

Instituto Tecnológico De Aeronáutica – ITA
Programa de Especialização em Engenharia – PEE
AE-705 – Elementos Finitos e Modelamento Estrutural

LISTA DE EXERCÍCIOS

Prof.: Airton Nabarrete

Aluno: João Paulo Monteiro Cruvinel da Costa

São José dos Campos – SP

2016

Funcionamento do Programa

A rotina principal do programa está localizada no arquivo *main.py*, a partir dele é possível realizar todas as análises implementadas.

Para realizar uma análise é necessário primeiro preparar um arquivo de entrada com as informações do problema. O arquivo de entrada é um arquivo .txt, instruções para a construção do arquivo de entrada se encontram no arquivo *input_template.txt*

Ao executar a rotina main entre com o arquivo de entrada e selecione as opções desejadas a medida que elas forem solicitadas.

Ex: Abrir o arquivo viga.txt, localizado dentro da pasta inputs:

Enter the input file name: inputs/viga.txt

Todas as numerações começam a partir do zero.

Parte B.3

Exercício 001

Passos:

1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.3_Ex001.txt*
2. Selecione a opção [1] - **Modal Analysis**
3. Não calcule a matriz de amortecimento entrando *N*, a matriz de amortecimentos se torna uma matrix de zeros
4. Digite o número do modo que deseja visualizar
5. Entre com o **Scale Factor** para a plotagem, 0.1 gera bons resultados

Resultados:

O número de elementos por seção de barra foi variado de 1 a 10, a seguir se encontram as frequências naturais dos cinco primeiros modos de vibração.

	Número de Elementos			
Frequências (rad/s)	1	2	5	10
1ª	1.09E+01	1.09E+01	1.09E+01	1.09E+01
2ª	4.19E+01	4.18E+01	4.18E+01	4.18E+01
3ª	9.60E+01	9.53E+01	9.53E+01	9.53E+01
4ª	1.72E+02	1.68E+02	1.67E+02	1.67E+02
5ª	2.96E+02	2.67E+02	2.66E+02	2.66E+02

Exercício 002

Passos:

1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.3_Ex002.txt*
2. Selecione a opção [1] - **Modal Analysis**
3. Não calcule a matriz de amortecimento entrando *N*, a matriz de amortecimentos se torna uma matrix de zeros
4. Digite o número do modo que deseja visualizar
5. Entre com o **Scale Factor** para a plotagem, 0.1 gera bons resultados

Resultados:

Cada barra do pórtico foi simulada com 2 elementos.

Modo	Frequências (rad/s)
1ª	8.69E-01
2ª	1.28E+00
3ª	2.20E+00
4ª	3.39E+00
5ª	3.84E+00

Parte B.4a

Exercício 002 – Kwon & Bang 8.9.1

Passos:

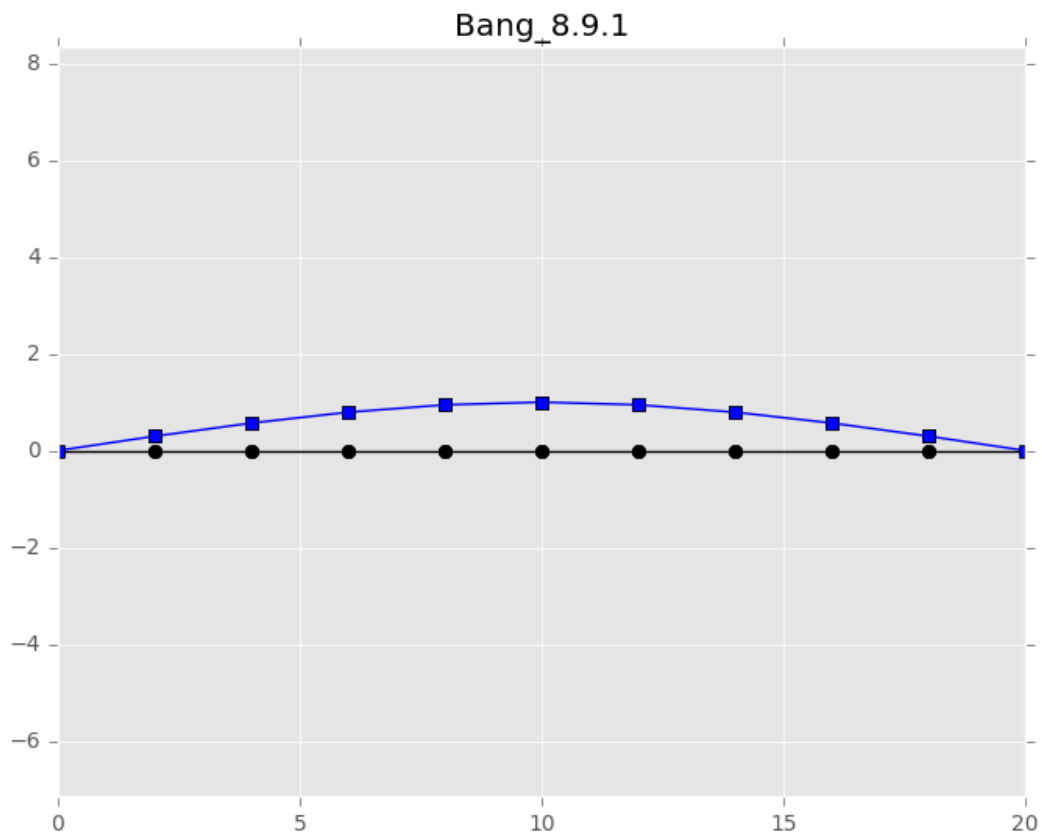
1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.4a_Ex002_Bang_8.9.1.txt*
2. Selecione a opção [0] - **Static Analysis**
3. Entre com o **Scale Factor** para a plotagem, 50 gera bons resultados

Resultados:

Os resultados obtidos e aqueles fornecidos pelo livro são basicamente os mesmos.

Deslocamentos e Rotações no Centro da Viga

	Delta X	Delta Y	Rotação
Obtidos	0.00E+00	2.00E-02	-3.27E-18
Kwon & Bang	0.00E+00	0.02	0



Exercício 002 – Kwon & Bang 8.9.5

Passos:

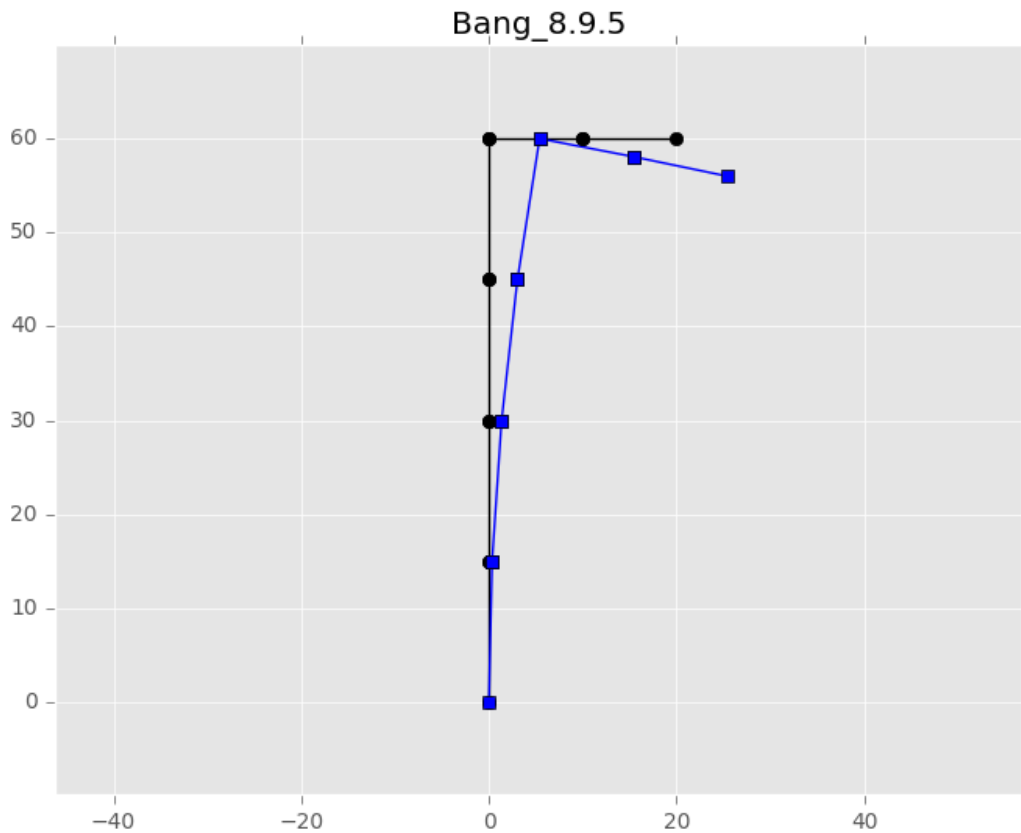
1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.4a_Ex002_Bang_8.9.5.txt*
2. Selecione a opção [0] - Static Analysis
3. Entre com o **Scale Factor** para a plotagem, 50 gera bons resultados

Resultados:

Os resultados obtidos e aqueles fornecidos pelo livro são basicamente os mesmos.

Deslocamentos e Rotações na Extremidade do pórtico

	Delta X	Delta Y	Rotação
Obtidos	1.079946e-01	-8.005600e-02	-4.199790e-03
Kwon & Bang	0.1080	-0.0801	-0.0042



Exercício 002 – Kwon & Bang 8.10.1

Passos:

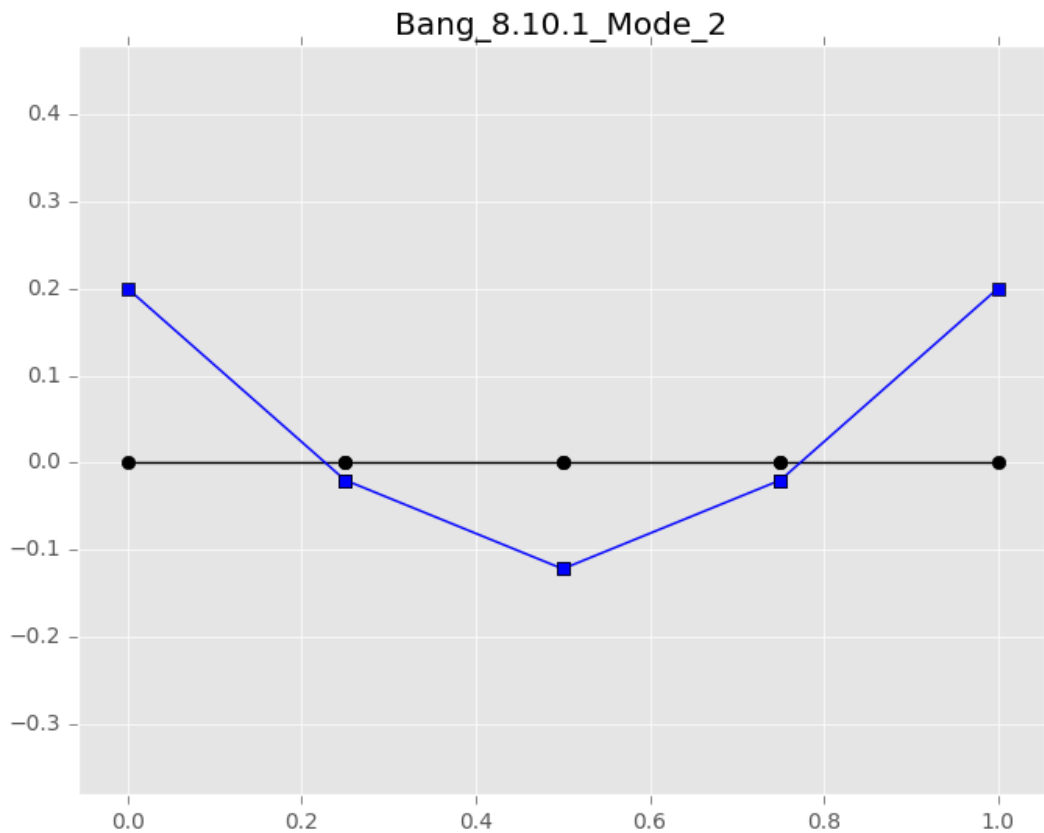
1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.4a_Ex002_Bang_8.10.1.txt*
2. Selecione a opção [1] - Modal Analysis
3. Não calcule a matriz de amortecimento entrando N , a matriz de amortecimentos se torna uma matrix de zeros
4. Digite o número do modo que deseja visualizar
5. Entre com o **Scale Factor** para a plotagem, 0.1 gera bons resultados

Resultados:

Os resultados obtidos e aqueles fornecidos pelo livro são bem próximos.

Modo	Frequências (rad/s)	
	Obtidos	Kwon & Bang
1º	7.82E-07	0
2º	1.17E-06	0
3º	2.24E+01	22.4
4º	6.21E+01	62.06
5º	1.22E+02	121.86

Terceiro modo de vibração



Exercício 002 – Kwon & Bang 8.10.3

Passos:

1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.4a_Ex002_Bang_8.10.3.txt*

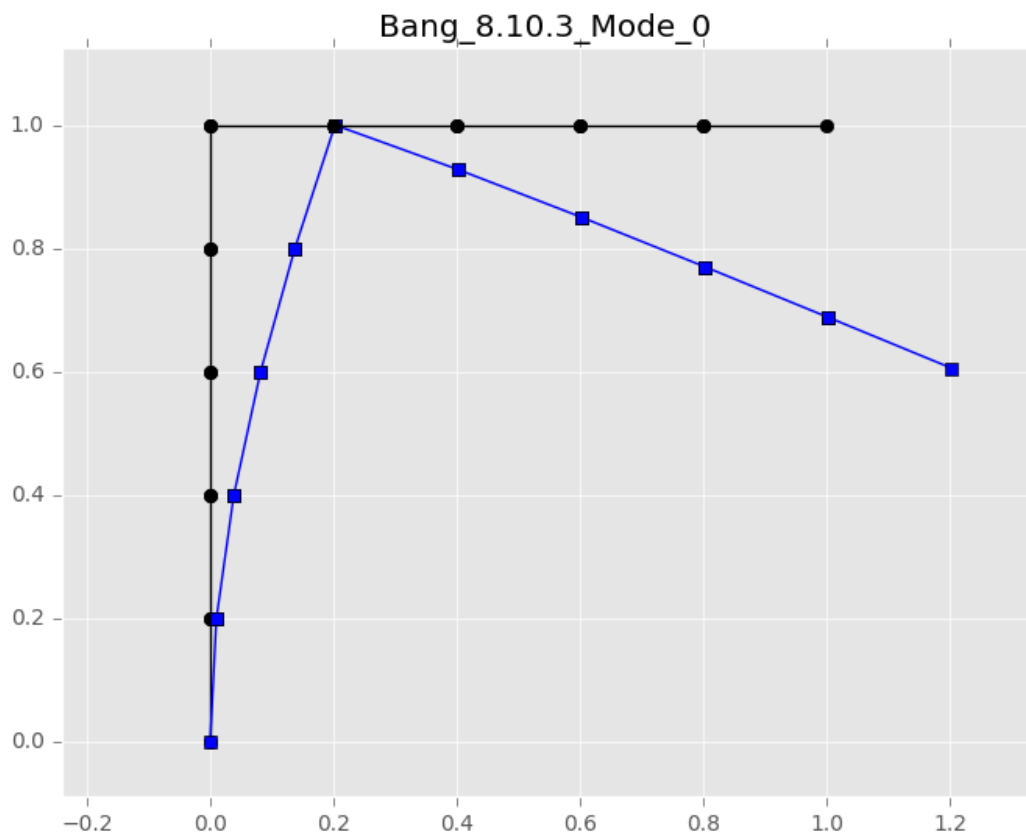
2. Selecione a opção [1] - Modal Analysis
3. Não calcule a matriz de amortecimento entrando N , a matriz de amortecimentos se torna uma matrix de zeros
4. Digite o número do modo que deseja visualizar
5. Entre com o Scale Factor para a plotagem, 0.1 gera bons resultados

Resultados:

Os resultados obtidos e aqueles fornecidos pelo livro são bem próximos.

Modo	Frequências (rad/s)	
	Obtidos	Kwon & Bang
1º	3.38E+01	34
2º	9.21E+01	92
3º	4.55E+02	455
4º	6.67E+02	667

Primeiro Modo de Vibração



Exercício 002 – Kwon & Bang 8.11.1

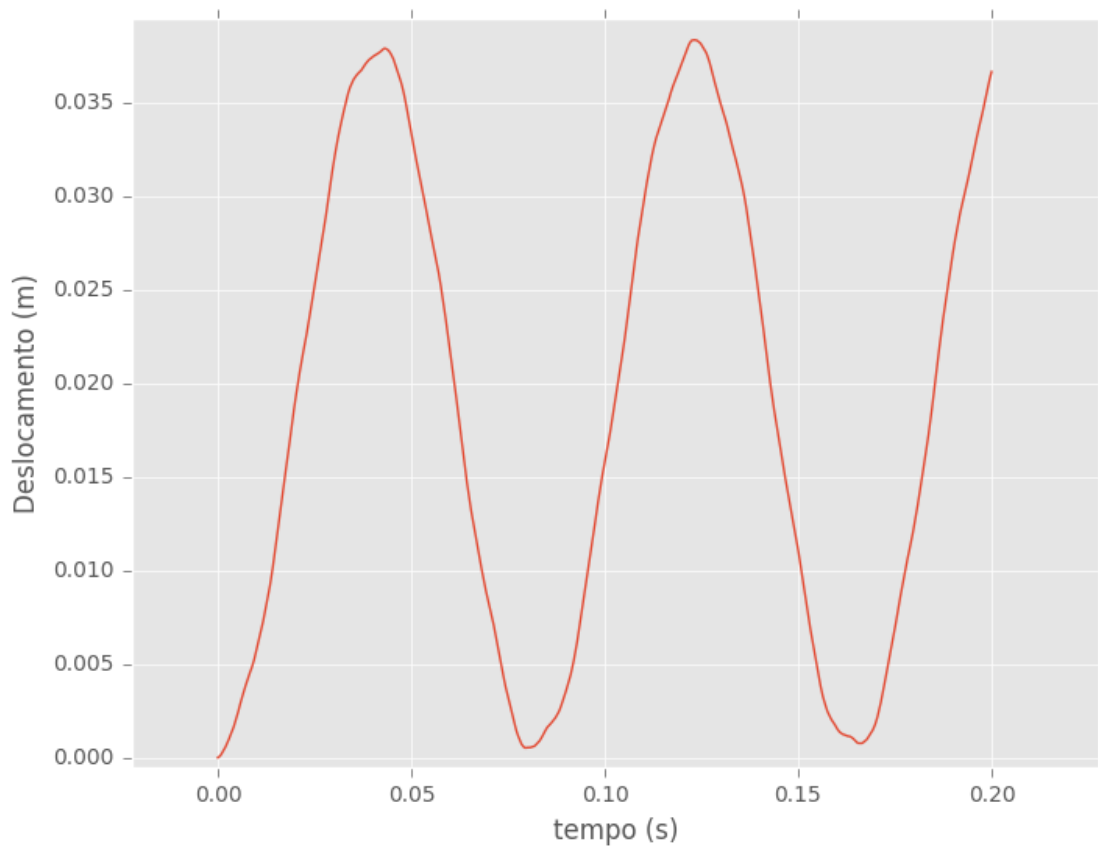
Passos:

1. Inicie a análise do arquivo de entrada: *Part_B.4a_Ex002_Bang_8.11.1.txt*
2. Selecione a opção [2] - Transient Analysis - Direct Integration
3. Não calcule a matriz de amortecimento entrando N , a matriz de amortecimentos se torna uma matrix de zeros
4. Entre com o time step de $1e-4$
5. Entre com o tempo zero de 0
6. Entre com o tempo final de 0.2
7. Escolha o grau de liberdade 2 para o deslocamento vertical na ponta da barra

Resultados:

Os resultados obtidos e aqueles fornecidos pelo livro são bem próximos, o que era esperado uma vez que o código do livro foi apenas adaptado para a linguagem python

Deslocamento vertical na ponta da barra



Exercício 002 – Bathe (ADINA)

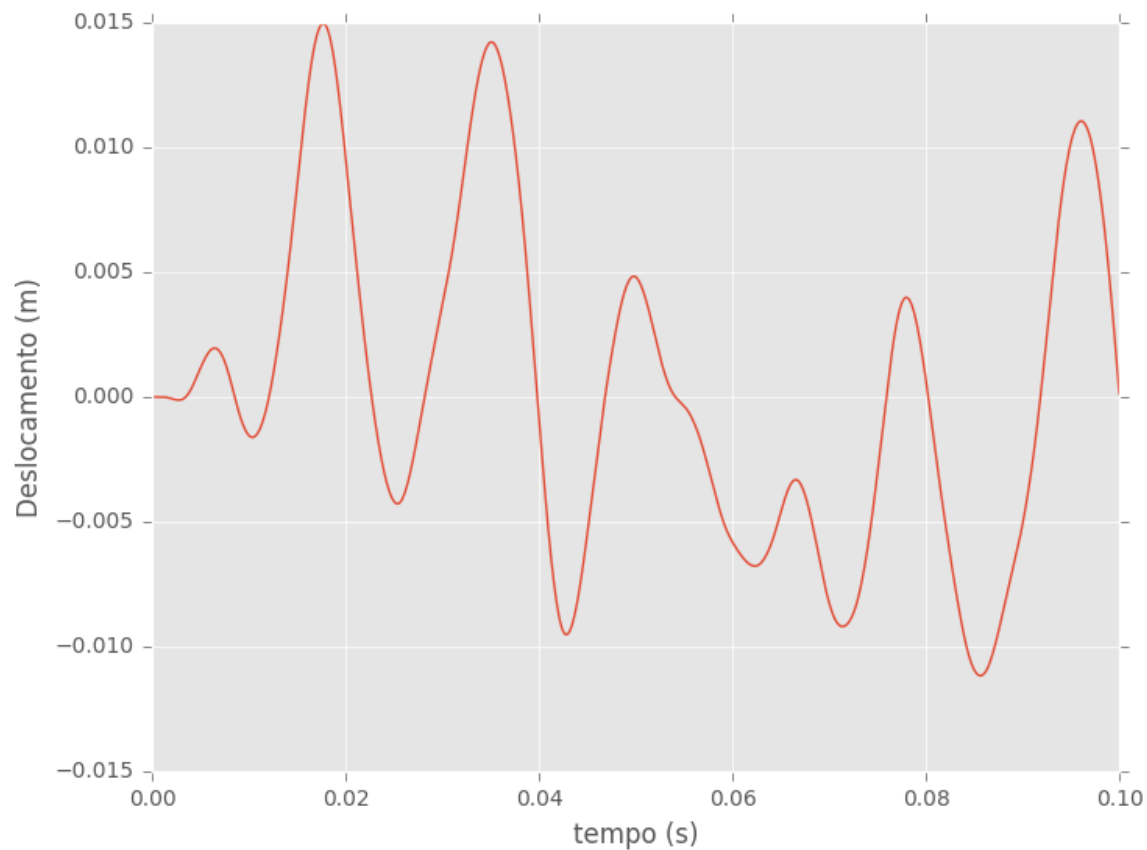
Passos:

1. Inicie a análise do arquivo de entrada:
inputs/Part_B.4a_Ex002_ADINA_Bathe.txt
2. Selecione a opção [2] - Transient Analysis - Direct Integration
3. Não calcule a matriz de amortecimento entrando N , a matriz de amortecimentos se torna uma matrix de zeros
4. Entre com o time step de $1e-6$
5. Entre com o tempo zero de 0
6. Entre com o tempo final de 0.1
7. Escolha o grau de liberdade 10 para o deslocamento vertical na ponta da barra

Resultados:

Os resultados obtidos se assemelham muito aos fornecidos por Bathe.

Deslocamentos Verticais na Ponta da Barra



Parte B.4b

A viga foi modelada com 10 elementos finitos e tinha as seguintes características:

$$E = 12 \text{ Pa}, I = 1/12 \text{ m}^4, L = 1 \text{ m}$$

Foram analisadas 4 situações:

1. Viga pinada nas duas extremidades
2. Viga engastada nas duas extremidades
3. Viga engastada em uma extremidade e pinada na outra
4. Viga engastada em uma extremidade e livre na outra

Passos:

1. Inicie a análise do arquivo de entrada:
inputs/Part_B.4b_Ex001_Flambagem_1.txt ou
inputs/Part_B.4b_Ex001_Flambagem_2.txt ou
inputs/Part_B.4b_Ex001_Flambagem_3.txt ou
inputs/Part_B.4b_Ex001_Flambagem_4.txt
2. Selecione a opção [4] - Buckling Analysis
3. Entre com o **Scale Factor** para a plotagem, 0.5 gera bons resultados

Resultados:

Os resultados se aproximam bastante dos previstos analiticamente

Situação	Obtido	Analítico
1	9.87E+00	9.869604401
2	3.95E+01	39.4784176
3	2.02E+01	19.74517184
4	2.47E+00	2.4674011