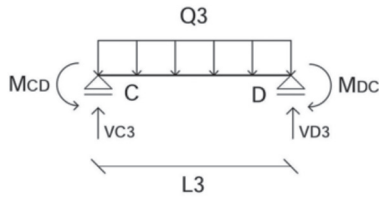
$$V_{A1} = -\left(\frac{Q1 \cdot L1}{2}\right) + \left(\frac{M'_{BA}}{L1}\right)$$

Fonte: Autores.



### 2.10.2 Trecho BC

Figura 12 – Cálculo das reações de apoio (trecho BC)



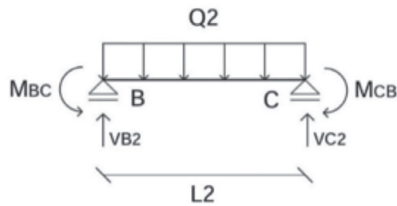
$$V_{C2} = -\left(\frac{Q2 \cdot L2}{2}\right) - \left(\frac{M_{CB}}{L2}\right) - \left(\frac{M_{BC}}{L2}\right)$$

$$V_{B2} = -\left(\frac{Q2 \cdot L2}{2}\right) + \left(\frac{M_{CB}}{L2}\right) + \left(\frac{M_{BC}}{L2}\right)$$

Fonte: Autores.

### 2.10.3 Trecho CD

Figura 12 – Cálculo das reações de apoio (trecho CD)



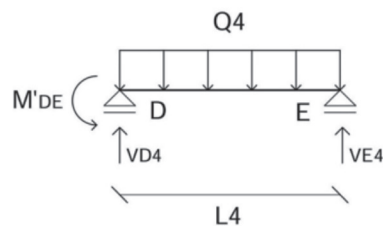
$$V_{D3} = -\left(\frac{Q3 \cdot L3}{2}\right) - \left(\frac{M_{DC}}{L3}\right) - \left(\frac{M_{CD}}{L3}\right)$$

$$V_{C3} = -\left(\frac{Q3 \cdot L3}{2}\right) + \left(\frac{M_{DC}}{L3}\right) + \left(\frac{M_{CD}}{L3}\right)$$

Fonte: Autores.

### 2.10.4 Trecho DE

Figura 13 – Cálculo das reações de apoio (trecho DE)



$$V_{D4} = -\left(\frac{Q4 \cdot L4}{2}\right) + \left(\frac{M'_{DE}}{L4}\right)$$

$$V_{E4} = -\left(\frac{Q4 \cdot L4}{2}\right) - \left(\frac{M'_{DE}}{L4}\right)$$

Fonte: Autores.

Logo,

$$V_A = |V_A1|$$

$$V_B = |V_B1 + V_B2|$$

$$V_C = |V_C2 + V_C3|$$

$$V_D = |V_D3 + V_D4|$$

$$V_E = |V_E4|$$

## 2.11 CÁLCULO DO MOMENTO MÁXIMO

O momento máximo ocorre quando o esforço cortante é zero, assim temos:

### 2.11.1 Trecho AB

$$X_1 = \frac{VA}{Q_1} / M_1 = VA \cdot X_1 + \frac{Q_1 \cdot X_1^2}{2}$$

Se  $x_1 > L_1$ , não existe momento máximo no trecho.

### 2.11.2 Trecho BC

$$X_2 = \frac{VB_2}{Q_2} / M_2 = VB_2 \cdot X_2 + \frac{Q_2 \cdot X_2^2}{2} - MBC$$

Se  $x_2 > L_2$ , não existe momento máximo no trecho.

### 2.11.3 Trecho CD

$$X_3 = \frac{VC_3}{Q_3} / M_3 = VC_3 \cdot X_3 + \frac{Q_3 \cdot X_3^2}{2} - MCD$$

Se  $x_3 > L_3$ , não existe momento máximo no trecho.

### 2.11.4 Trecho DE

$$X_4 = \frac{VD_4}{Q_4} / M_4 = VD_4 \cdot X_4 + \frac{Q_4 \cdot X_4^2}{2} - M'DE$$

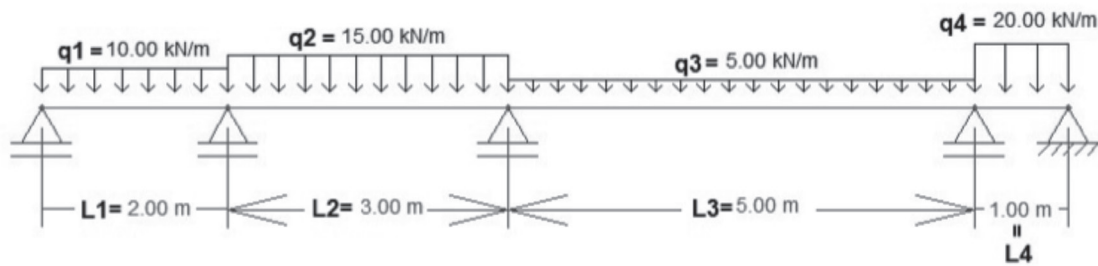
Se  $x_4 > L_4$ , não existe momento máximo no trecho.

## 3 APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO PARA A RESOLUÇÃO DE ALGUNS PROBLEMAS

Foram feitos 3 exemplos para a comprovação do método, o código da programação encontra-se no apêndice A.

Exemplo 1:

Figura 14 – Esquema estático do exemplo 1



Fonte: Software Ftool.

Primeiramente abre-se o *Scilab*, vai em aplicativos e seleciona sciNotes, abre a programação e clica no botão salvar e executar (FIGURA 15).

Figura 15 – Página do sciNotes em destaque o botão salvar e executar

```

Arquivo Editar Formatar Opções Janela Executar ?
Programa Viga Hiperestática.sce (C:\Users\VITOR\Desktop\VITOR\Faculdade - Eng. Civil 2019 Semestre 1\Calc
Programa Viga Hiperestática.sce [X] Salvar e executar
1
2 function calculo(q1,q2,q3,q4, L1, L2, L3, L4)
3 J=50
4 // Momento referente ao apoio B
5 mba1= (0.75 .* J) ./ L1
6 mbc1= J ./ L2
7 mcb1=0.5 .* mbc1
8 // Momento referente ao apoio C:
9 mcb2= J ./ L2
10 mbc2= 0.5 .* mcb2
11 mcd2=J ./ L3
12 mdc2=0.5 .* mcd2
13
14 // Momento referente ao apoio D:
15 mdc3= J ./ L3
16 mcd3= 0.5 .* mdc3
17 mde3=(J.*0.75) ./ L4
18

```

Fonte: Software Scilab.

Ao salvar e executar volta-se para a página inicial do *Scilab* e digitamos os valores desejados das cargas ( $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  e  $q_4$ ) e os comprimentos ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ ) (FIGURA 16).

Figura 16 – Caso geral do problema

```

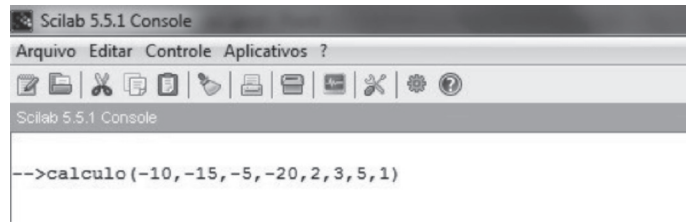
Scilab 5.5.1 Console
Arquivo Editar Controle Aplicativos ?
Scilab 5.5.1 Console
-->calculo(q1,q2,q3,q4, L1, L2, L3, L4)

```

Fonte: Software Scilab

Como já foi explicado anteriormente, adota-se negativo quando a carga for para baixo e positivo quando a carga for para cima.

Figura 17 – Dados de entrada do exemplo 1



```
Scilab 5.5.1 Console
Arquivo Editar Controle Aplicativos ?
Scilab 5.5.1 Console
-->calculo(-10,-15,-5,-20,2,3,5,1)
```

Fonte: Software Scilab.

Depois de digitado os dados de entrada, aperta o botão Enter e aparecerá os resultados na tela (FIGURA 18).

Figura 18 – Resultados obtidos pela programação

```
REAÇÕES DE APOIO
VA = 5.71143 Kn : Para cima
VB = 35.7056 Kn : Para cima
VC = 36.7463 Kn : Para cima
VD = 30.3467 Kn : Para cima
VE = 1.49008 Kn : Para cima

MOMENTO NOS APOIOS INTERNOS
Nó B = 8.57714 Kn.m : Momento Negativo
Nó C = 11.8262 Kn.m : Momento Negativo
Nó D = 8.50992 Kn.m : Momento Negativo

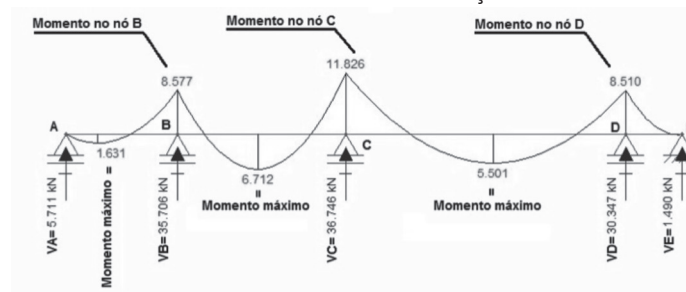
MOMENTO MÁXIMO NOS TRECHOS
TRECHO AB 1.63102 Kn.m : Momento Positivo
TRECHO BC 6.71243 Kn.m : Momento Positivo
TRECHO CD 5.50094 Kn.m : Momento Positivo
TRECHO DE 0.0555082 Kn.m : Momento Positivo

-->|
```

Fonte: Software Scilab.

Os resultados apresentados na Figura 18 podem ser comprovados pelo *software Ftool* (FIGURA 19).

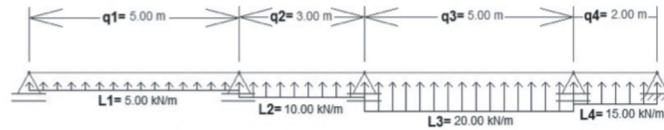
Figura 19 – Diagrama de momento fletor e suas reações



Fonte: Software Ftool.

Exemplo 2:

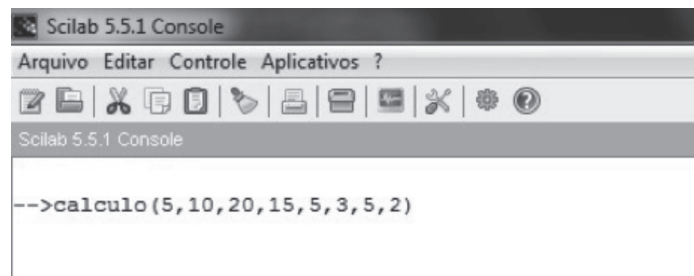
Figura 20 – Esquema estático do exemplo 2



Fonte: Software Ftool.

Segue o mesmo procedimento do exemplo 1

Figura 21 – Dados de entrada do exemplo 2



Fonte: Software Scilab.

Figura 22 – Resultados obtidos pela programação

```

REAÇÕES DE APOIO
VA = 10.8475 Kn : Para baixo
VB = 21.7341 Kn : Para baixo
VC = 71.3446 Kn : Para baixo
VD = 84.0171 Kn : Para baixo
VE = 2.9433 Kn : Para cima

MOMENTO NOS APOIOS INTERNOS
Nó B = 8.26234 Kn.m : Momento Positivo
Nó C = 30.5175 Kn.m : Momento Positivo
Nó D = 35.8866 Kn.m : Momento Positivo

MOMENTO MÁXIMO NOS TRECHOS
TRECHO AB 11.7669 Kn.m : Momento Negativo
TRECHO BC 5.3883 Kn.m : Momento Positivo
TRECHO CD 29.3268 Kn.m : Momento Negativo
TRECHO DE Não há momento máximo no trecho

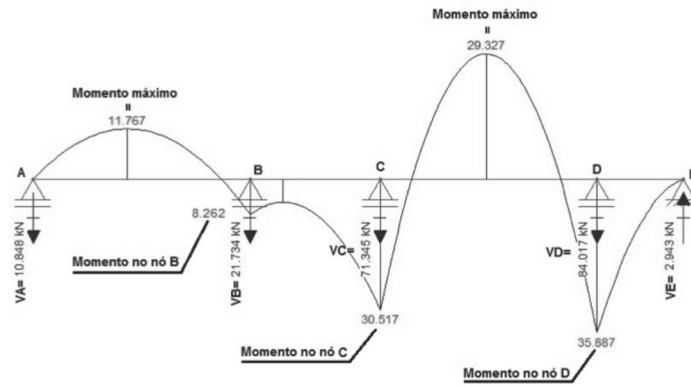
-->

```

Fonte: Software Scilab.

Os resultados apresentados na Figura 22 podem ser comprovados pelo software Ftool (FIGURA 23)

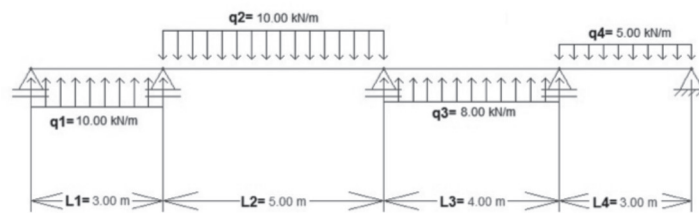
Figura 23 – Diagrama de momento fletor e suas reações



Fonte: Software Ftool.

Exemplo 3:

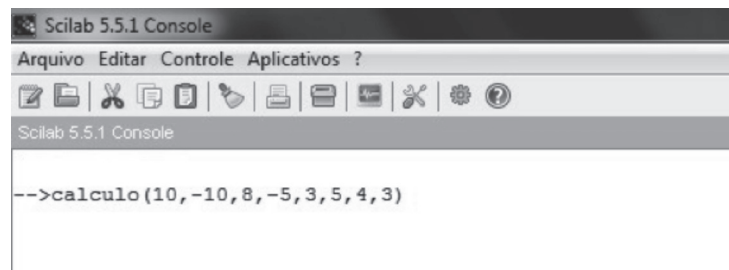
Figura 24 – Esquema estático do exemplo 3



Fonte: Software Ftool.

Segue os mesmos procedimentos dos outros exemplos acima e digita os dados de entrada (FIGURA 25).

Figura 25 – Dados de entrada do exemplo 3



Fonte: Software Scilab.

Figura 26 – Resultados obtidos pela programação

```

REAÇÕES DE APOIO
VA = 19.1856 Kn : Para baixo
VB = 14.9335 Kn : Para cima
VC = 12.7695 Kn : Para cima
VD = 16.1012 Kn : Para baixo
VE = 10.5838 Kn : Para cima

MOMENTO NOS APOIOS INTERNOS
Nó B = 12.5569 Kn.m : Momento Negativo
Nó C = 8.81786 Kn.m : Momento Negativo
Nó D = 9.25153 Kn.m : Momento Positivo

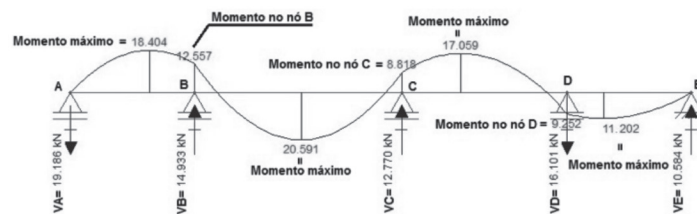
MOMENTO MÁXIMO NOS TRECHOS
TRECHO AB 18.4044 Kn.m : Momento Negativo
TRECHO BC 20.5906 Kn.m : Momento Positivo
TRECHO CD 17.0586 Kn.m : Momento Negativo
TRECHO DE 11.2018 Kn.m : Momento Positivo

```

Fonte: Software Scilab.

Os resultados apresentados na Figura 26 podem ser comprovados pelo *software Ftool* (FIGURA 27)

Figura 27 – Diagrama de momento fletor e suas reações



Fonte: Software Ftool.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar, levando-se em conta os resultados apresentados, a viabilidade da utilização do *software Scilab* na solução de problemas de mecânica das estruturas, podendo ser executadas também em outros softwares como *FreeMat*, *Octave* e até mesmo o *MatLab*, *softwares* que possuem uma interface similar, sendo o *MatLab* um *software* pago e uma interface ligeiramente mais trabalhosa. O mais importante é a lógica da programação e o *software* é apenas um facilitador algébrico.

Tendo em vista que a análise estrutural em épocas passadas procurava evitar tratamentos algébricos mais complicados por causa do excessivo trabalho manual, hoje não é mais necessário em razão do aprimoramento dos aplicativos de manipulação simbólica.

## REFERÊNCIAS

LA ROVERE, H. L.; MORAES, P. D. **ECV 5220 - análise estrutural II**. Apostila - Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LEITE, Mário. **Scilab - uma abordagem prática e didática**. v.1. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

MARTHA, L. F. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. V. 1, Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2010. 524p.

MATOS, L. R. **Softwares para engenharia civil**. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembí Murumbi, São Paulo, 2009.

RIGITANO, A. C.; OLIVEIRA NETO, L.; BASTOS, P. S. S. Sobre o uso de sistemas de computação algébrica na solução de problemas de mecânica das estruturas. **Revista CIATEC-UPF**, v. 3, p. 1-9, 2011.

SANDES, R. D. D.; AMBROSIO, R. C.; ANGELUCCI, C. A. Integração numérica de leis de velocidade diferenciais com o uso do SCILAB. **Química Nova** (Impresso), v. 36, p. 181-186, 2013.

SORIANO, H.L.; LIMA, S.S. **Análise de estruturas** – método das forças e dos deslocamentos. 2. ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2006.

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de análise estrutural**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1977.

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de análise estrutural**. v. 2. 6.ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1980.

SÜSSEKIND, José Carlos. **Curso de análise estrutural**. v. 1. 6.ed. Porto Alegre: Editora Globo, 1981.

---

**Data do recebimento:** 21 de julho de 2016

**Data da avaliação:** 9 de novembro de 2016

**Data de aceite:** 12 de dezembro de 2017

---

---

1 Graduando do curso de Engenharia Civil da Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: vitoresplanada@hotmail.com

2 Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Tiradentes – UNIT. E-mail: vitoresplanada@hotmail.com