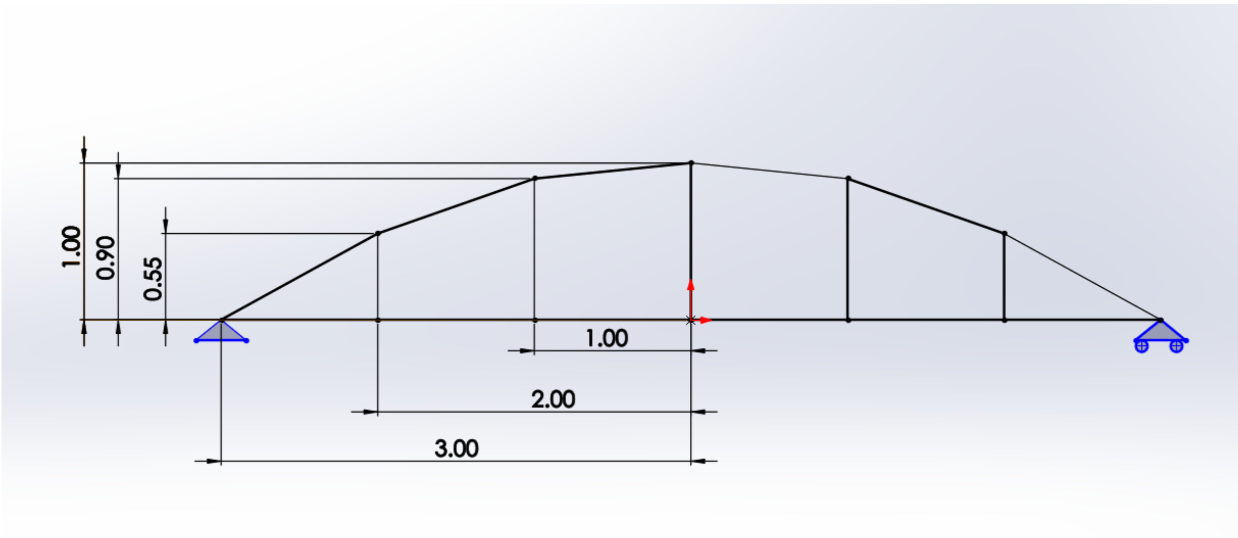
João Vitor Sanches 9833704

Victor Chacon Codesseira 9833711

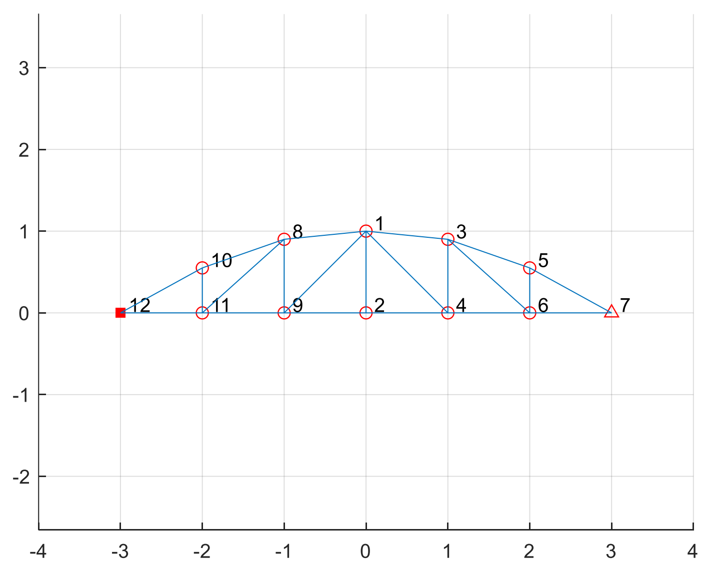
Aula 3

Com o desenvolvimento anterior do código em matlab, é possível fazer a análise estática da ponte de pedestres, cujas dimensões são:



Adotou-se área da seção transversal 0.0015 m^2, módulo de elasticidade 206 GPa e massa específica 7800 Kg/m^3.

Aplicando 50KN no ponto central superior, obtém-se os resultados apresentados abaixo



Estrutura como modelada

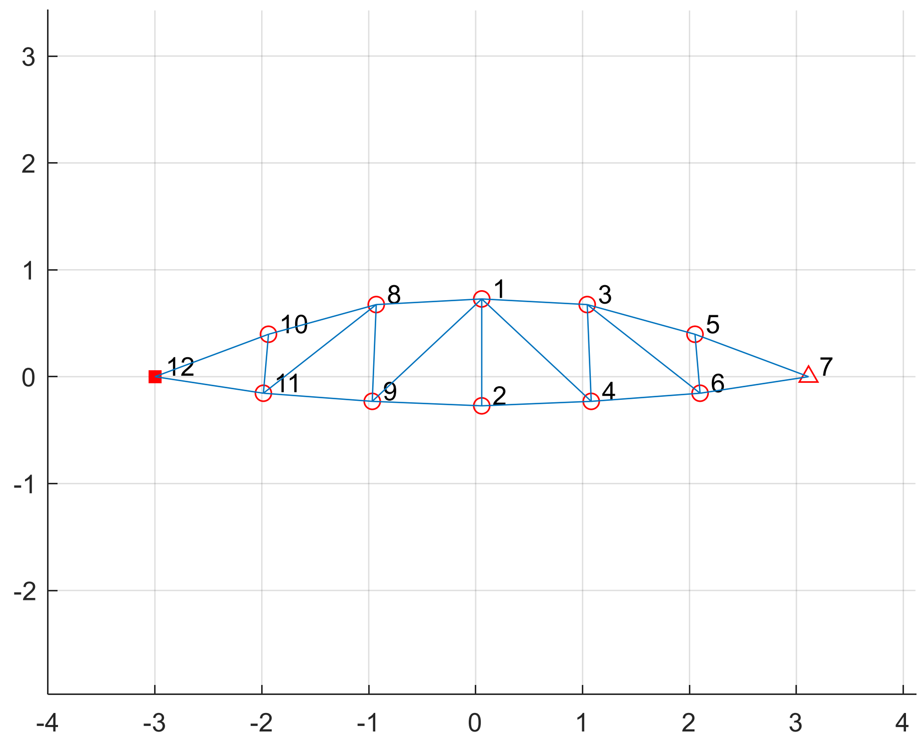
Arquivo de entrada utilizado:

```
#HEADER
Análise estática - ponte de pedestres

#DYNAMIC
0

#NODES
0 1
0 0
1 0.9
1 0
2 0.55
2 0
3 0
-1 0.9
-1 0
-2 0.55
-2 0
-3 0

#ELEMENTS
1 2 0.0015 206843000000 7800
1 4 0.0015 206843000000 7800
3 4 0.0015 206843000000 7800
3 6 0.0015 206843000000 7800
5 6 0.0015 206843000000 7800
1 9 0.0015 206843000000 7800
8 9 0.0015 206843000000 7800
8 11 0.0015 206843000000 7800
10 11 0.0015 206843000000 7800
1 3 0.0015 206843000000 7800
3 5 0.0015 206843000000 7800
5 7 0.0015 206843000000 7800
7 6 0.0015 206843000000 7800
6 4 0.0015 206843000000 7800
2 4 0.0015 206843000000 7800
9 2 0.0015 206843000000 7800
9 11 0.0015 206843000000 7800
11 12 0.0015 206843000000 7800
12 10 0.0015 206843000000 7800
10 8 0.0015 206843000000 7800
8 1 0.0015 206843000000 7800

#LOADS
@1
0 -50000


#CONSTRAINTS
@12
0 0
@7
u 0
```

Saída do programa:

```
Displacement on node 1 is 0.00056729 in x and -0.0027257 in y
Displacement on node 2 is 0.00056729 in x and -0.0027257 in y
Displacement on node 3 is 0.00043308 in x and -0.0022503 in y
Displacement on node 4 is 0.00080902 in x and -0.0023067 in y
Displacement on node 5 is 0.00051115 in x and -0.0015295 in y
Displacement on node 6 is 0.00098808 in x and -0.0015456 in y
Displacement on node 7 is 0.0011346 in x and 0 in y
Displacement on node 8 is 0.0007015 in x and -0.0022503 in y
Displacement on node 9 is 0.00032556 in x and -0.0023067 in y
Displacement on node 10 is 0.00062343 in x and -0.0015295 in y
Displacement on node 11 is 0.0001465 in x and -0.0015456 in y
Displacement on node 12 is 0 in x and 0 in y
Stress on element 1 is 0 MPa
Stress on element 2 is 18.3211 MPa
Stress on element 3 is -12.981 MPa
Stress on element 4 is 9.0139 MPa
Stress on element 5 is -6.1384 MPa
Stress on element 6 is 18.3211 MPa
Stress on element 7 is -12.981 MPa
Stress on element 8 is 9.0139 MPa
Stress on element 9 is -6.1384 MPa
Stress on element 10 is 37.2001 MPa
Stress on element 11 is 32.0595 MPa
Stress on element 12 is 34.3702 MPa
Stress on element 13 is -30.55 MPa
Stress on element 14 is -37.0969 MPa
Stress on element 15 is -50.0182 MPa
Stress on element 16 is -50.0182 MPa
Stress on element 17 is -37.0969 MPa
Stress on element 18 is -30.55 MPa
Stress on element 19 is 34.3702 MPa
Stress on element 20 is 32.0595 MPa
Stress on element 21 is 37.2001 Mpa
```

Ilustração da estrutura deformada:



(Escala de deformação 100X)

Análise dinâmica
Exercício 1

O programa foi alterado para lidar com problemas dinâmicos. Para o exercício 1, o arquivo de entrada definido foi:

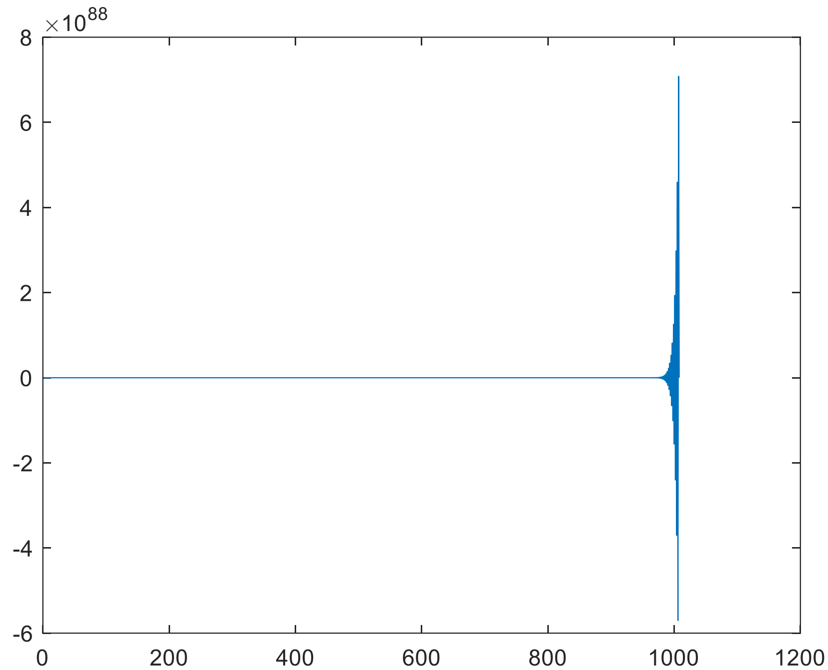
```
#HEADER
Exercicio 1 - dinamico
Dynamic values are zero, unless defined

#DYNAMIC
1

#TIMESTEP
0.0001

#SIMTIME
1

#NODES
0 0
-0.508 0

#ELEMENTS
1 2 0.000625 206843000000 7800


#LOADS
@2
0 0
450 0


#CONSTRAINTS
@1
0 0
@2
u 0


#INITIALDISP

#INITIALVEL

#INITIALACCEL
```

Como as condições iniciais são nulas, as seções foram deixadas vazias. O degrau na força é definido descrevendo a força inicial e a do primeiro passo (que é mantido no decorrer da simulação).

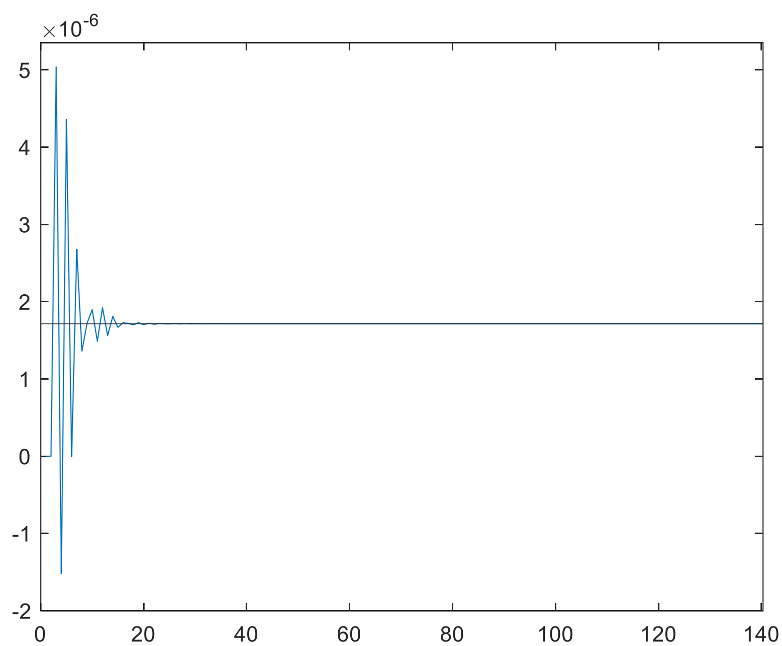
Calcula-se o timestep crítico com

$$\Delta t_{cr} = \frac{L_{mesh}}{\sqrt{E/\rho}} = \frac{0.5}{\sqrt{206843000000/7800}} = 9.87e^{-5}$$

Com $t_1 = 1.007 * t_{cr} = 9.94e^{-5}$, a posição do nó é mal calculada e o gráfico aponta a não convergência da resposta:



Já com $t_2 = 1.007 * t_{cr} = 9.7662e^{-5}$, a posição converge exatamente para o valor do equilíbrio estático:



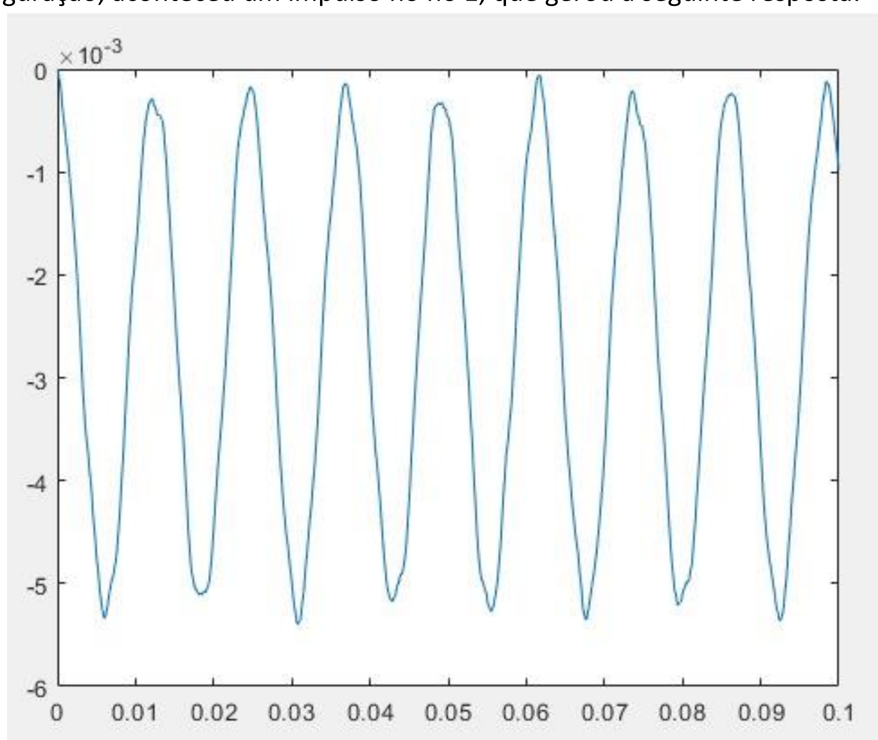
Exercício 2

Para o exercício 2, foi criado um arquivo de entrada para a ponte, definido abaixo.

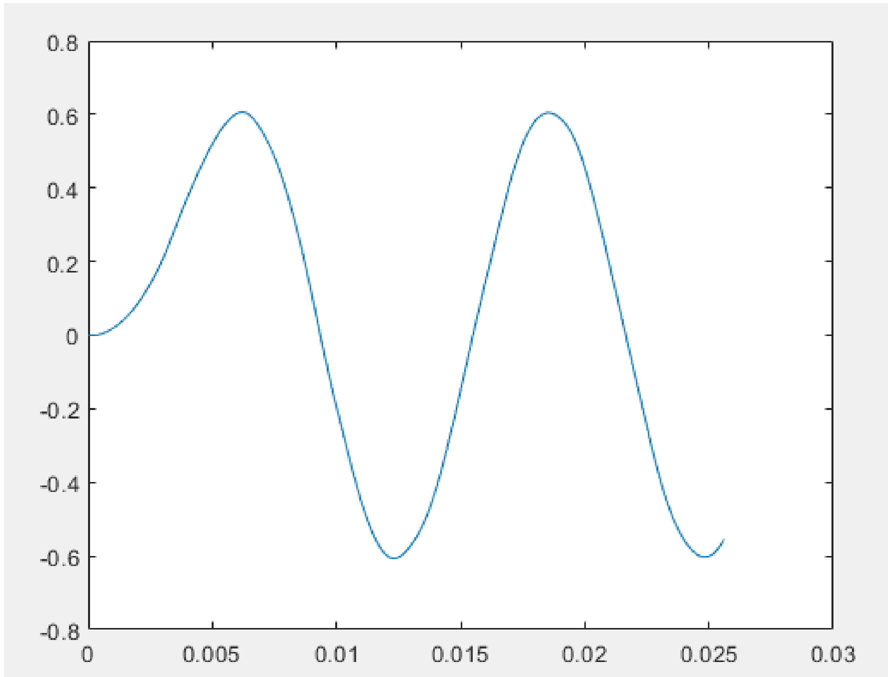
```
#HEADER
Exercicio 2 - Ponte
Dynamic values are zero, unless defined

#DYNAMIC
1

#TIMESTEP
0.00001

#SIMTIME
1

#NODES
0 1
0 0
1 0.9
1 0
2 0.55
2 0
3 0
-1 0.9
-1 0
-2 0.55
-2 0
-3 0

#ELEMENTS
1 2 0.0015 206843000000 7800
1 4 0.0015 206843000000 7800
3 4 0.0015 206843000000 7800
3 6 0.0015 206843000000 7800
5 6 0.0015 206843000000 7800
1 9 0.0015 206843000000 7800
8 9 0.0015 206843000000 7800
8 11 0.0015 206843000000 7800
10 11 0.0015 206843000000 7800
1 3 0.0015 206843000000 7800
3 5 0.0015 206843000000 7800
5 7 0.0015 206843000000 7800
7 6 0.0015 206843000000 7800
6 4 0.0015 206843000000 7800
2 4 0.0015 206843000000 7800
9 2 0.0015 206843000000 7800
9 11 0.0015 206843000000 7800
11 12 0.0015 206843000000 7800
12 10 0.0015 206843000000 7800
10 8 0.0015 206843000000 7800
8 1 0.0015 206843000000 7800

#LOADS
@1
```

```
0   50000

#CONSTRAINTS
@12
0 0
@7
u 0

#INITIALDISP

#INITIALVEL

#INITIALACCEL
```

Com essa configuração, aconteceu um impulso no nó 1, que gerou a seguinte resposta:



A partir desse gráfico, foi possível obter a primeira frequência natural do sistema, que ficou em torno de 78 Hz(ou um período de 0.0128 s). Então, foi aplicada uma força no formato pedido pelo enunciado, de forma a fazer o deslocamento do nó 2 ser 0.1*L, ou seja, 0.6 m. Após ajustar esse valor da força, chegamos num valor de 7.5 MN para uma deformação tão alta. A resposta do sistema, então, foi a seguinte, na qual podemos perceber o sistema oscilando na frequência da força.


0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
0
0.005
0.01
0.015
0.02
0.025
0.03