INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

CAMPUS VOTUPORANGA

CÁLCULO DE ESFORÇOS EM VIGAS E PÓRTICOS ISOSTÁTICOS DETALHADO EM PDF

ALUNO: ALEX JUNIO FIDELIS LOPES

ORIENTADOR: GUSTAVO CABRELLI NIRSCHL

MODALIDADE DE IC: PIBIFSP

VIGENCIA: 09/03/2017 A 31/11/2017

NOVEMBRO DE 2017.

RESUMO

Existem inúmeros programas de computador que realizam quase todos os cálculos de engenharia civil, como o TQS (2015). Normalmente, tais programas mostram somente os resultados finais ou alguns passos para se chegar até eles. Por outro lado, é válido ressaltar que cabe ao engenheiro civil interpretar e aplicar os resultados na melhor maneira possível. Com essas considerações, foi criado no ano de 2016 uma base Cad para programas relacionados a engenharia civil, batizada de IFESTRUT. Neste ano de 2017 se deu fim a um dos módulos do programa criado, de maneira que realizasse os cálculos inerentes ao processo de cálculo dos esforços de momento, normal e cortante para estruturas isostáticas. O objetivo principal é o detalhamento de todos os passos de cálculo em um relatório em pdf.

Palavras-chave: *CAD. Base CAD. CAD On-line, Esforços.*

ABSTRACT

There are numerous computer programs that perform almost all civil engineering calculations, such as TQS (2015). Typically, such programs show only the end results or a few steps to get to them. On the other hand, it is worth emphasizing that it is up to the civil engineer to interpret and apply the results in the best possible way. With these considerations in mind, in 2016, a Cad database was created for programs related to civil engineering, called IFESTRUT. In the year 2017 a module of the programs was created, in a way that performs the calculations inherent to the process of development of bending moment, axial and shear forces for isostatic structures. The main objective is to detail all the calculation steps in a pdf report.

Keywords: *CAD. Base CAD. Online CAD. Forces.*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 6
APRESENTAÇÃO TEÓRICA 8
RESULTADOS 13
CONCLUSÕES 32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo. Fonte: Beer (2011). 8
Figura 2: Convenção para cálculo de esforços de momento fletor e cortante. 9
Figura 3: Diagramas finais. 12
Figura 4: Tela Inicial. 13
Figura 5: Acionamento da função "GRAU DE HIPERESTATICIDADE". 14
Figura 6: Exemplo de apresentação do resultado quanto ao grau de hiperestaticidade. 14
Figura 7: Acionamento da função: "DIAGRAMAS ISOSTÁTICA" depois de desenhada a estrutura. 15
Figura 8: Resultados das reações de apoio – exemplo 1. 16
Figura 9: Resultados das reações de apoio – exemplo 2. 17
Figura 10: Resultados das reações de apoio – exemplo 3. 18
Figura 11: Resultados das reações de apoio – exemplo 4. 19
Figura 12: Resultados das reações de apoio – exemplo 5. 20
Figura 13: Resultados das reações de apoio – exemplo 6. 22
Figura 14: Entrada de dados – exemplo 7. 23
Figura 15: Escolha da posição relativa da barrra, na qual se deseja calcular os esforços para o exemplo 7. 24
Figura 16: Escolha do nó que representa o lado que se deseja considerar para calcular os esforços para o exemplo 7. 25
Figura 17: Resultados das reações de apoio e grau de hiperestaticidade para o exemplo 7. ... 26
Figura 18: Página 1 do relatório gerado. 27
Figura 19: Página 2 do relatório gerado. 28
Figura 20: Página 3 do relatório gerado. 29
Figura 21: Página 4 do relatório gerado. 30
Figura 22: Página 5 do relatório gerado. 31

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Sabe-se que novas tecnologias vêm surgindo em substituição ou complementação a diferentes métodos que antes eram realizados de maneira mais rudimentar. No âmbito da engenharia civil, dentre as atribuições do engenheiro, surgiram novos meios de se fazer, por exemplo, dimensionamento de estruturas, realização de projetos hidráulicos e elétricos e design de interiores.

Sabe-se que muitos programas de computador desse segmento apresentam apenas alguns passos dos cálculos efetuados ou simplesmente mostram os resultados finais. Pode-se citar como exemplo o FTOOL (2016), um programa de análise estrutural, e o TQS (2015), sobre dimensionamento de concreto armado.

Neste contexto, seguindo a linha de pesquisa do grupo cadastrado no CNPQ focado em programas de computador voltados para o cálculo de estruturas, será apresentado um *software on-line* voltado para o cálculo de estruturas que contrapõe as deficiências citadas anteriormente, pois o programa em questão tem como premissa básica mostrar os passos

desenvolvidos para obtenção de resultados. A partir de um ambiente gráfico 2D criado no ano de 2016, batizado de IFESTRUT, está sendo apresentado aqui um módulo para calcular os esforços de estruturas isostáticas (momento fletor, normal e cortante).

Com este módulo, o usuário pode calcular o grau de hiperestaticidade de uma estrutura que seja aberta e que não tenha a presença de ligações rotuladas, podendo verificar se ela é isostática, hiperestática ou hipostática, calcular os valores de reações nos apoios, de momento fletor, cortante e normal, além de gerar relatório com todos os passos de cálculo.

CAPÍTULO 2

APRESENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica para o desenvolvimento do ambiente CAD pode ser encontrada em W3... (2015), consistindo no estudo relacionado à programação HTML/Javascript.

A teoria utilizada para os cálculos do das reações e esforços é a teoria clássica de resolução de estruturas isostáticas, ou seja, o Método das Seções, encontrada, por exemplo, em Beer (2011), exemplificada na sequência.

Tendo a estrutura a seguir, podemos calcular seu grau de hiperestaticidade, suas reações de apoio, e valores dos esforços de momento e cortante para determinadas seções.

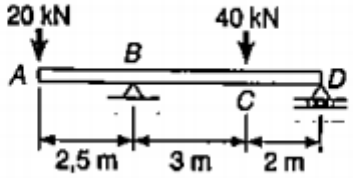


Figura 1: Exemplo. Fonte: Beer (2011).

Solução:

Para estruturas não rotuladas e abertas, o cálculo do grau de hiperestaticidade se resume a GH (grau) = R (número de reações) – 3. Temos que cada engaste possui 3 reações (vertical, horizontal e momento), cada apoio fixo possui 2 reações (vertical e horizontal) e cada apoio móvel 1 reação (vertical). Se GH for igual a zero, temos uma estrutura isostática; se GH for menor que zero, temos uma hipostática e; se GH for maior que zero, a estrutura é classificada como hiperestática. Logo, para a barra em questão GH=(2+1) – 3 = 0 → estrutura isostática. Para o cálculo das reações nos apoios (apoio fixo NÓ B e apoio móvel NÓ D) teremos (considerando x a direção horizontal e y a direção vertical):

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) → HB = 0

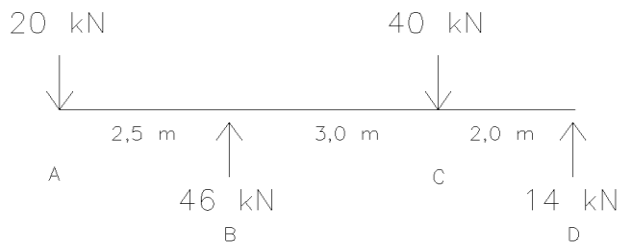
$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → VB + VD – 20 – 40 = 0 → VB + VD = 60 kN

$\sum M_B = 0$ (adotando NÓ "B" e positivo no sentido anti-horário) → VB*0 + VD*5 +20*2,5 – 40*3 = 0

→ VD = 70/5→ VD = 14 kN

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0$ → VB + 14 = 60→ VB = 46 kN

O resultado fica:



Depois de calculados os esforços, por meio do método das seções já citado, nos pontos notáveis (apoios e ações concentradas, no caso, NÓ A, NÓ B, NÓ C e NÓ D), pode-se plotar os diagramas dos esforços. A versão atual de 2017 do programa aqui apresentado permite o cálculo dos esforços em qualquer ponto, sendo que o usuário pode desenhar os diagramas plotando os valores, usando qualquer software que permita criar gráficos.

Para o diagrama dos esforços cortante e momento fletor em vigas, usa-se a convenção abaixo:

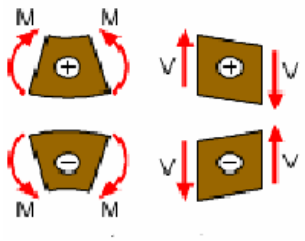


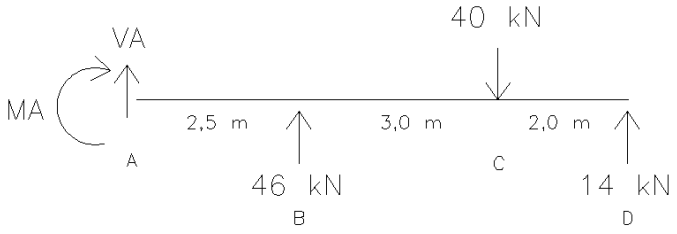
Figura 2: Convenção para cálculo de esforços de momento fletor e cortante. Disponível em <http://resistencia-dos-materiais.blogspot.com.br/2014/02/diagrama-de-momento-fletor-e-forca_25.html>. Acesso em 04/07/2017.

Em estruturas que não são vigas, o momento é plotado sempre no lado tracionado da barra, o cortante tem a mesma convenção da figura acima (giro da barra no sentido anti-horário) e o esforço normal é positivo se tracionar a barra.

Continuando os cálculos dos esforços para o exemplo, adotando sinal positivo horário para momento e sinal positivo para cima para cortante, temos:

NÓ A – CONSIDERANDO A ESTRUTURA À DIREITA:

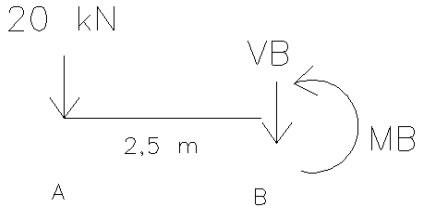
Obs: Quando não há momento ou ação vertical concentrada sobre o nó, os valores calculados considerando a estrutura à direita ou à esquerda são iguais, sendo que pode se considerar o lado mais fácil para os cálculos. No caso de forças ou momentos concentrados, deve-se calcular pelos 2 lados, sendo que o diagrama dá um salto naquele ponto, exatamente com o valor da força ou momento ali concentrado.



$\sum M_A = 0 \rightarrow MA - 46*2,5 + 40*5,5 - 14*7,5 = 0 \rightarrow MA = 0.$

$\sum Fy = 0 \rightarrow VA + 46 + 14 - 40 = 0 \rightarrow VA = -20$ kN

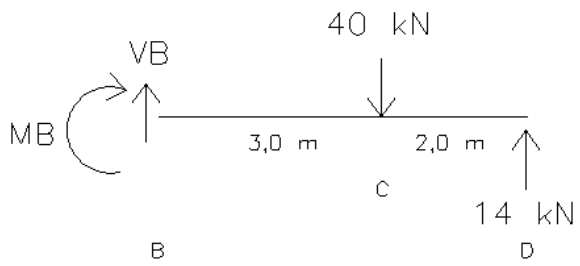
NÓ B – CONSIDERANDO A ESTRUTURA À ESQUERDA:



$\sum M_B = 0 \rightarrow -MB - 20*2,5 = 0 \rightarrow MB = -50$ kN*m.

$\sum Fy = 0 \rightarrow -VB - 20 = 0 \rightarrow VB = -20$ kN

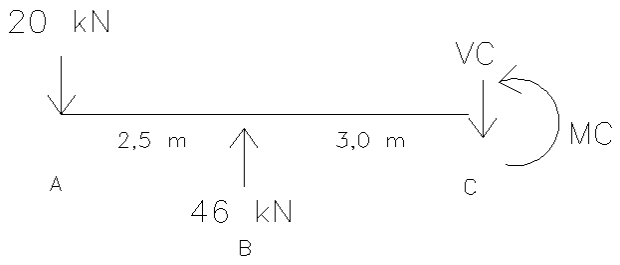
NÓ B – CONSIDERANDO A ESTRUTURA À DIREITA:



$\sum M_B = 0 \rightarrow MB + 40*3 - 14*5 = 0 \rightarrow MB = -50$ kN*m.

$\sum Fy = 0 \rightarrow VB + 14 - 40 = 0 \rightarrow VB = 26$ kN

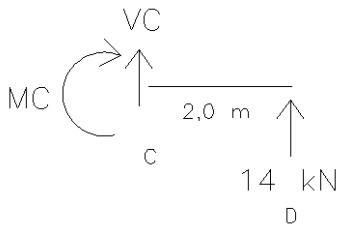
NÓ C – CONSIDERANDO A ESTRUTURA À ESQUERDA:



$\sum M_C = 0 \rightarrow -MC - 20*5,5 + 46*3 = 0 \rightarrow MC = 28$ kN*m.

$\sum Fy = 0 \rightarrow -VC + 46 - 20 = 0 \rightarrow VC = 26$ kN

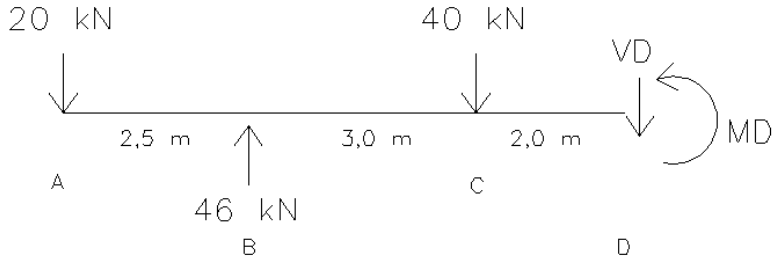
NÓ C – CONSIDERANDO A ESTRUTURA À DIREITA:



$\sum M_C = 0 \rightarrow MC - 14*2,0 = 0 \rightarrow MC = 28$ kN*m.

$\sum Fy = 0 \rightarrow VC + 14 = 0 \rightarrow VC = -14$ kN

NÓ D – CONSIDERANDO A ESTRUTURA À ESQUERDA:



$\sum M_D = 0 \rightarrow$ -MD -40*2,0 + 46*5 – 20*7,5 = 0 $\rightarrow$ MD = 0.

$\sum Fy = 0 \rightarrow$ -Vd - 40 – 20 + 46 = 0 $\rightarrow$ VC = -14 kN

Considerando todo o exposto anteriormente, podem-se calcular os esforços em mais pontos, chegando aos diagramas:

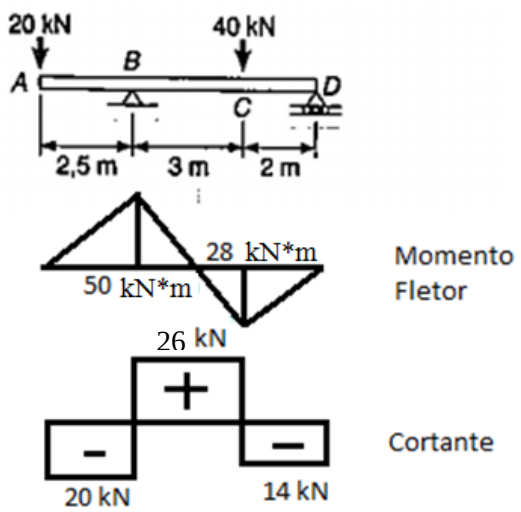


Figura 3: Diagramas finais.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

O *software* criado segundo as pesquisas de iniciação científica frentes 1 e 2 do ano 2016 (Base CAD) e o módulo que foi desenvolvido nessa pesquisa tem a tela inicial apresentada na Figura 1. O *software* já está publicado em http://vtp.ifsp.edu.br/nev.

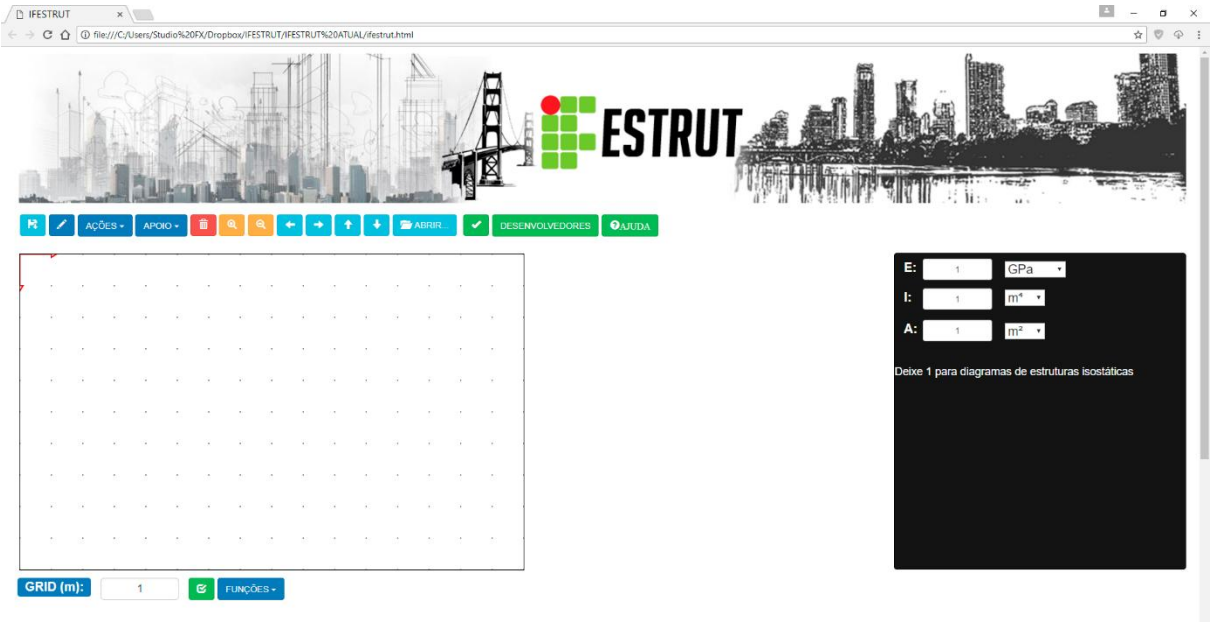


Figura 4: Tela Inicial.

Tendo uma estrutura desenhada, o primeiro passo de cálculo é o grau de hiperestaticidade. Como este é um passo bastante importante, decidiu-se deixá-lo também em um módulo em separado, como mostrado nas figuras 5 e 6. O programa só resolve estrutura aberta e que não tenha a presença de ligações rotuladas.

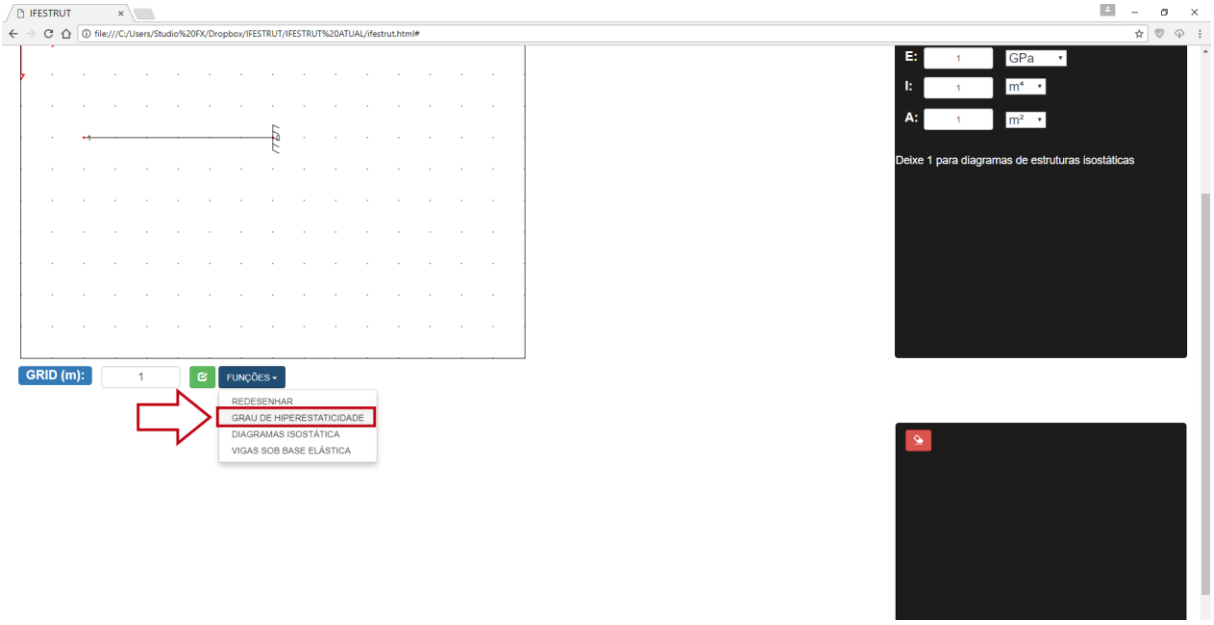


Figura 5: Acionamento da função “GRAU DE HIPERESTATICIDADE”.

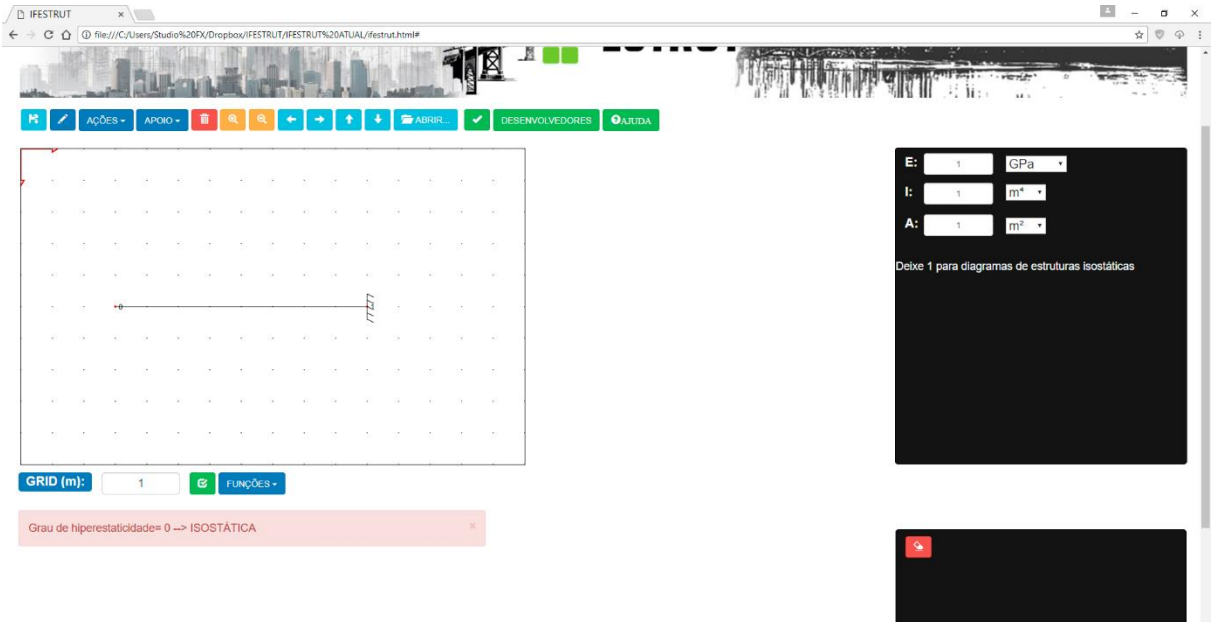


Figura 6: Exemplo de apresentação do resultado quanto ao grau de hiperestaticidade.

Conforme discorrido na apresentação teórica, no caso do exemplo da figura anterior, o grau de hiperestaticidade nulo pode ser justificado porque existe apenas um apoio do tipo engaste (3 reações), logo 3 – 3 = 0 (estrutura isostática).

Além do módulo de cálculo do grau de hiperestaticidade, o módulo principal criado nesta pesquisa é referente ao cálculo dos esforços de estruturas isostáticas que, obviamente, usará inicialmente as mesmas funções do módulo de cálculo do grau de hiperestaticidade. Caso a estrutura seja isostática, os cálculos continuam.

A função “DIAGRAMAS ISOSTÁTICA” permite o cálculo dos esforços em qualquer ponto escolhido pelo usuário, sendo que, como explicado anteriormente, o mesmo pode usar qualquer *software* que faça gráficos com valores para desenhar o diagrama. Iniciação científica em sequência pretende mostrar efetivamente os desenhos dos diagramas.

Seguem exemplos mostrando apenas o cálculo das reações de apoio.

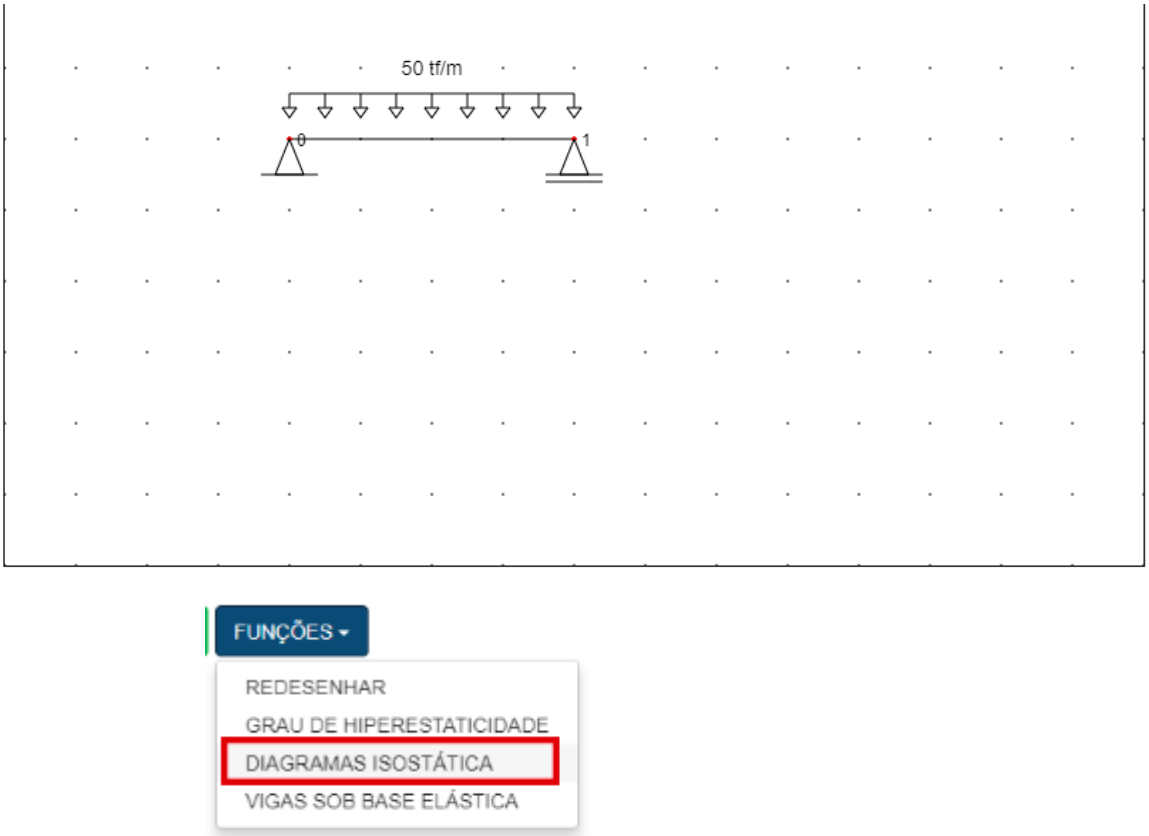


Figura 7: Acionamento da função: “DIAGRAMAS ISOSTÁTICA” depois de desenhada a estrutura.

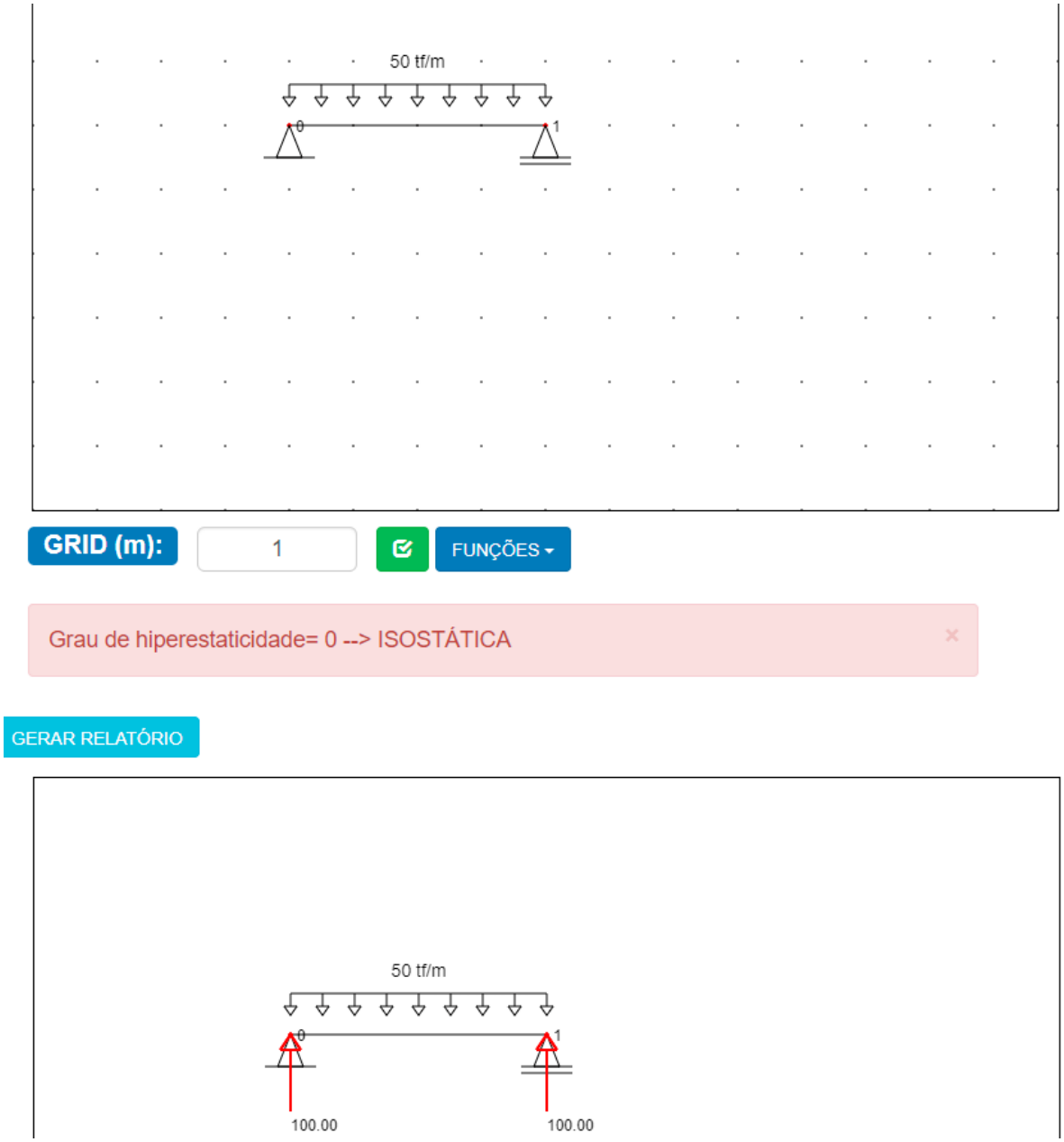


Figura 8: Resultados das reações de apoio – exemplo 1.

Conferindo os resultados, temos uma barra de 4 metros de extensão, com um apoio fixo (NÓ 0) e um apoio móvel (NÓ 1). Então:

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) → H0 = 0

$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → V0 + V1 – 200 = 0 → V0 + V1 = 200

$\sum M0 = 0$ (adotando NÓ "0" e positivo no sentido anti-horário) → V0*0 + V1*4 – 200*2 = 0 → V1 = 400/4→ V1 = 100 tf

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0$ → V0 + 100 = 200→ V0 = 100 tf

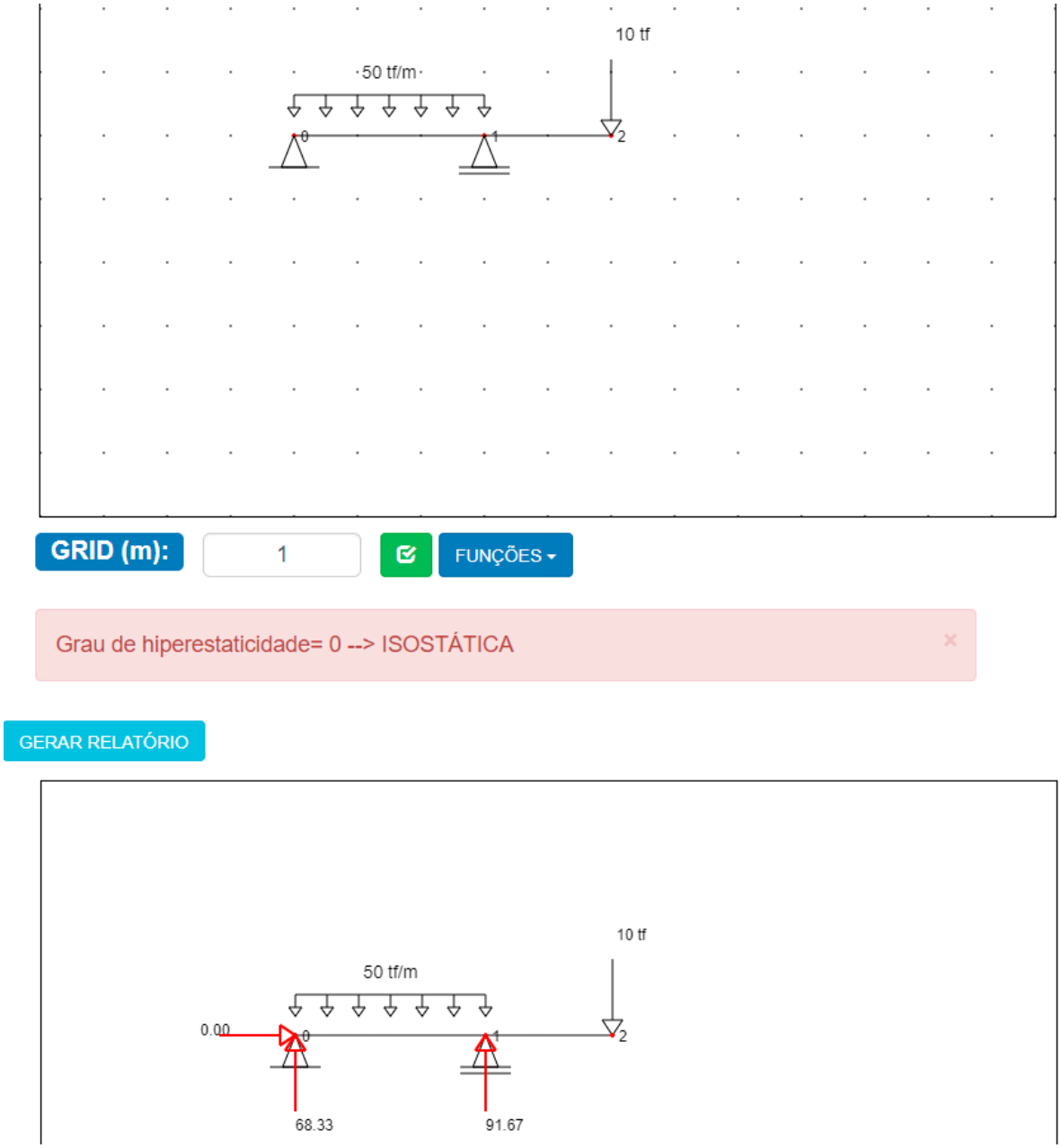


Figura 9: Resultados das reações de apoio – exemplo 2.

Uma barra de 3 metros de extensão, com um apoio fixo (NÓ 0) e um apoio móvel (NÓ 1) e um balanço de 2 metros.

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) → H0 = 0

$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → V0 + V1 – 150 – 10 = 0 → V0 + V1 = 160

$\sum M0 = 0$ (adotando NÓ "0" e positivo no sentido anti-horário) → V0*0 + V1*3 – 150*1,5 – 10*5 = 0

→ V1 = 275/3→ V1 = 91,67 tf

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0$ → V0 + 91,67 = 160→ V0 = 68,33tf

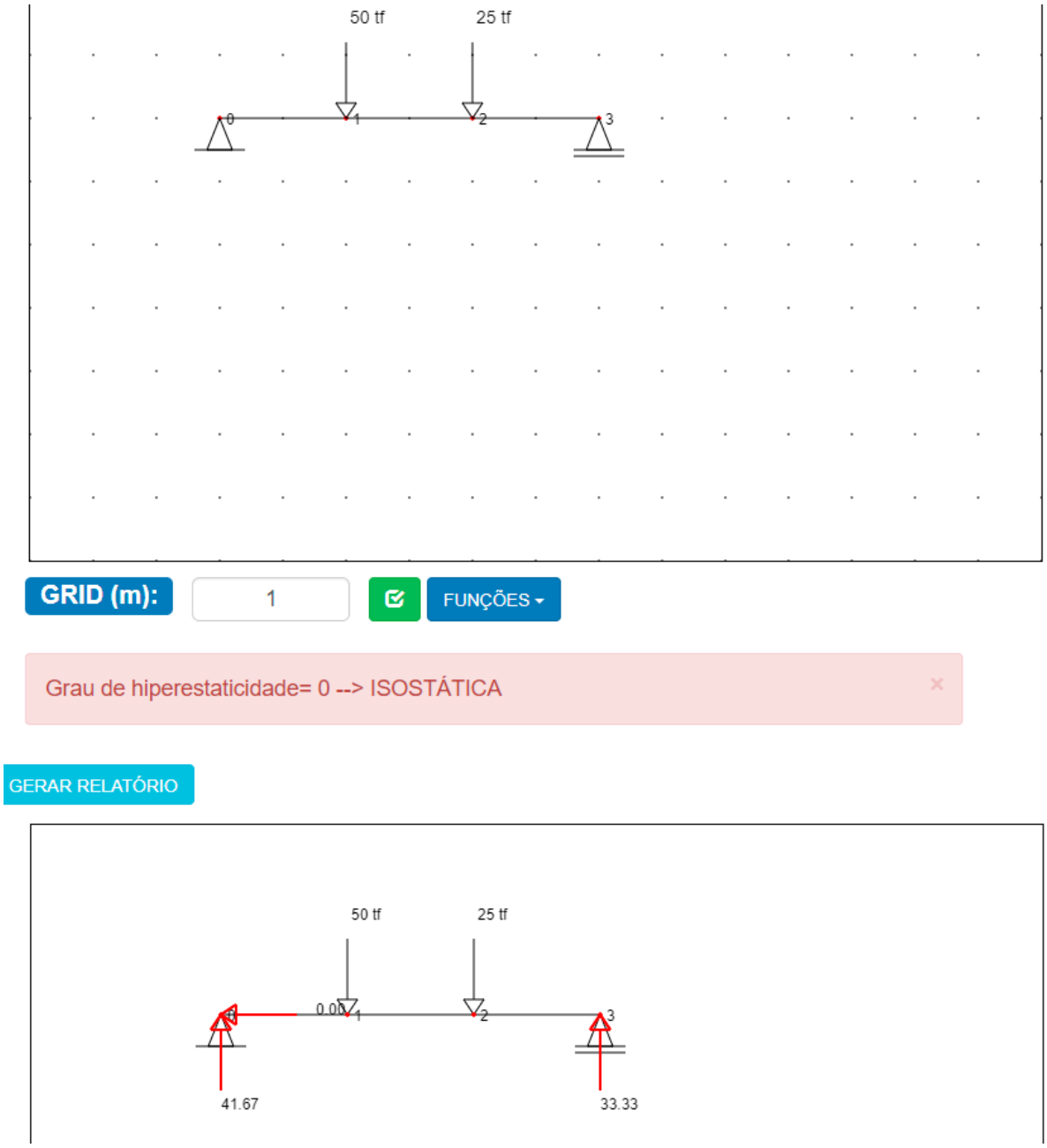


Figura 10: Resultados das reações de apoio – exemplo 3.

Uma barra de 6 metros de extensão, com um apoio fixo (NÓ 0) e um apoio móvel (NÓ 1).

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) → H0 = 0

$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → V0 + V1 – 50 – 25 = 0 → V0 + V1 = 75

$\sum M0 = 0$ (adotando NÓ "0" e positivo no sentido anti-horário) → V0*0 + V1*6 – 50*2 – 25*4 = 0

→ V1 = 200/6→ V1 = 33,33 tf

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0 \rightarrow V0 + 33{,}33 = 75 \rightarrow V0 = 41{,}67$ tf

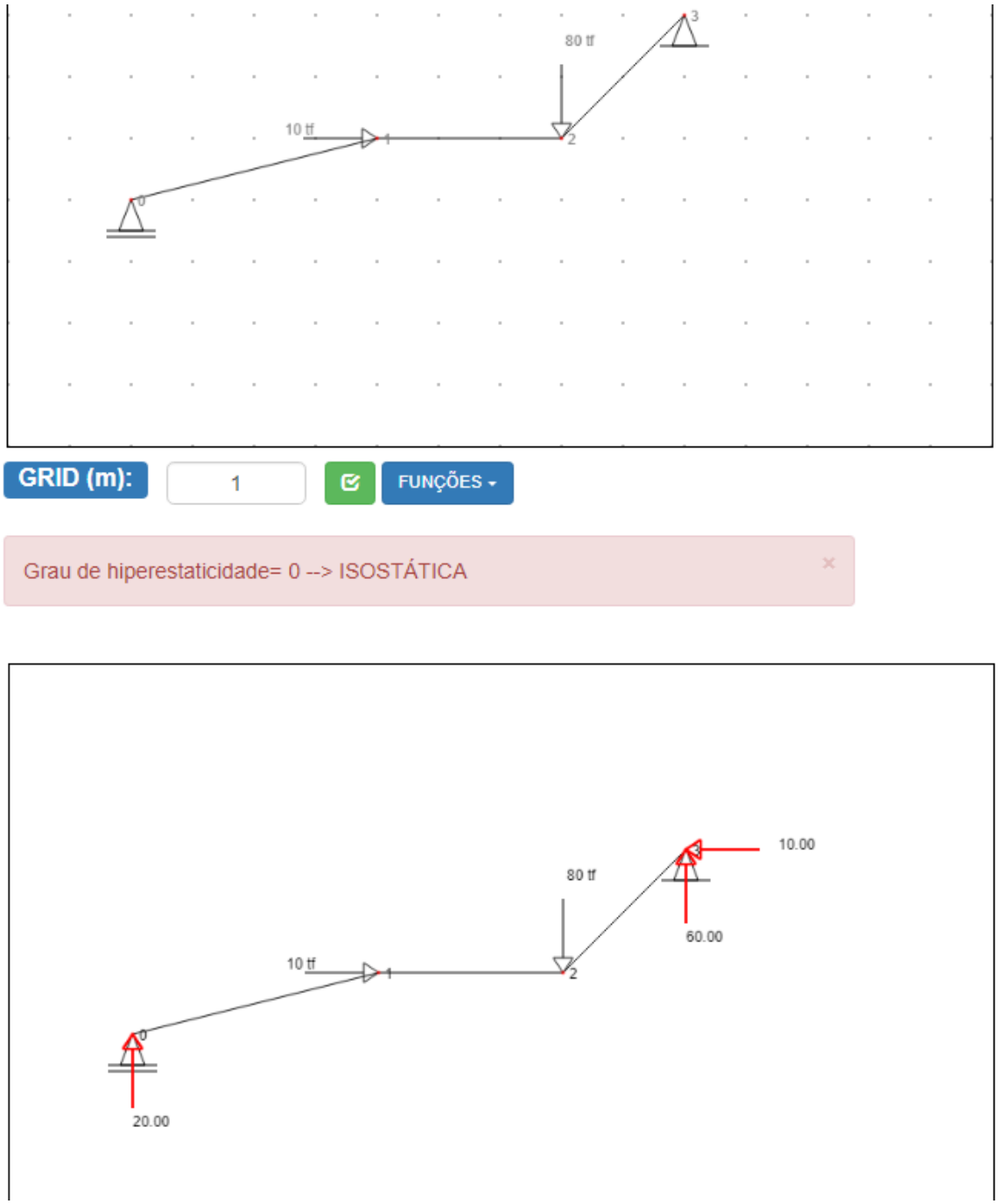


Figura 11: Resultados das reações de apoio – exemplo 4.

Uma barra de 9 metros de extensão horizontal, dotada de trechos inclinados, com um apoio fixo (NÓ 3) e um apoio móvel (NÓ 0).

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) $\rightarrow$ H3 = -10 tf.

$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → V0 + V3 – 80 = 0 → V0 + V3 = 80

$\sum M3 = 0$ (adotando NÓ "3" e positivo no sentido anti-horário) → V3*0 – V0*9 + 10*2 + 80*2 = 0

→ V0 = 180/9→ V0 = 20 tf

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0$ → 20 + V3 = 80→ V3 = 60 tf

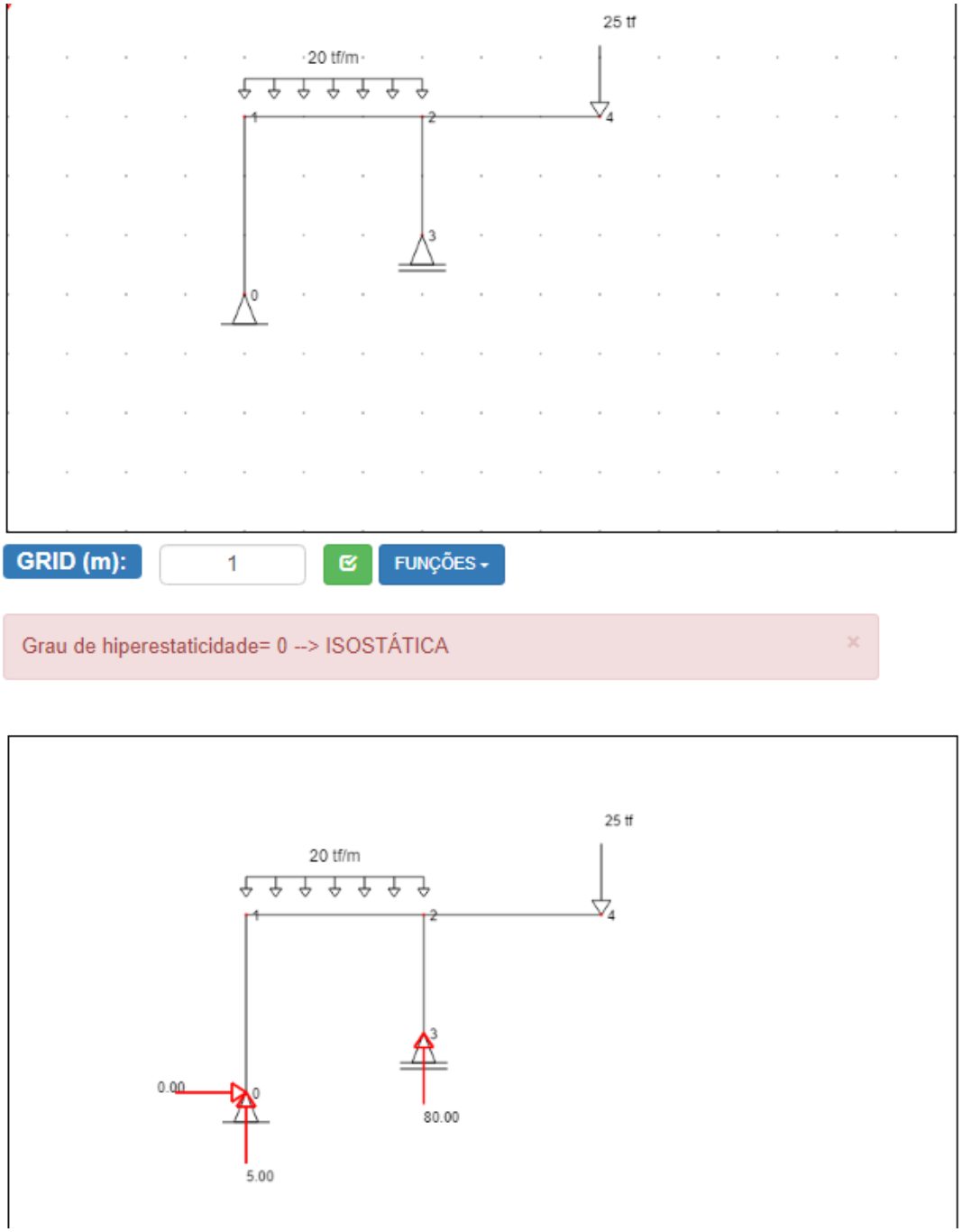


Figura 12: Resultados das reações de apoio – exemplo 5.

Um pórtico com barras horizontais e verticais, com um apoio fixo (NÓ 0) e um apoio móvel (NÓ 3), e um balanço de 3 metros.

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) → H0 = 0 tf.

$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → V0 + V3 – 60 – 25 = 0 → V0 + V3 = 85

$\sum M0 = 0$ (adotando NÓ "0" e positivo no sentido anti-horário) → V0*0 + V3*3 – 60*1,5 – 25*6 = 0

→ V3 = 240/3→ V3 = 80 tf

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0$ → V0 + 80 = 85→ V0 = 5 tf

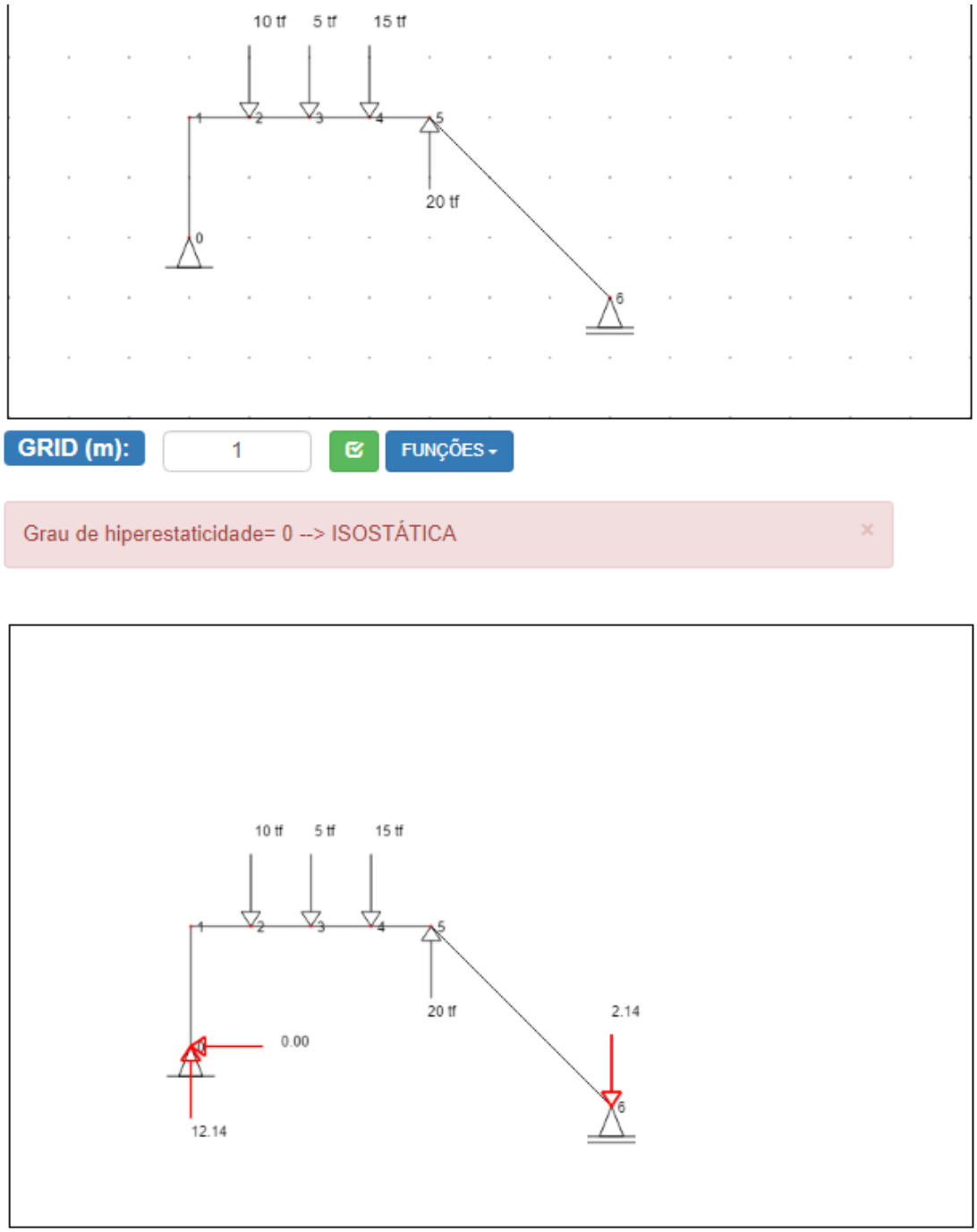


Figura 13: Resultados das reações de apoio – exemplo 6.

Um pórtico com barras horizontais e verticais, e inclinada com um apoio fixo (NÓ 0) e um apoio móvel (NÓ 3).

$\sum F_x = 0$ (adotando positivo para a direita) → H0 = 0 tf.

$\sum F_Y = 0$ (adotando positivo para cima) → V0 + V6 – 10 – 5 – 15 + 20 = 0 → V0 + V6 = 10

$\sum M0 = 0$ (adotando NÓ "0" e positivo no sentido anti-horário) → V0*0 + V6*7 – 10*1 – 5*2 – 15*3 + 20*4 = 0

→ V6 = – 15/7→ V6 = 2,14 tf

Voltando na equação: $\sum F_Y = 0$ → V0 – 2,14 = 10→ V0 = 12,14 tf

Nos exemplos anteriores (1 a 6), foram submetidas ao programa diferentes combinações de elementos de uma estrutura para validar os métodos computacionais utilizados. A seguir mostram-se exemplos de cálculo pelo programa dos esforços (valores de momento fletor, normal e cortante) no ponto escolhido pelo usuário.

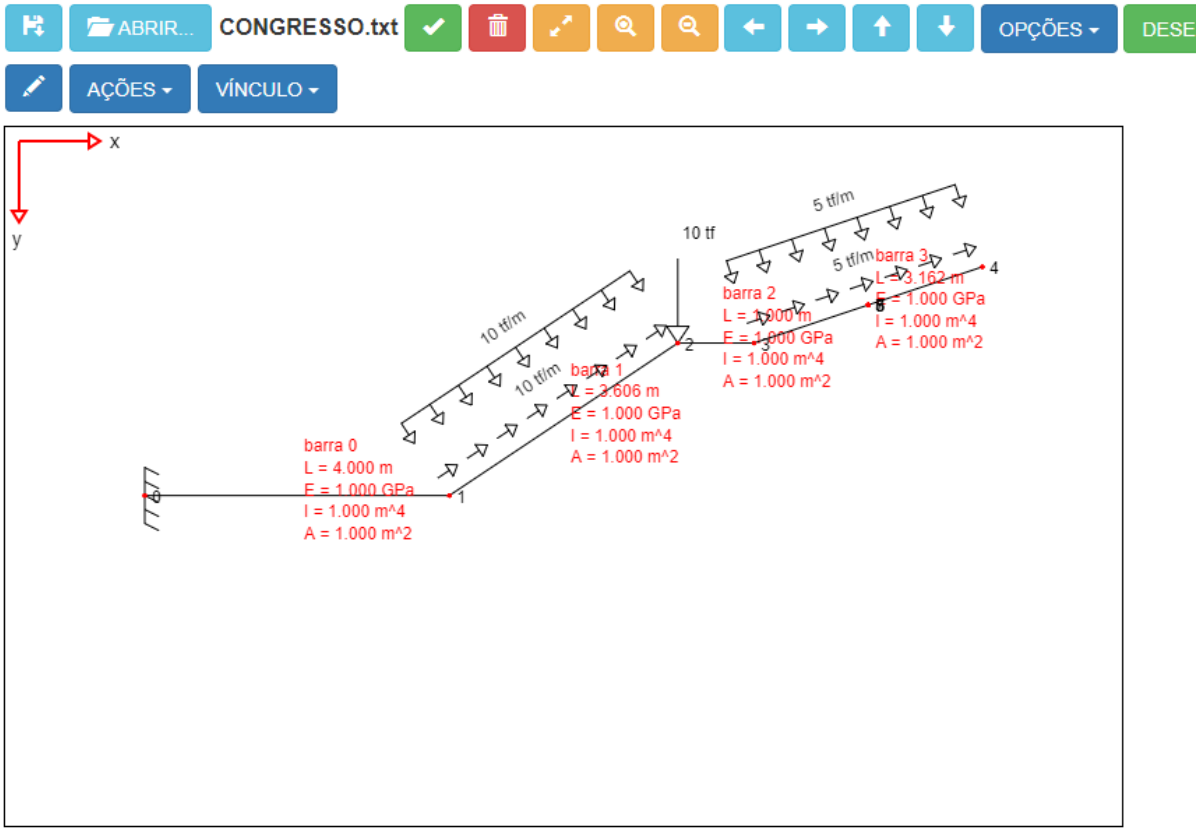


Figura 14: Entrada de dados – exemplo 7.

Depois de desenhada a estrutura, assim como nos exemplos anteriores, o usuário deve escolher a função "DIAGRAMAS ISOSTÁTICA". Feito isto, no caso do cálculo dos esforços, o usuário é solicitado a selecionar uma barra para, posteriormente, escolher um ponto, dentro dela, que quer calcular os esforços. Na figura a seguir encontra-se a barra selecionada e a solicitação para que o usuário defina onde fica o ponto que se quer considerar, entrando com o valor de 0 a 1 correspondente à posição relativa do ponto.

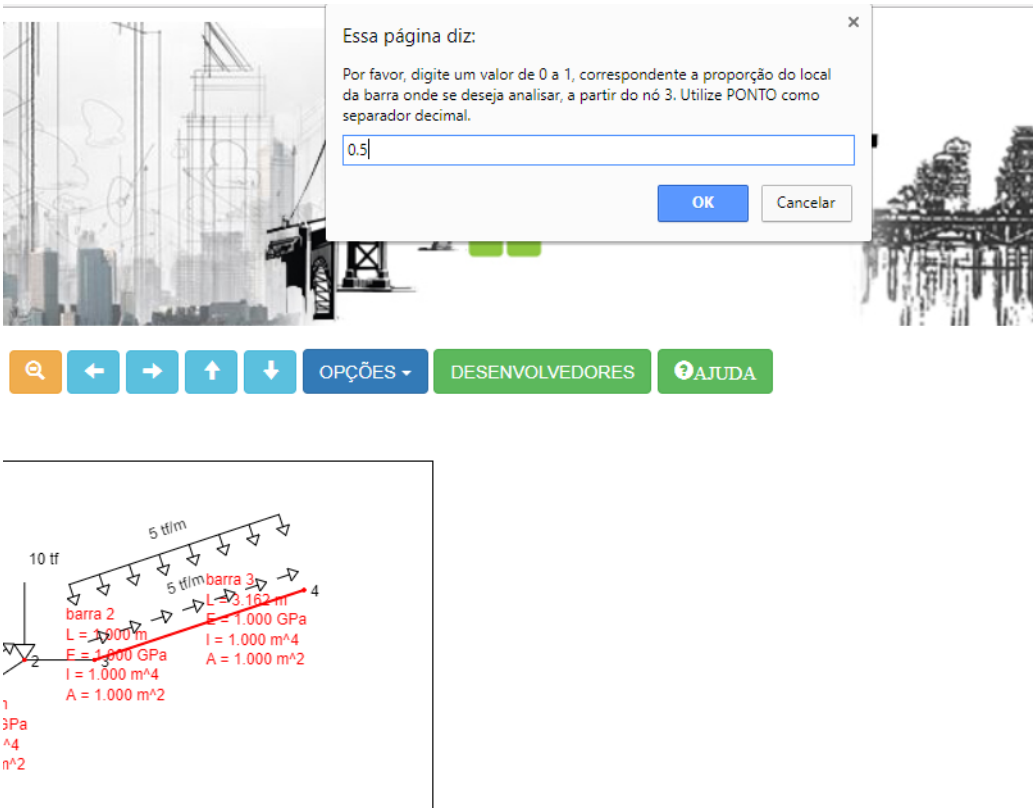


Figura 15: Escolha da posição relativa da barrra, na qual se deseja calcular os esforços para o exemplo 7.

No exemplo da figura anterior, o usuário digitou 0,5, significando que quer o ponto central daquela barra. Na sequência, o programa precisa do lado que o usuário pretende considerar para o cálculo dos esforços (esquerda ou direita do ponto). Para tanto, o programa solicita o número do nó que representa este lado.

Figura 16: Escolha do nó que representa o lado que se deseja considerar para calcular os esforços para o exemplo 7.

Feito isto, o programa mostra, na tela gráfica de saída, as reações de apoio (veja a figura a seguir). O usuário deve selecionar o botão “GERAR RELATÓRIO” para ter o cálculo detalhado dos esforços no ponto previamente selecionado.

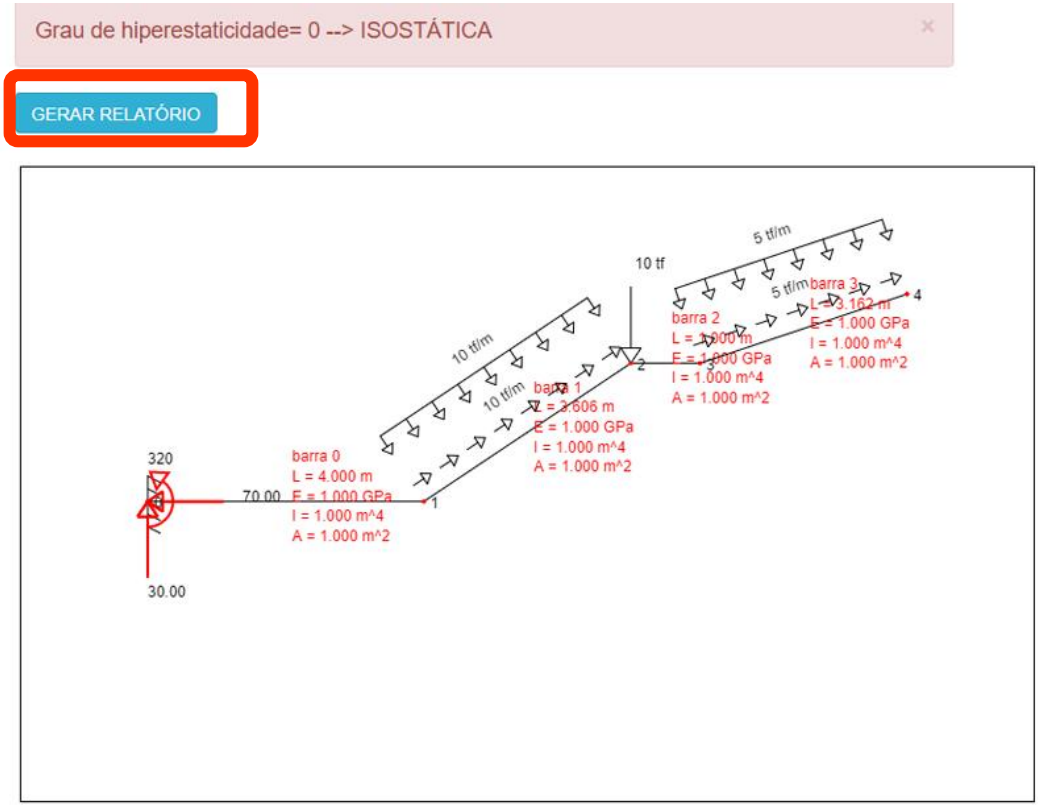
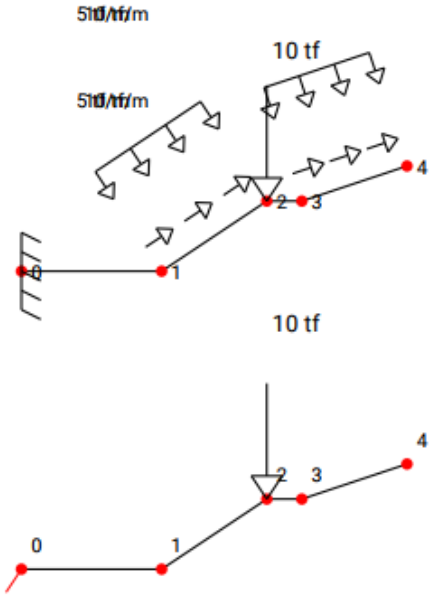


Figura 17: Resultados das reações de apoio e grau de hiperestaticidade para o exemplo 7.

A seguir é apresentado o relatório em pdf gerado a partir dos dados do exemplo 7 apresentado anteriormente. Existem alguns problemas nas figuras do relatório que serão solucionados em projeto de iniciação científica do próximo ano (2018).

NEV: Núcleo de Engenharia Virtual
Título: Diagramas de vigas isostática
Data: 31/11/2017
Autor: Alex Junio Fidelis Lopes
Orientador: Prof. Gustavo Cabrelli Nirschl
Tipo: Iniciação Científica com bolsa institucional
Curso: Engenharia Civil

A viga a calcular é a seguinte:



Quantidade de apoios móveis: 0 (1 reação para cada um)
Quantidade de apoios fixos: 0 (2 reações para cada um)
Quantidade de engastes: 1 (3 reações para cada um)
Grau de hiperestaticidade = gh = número total de reações - 3:

Grau de hiperestaticidade: 0

CÁLCULO DAS REAÇÕES NOS APOIOS

Temos uma estrutura engastada no nó 0 que será usado como ponto de referências para o somatório dos momentos.
Adota-se aqui sentido das reações do engaste vertical para cima, horizontal para a direita e giro horário.
Como convenção adota-se o sinal do momento em giro horário positivo e anti-horário negativo.

Legenda:
- Qx: carga distribuída sobre o eixo "x" local da barra.
- Qy: carga distribuída sobre o eixo "y" local da barra.
- Mdx: momento ocasionado por carga distribuída sobre o eixo x.
- Mdy: momento ocasionado por carga distribuída sobre o eixo y.

• **Levantamento dos momentos para cargas distribuídas:**

Figura 18: Página 1 do relatório gerado.

• Levantamento dos momentos para cargas distribuídas em "x" local:

-> Carga distribuída = 10.00
-> Carga concentrada equivalente = 3.61*10 = 36.06

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 33.69 graus com a horizontal. Seno =0.55 e cosseno =0.83.
-> Carga eq. (x) = (36.06)*(0.83) = 30.00000
-> Carga eq. (y) = (-36.06)*(0.55) = -20.00000
-> Momentox = (1)*| 30.00|*| 1.00 | = 30.00000
-> Momentoy = (-1)*| -20.00 |*| 5.50 | = -110.00000

-> Carga distribuída = 5.00
-> Carga concentrada equivalente = 3.16*5 = 15.81

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 18.43 graus com a horizontal. Seno =0.32 e cosseno =0.95.
-> Carga eq. (x) = (15.81)*(0.95) = 15.00000
-> Carga eq. (y) = (-15.81)*(0.32) = -5.00000
-> Momentox = (1)*| 15.00|*| 2.50 | = 37.50000
-> Momentoy = (-1)*| -5.00 |*| 9.50 | = -47.50000

-> Somatório dos Momentox devido a (s) carga (s) distribuída (s) em "x" local = 67.50000
-> Somatório dos Momentoy devido a (s) carga (s) distribuída (s) em "x" local = -157.50000

• Levantamento dos momentos para cargas distribuídas em "y" local:

-> Carga distribuída = 10.00
-> Carga concentrada equivalente = 3.61*10 = 36.06

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 33.69 graus com a horizontal. Seno =0.55 e cosseno =0.83.
-> Qx = (36.06)*(0.55) = 20.00000
-> Qy = (36.06)*(0.83) = 30.00000
-> Mdx = (1)*|20.00|*|1.00| = 20.00000 (giro horário).
-> Mdy = (1)*|30.00|*|5.50| = 165.00000 (giro horário).

-> Carga distribuída = 5.00
-> Carga concentrada equivalente = 3.16*5 = 15.81

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 18.43 graus com a horizontal. Seno =0.32 e cosseno =0.95.
-> Qx = (15.81)*(0.32) = 5.00000
-> Qy = (15.81)*(0.95) = 15.00000
-> Mdx = (1)*|5.00|*|2.50| = 12.50000 (giro horário).
-> Mdy = (1)*|15.00|*|9.50| = 142.50000 (giro horário).

-> Somatório dos Mdx devido a (s) carga (s) distribuída (s) em "y" local = 32.50000
-> Somatório dos Mdy devido a (s) carga (s) distribuída (s) em "y" local = 307.50000

• Levantamento dos momentos para cargas concentradas:

Carga concentrada de 10.

Figura 19: Página 2 do relatório gerado.

-> Momentoy = (1)*(10)*(1.00)*|8.24-1.24| = 70.00 (giro horário).

-> Somatório dos Momentox devido a (s) carga (s) concentrada (s) = 0.00
-> Somatório dos Momentoy devido a (s) carga (s) concentrada (s) = 70.00

• Cálculo das reações:
Os passos a seguir são feitos com base no equilíbrio das forças.

->ΣFM = 0 = Momento0 + 70.00 + 67.50 - 157.50 + 307.50 + 32.50
-> Momento0 = -(+ 70.00 + 67.50 - 157.50 + 307.50 + 32.50) = -320.00
ΣFv = 0 = - V0 + 10.00 - 25.00 + 45.00
-> V0 = + 10.00 - 25.00 + 45.00 = 30.00.
ΣFh = 0 = H0 + 45.00 + 25.00
-> H0= - (+ 45.00 + 25.00) = -70.00.

CÁLCULO DE ESFORÇOS NO PONTO SELECIONADO

Dados iniciais:
V0 = 30.00 (Considerando positivo para cima).
H0 = -70.00 (Considerando positivo para direita).
M0 = -320.00
Coordenada x do nó em análise = 10.74
Coordenada y do nó em análise = 1.42
Coordenada x do engaste = 1.24
Coordenada y do engaste = 3.92

Esforços devido as reações:
Momento V0 = (30.00)*(9.5) = 285.00
Momento H0 = (70.00)*(2.5) = 175.00
M0 =-320.00

• Levantamento dos momentos para cargas distribuídas:

• Levantamento dos momentos para cargas distribuídas em "x" local:

-> Carga distribuida = 10
-> Carga concentrada equivalente = 3.61*10 = 36.06

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 33.69 graus com a horizontal. Seno =0.55 e cosseno =0.83.
-> Qx = (36.06)*(0.83) = 30.00
-> Qy = (-36.06)*(0.55) = -20.00
-> Mdx = (-1)*| 30.00|*| 1.50 | = -45.00
-> Mdy = (1)*| -20.00 |*| 4.00 | = 80.00

-> Carga distribuida = 5
-> Carga concentrada equivalente = 1.58*5 = 7.91

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 18.43 graus com a horizontal. Seno =0.32 e cosseno =0.95.
-> Qx = (7.91)*(0.95) = 7.50
-> Qy = (-7.91)*(0.32) = -2.50
-> Mdx = (-1)*| 7.50|*| 0.25 | = -1.88
-> Mdy = (1)*| -2.50 |*| 0.75 | = 1.88

Figura 20: Página 3 do relatório gerado.

Soma:
ΣQx = 37.50
ΣQy = -22.50
ΣMdx = -46.88
ΣMdy = 81.87

• Levantamento dos momentos para cargas distribuídas em "y" local:

-> Carga distribuida = 10
-> Carga concentrada equivalente = 3.61*10 = 36.06

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 33.69 graus com a horizontal. Seno =0.55 e cosseno =0.83.
-> Qx = (36.06)*(0.55) = 20.00
-> Qy = (36.06)*(0.83) = 30.00
-> Mdx = (-1)*|20.00|*|1.50| = -30.00 (giro anti-horário).
-> Mdy = (-1)*|30.00|*|4.00| = -120.00 (giro anti-horário).

-> Carga distribuida = 5
-> Carga concentrada equivalente = 1.58*5 = 7.91

Decomposição da carga. Inclinação da barra: 18.43 graus com a horizontal. Seno =0.32 e cosseno =0.95.
-> Qx = (7.91)*(0.32) = 2.50
-> Qy = (7.91)*(0.95) = 7.50
-> Mdx = (-1)*|2.50|*|0.25| = -0.63 (giro anti-horário).
-> Mdy = (-1)*|7.50|*|0.75| = -5.63 (giro anti-horário).

Soma:
ΣQx = 22.50
ΣQy = 37.50
ΣMdx = -30.62
ΣMdy = -125.63

• Levantamento dos momentos para cargas concentradas:

Carga concentrada de 10.

-> Momentoy = (-1)*(10)*(1.00)*|8.24-10.74| = -25.00 (giro anti-horário).

-> Somatório dos Momentox devido a (s) carga (s) concentrada (s) = -0.00
-> Somatório dos Momentoy devido a (s) carga (s) concentrada (s) = -25.00

Equilíbrio de forças.

->ΣFM = 0 = Momento + 285.00 + 175.00 - 320.00 - 25.00 - 46.88 + 81.87 - 30.62 - 125.63
Momento = 6.25
ΣFv = 0 = - Cortante - 30.00 - 22.50 + 37.50 + 10.00
Cortante = -5.00 (EIXO GLOBAL)
ΣFh = 0 = - Normal - 70.00 + 37.50 + 22.50
Normal = -10.00 (EIXO GLOBAL)

Coordenada x inicial da barra em análise = 9.24

Figura 21: Página 4 do relatório gerado.

Coordenada y inicial da barra em análise = 1.92
Coordenada x final da barra em análise = 12.24
Coordenada y final da barra em análise = 0.92
Cosseno da inclinação = 0.95
Seno da inclinação = -0.32

Cortante = (-5.00)*(0.95) + (-10.00)*(0.32) = -7.91
Normal = (-5.00)*(0.32) - (-10.00)*(0.95) = 7.91

Figura 22: Página 5 do relatório gerado.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES

Tendo como objetivo de facilitar a vida do engenheiro e do estudante, trazendo até eles soluções que facilitem seu trabalho e ao mesmo tempo mostrem como todo o processo matemático é feito, surgiu a idéia de criar o ambiente gráfico aqui apresentado, com a vantagem de estar totalmente disponível *on-line*.

Os resultados encontrados se mostram satisfatórios, mas não completos. Isto porque, apesar do grande esforço e dedicação aplicados ao programa, não foi possível corrigir pequenos erros na parte gráfica do relatório em pdf. Além disso, apesar de cumprir o que foi proposto no projeto, ou seja, o programa calcular os esforços em estruturas isostáticas, novamente não houve tempo para programar o gráfico em si que mostra os esforços em vários pontos (diagramas).

Tais incompletudes não põem em dúvida a validade do programa, mas não o deixa em sua versão final. No próximo ano (2018), o autor realizará iniciação científica que trará versão final ao programa.

Ademais, o número de módulos que podem ser incrementados ao programa IFESTRUT, além do que aqui descrito neste relatório final de iniciação científica, é infinito e vem sendo pensado a cada nova atualização do programa.

Projetos de iniciação científica futuros poderão utilizar os esforços calculados no módulo apresentado neste relatório em métodos de dimensionamento de estruturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEER, F.P.; JOHNSTON, E.R.Jr. Resistência dos materiais. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 2011.

FTOOL, versão 3.01. [S.l.]: PUC-Rio, 2016. Disponível em <http://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm>. Acesso em 17/05/2016.

TQS, versão 18. [S.l.]: TQS Informática, 2015.

W3 schools. Disponível em <http://www.w3schools.com>. Acesso em 15/05/2015.

WEB Cad. Disponível em <http://www.html5cad.org/webcad/index.html>. Acesso em 17/05/2016.