

5

Análises Paramétricas

Neste capítulo serão apresentadas algumas análises paramétricas a partir de um modelo numérico de dutos enterrados. O modelo numérico que será utilizado é o modelo de viga-elemento de interface que já foi descrito na seção 4.5.1. Será investigado o comportamento do duto para diferentes condições de imperfeição, rigidez do solo, atrito e recobrimento a fim de se concluir sobre a sensibilidade destas estruturas aos parâmetros analisados.

5.1

Imperfeição

Para a análise de imperfeição serão considerados quatro tipos de funções da imperfeição e para cada função serão considerados cinco valores de amplitude.

Serão utilizadas as quatro funções de imperfeição apresentadas no trabalho de Ju e Kyriakides[18], definidas como:

$$f_1(x) = \frac{\Delta}{2} \left(1 + \cos \left(\frac{\pi x}{L} \right) \right) \quad (5-1a)$$

$$f_2(x) = \Delta \left(\frac{8}{3} \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 3 \left(\frac{x}{L} \right) + 1 \right) \left(1 - \frac{x}{L} \right)^3 \quad (5-1b)$$

$$f_3(x) = \Delta (0,01)^{(x/L)^2} \quad (5-1c)$$

$$f_4(x) = \Delta \left(4 \frac{x}{L} + 1 \right) \left(\frac{x}{L} - 1 \right)^4 \quad (5-1d)$$

Estas funções estão representadas graficamente na figura 5.1.

Os valores obtidos para as imperfeições das equações com o programa ABAQUS são apresentados nas figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 juntamente com o modelo teórico de Hobbs[29] sem imperfeição, para valores de amplitude de 50mm, 100mm, 200mm, 300mm e 400mm. Para os modelos numéricos foram utilizados o modelo numérico de Cunha e Benjamim[20], descrito no capítulo 4.

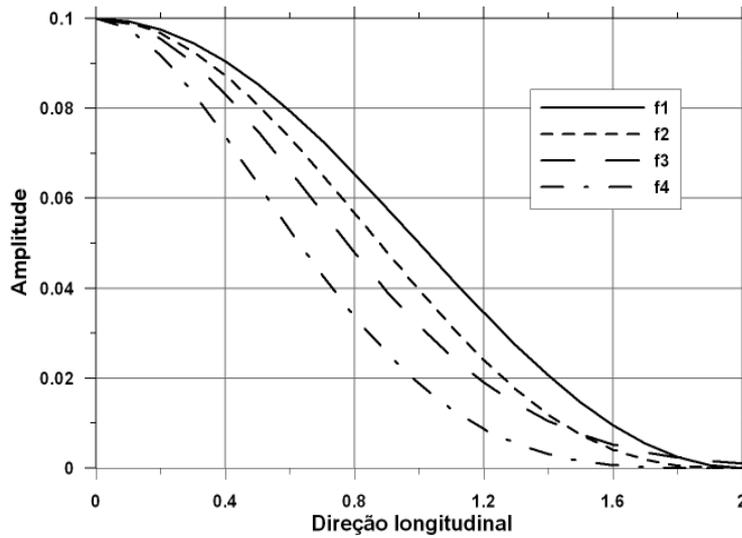


Figura 5.1: Perfil das imperfeições

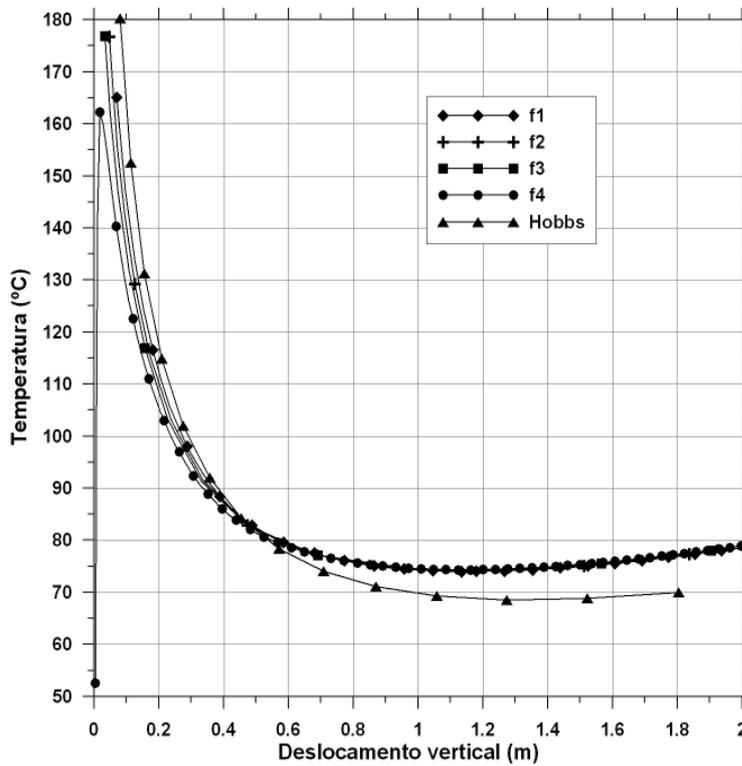


Figura 5.2: Deslocamento vertical versus Temperatura para as funções da imperfeição f_1 , f_2 , f_3 e f_4 com 50mm de amplitude

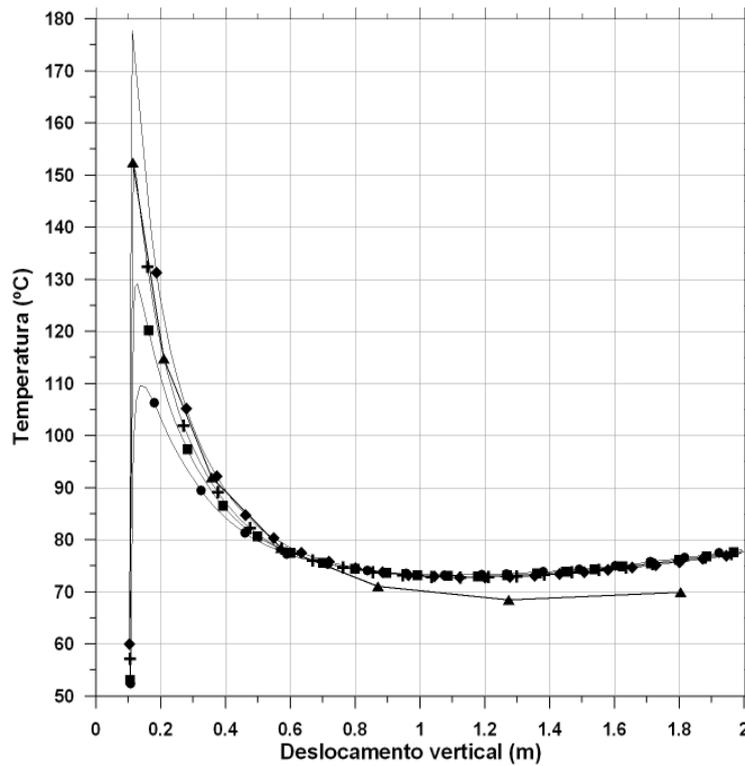


Figura 5.3: Deslocamento vertical versus Temperatura para as funções da imperfeição f_1 , f_2 , f_3 e f_4 com 100mm de amplitude

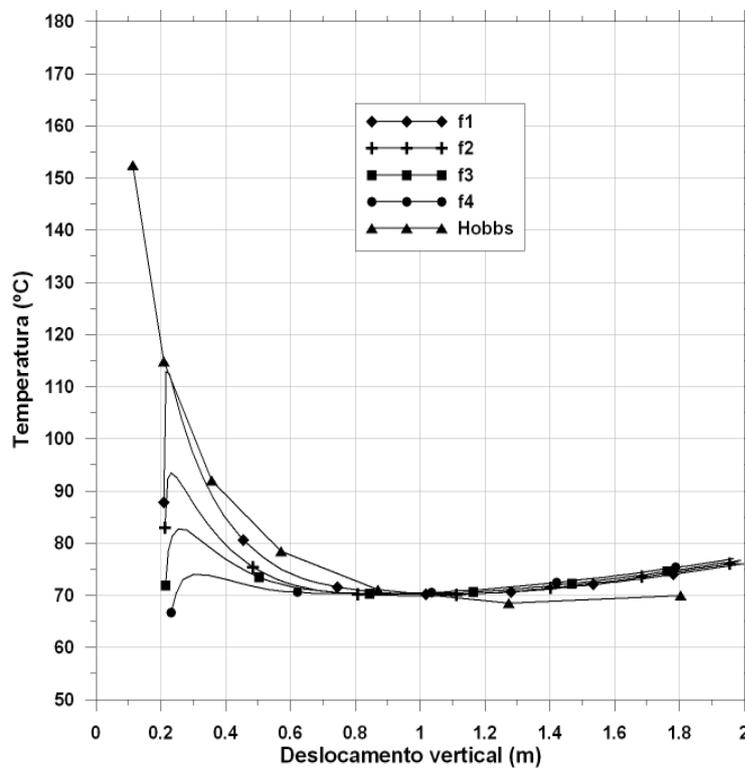


Figura 5.4: Deslocamento vertical versus Temperatura para as funções da imperfeição f_1 , f_2 , f_3 e f_4 com 200mm de amplitude

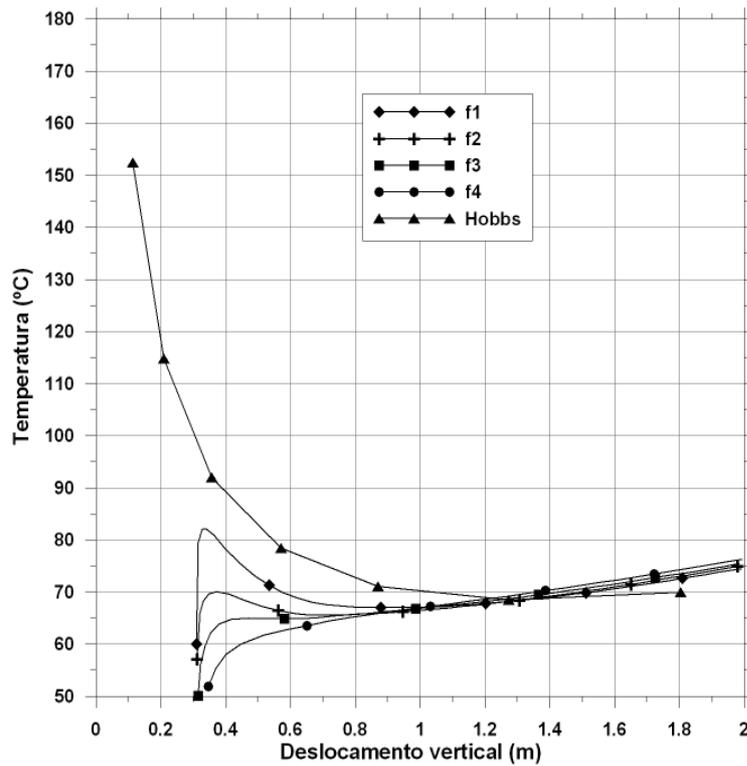


Figura 5.5: Deslocamento vertical versus Temperatura para as funções da imperfeição f_1 , f_2 , f_3 e f_4 com 300mm de amplitude

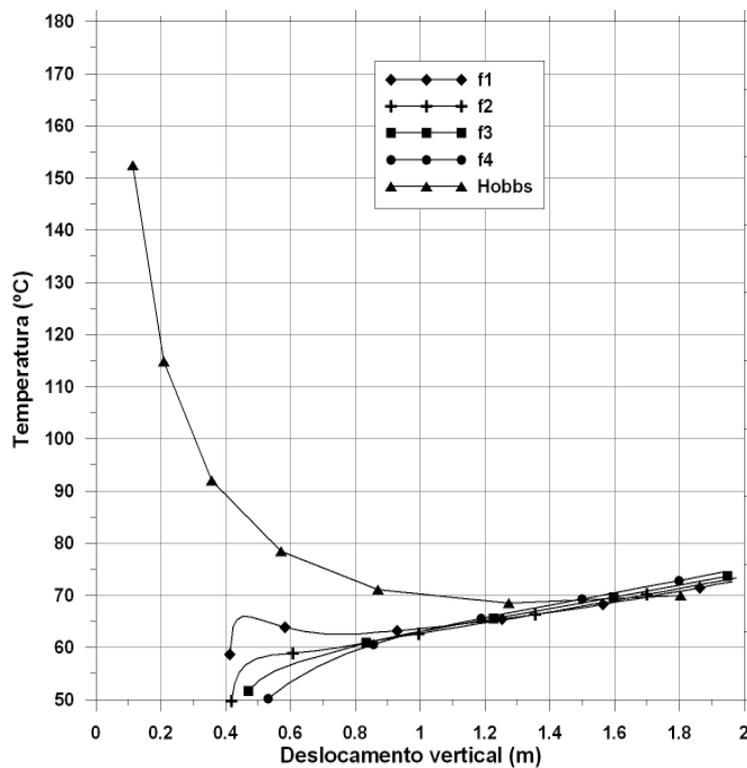


Figura 5.6: Deslocamento vertical versus Temperatura para as funções da imperfeição f_1 , f_2 , f_3 e f_4 com 400mm de amplitude

Observa-se a partir das figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 que com o aumento da amplitude, o comportamento do duto apresenta-se mais distante do modelo teórico sem imperfeição de Hobbs[29], como esperado. Pode-se também observar que as funções que estão mais próxima do modelo teórico é a f_1 e f_2 . Observa-se que para valores mais elevados de amplitude não ocorreu flambagem no duto, sendo este portanto comparado a um duto em zig-zag.

Com os valores da temperatura crítica para cada função da imperfeição é gerado o gráfico que está representado na figura 5.7. Pode-se observar na figura 5.7 que o valor da temperatura crítica diminui com o aumento do valor da amplitude da imperfeição.

A partir das figuras 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 pode-se observar que este tipo de estrutura possui uma sensibilidade grande a imperfeições iniciais. Nas figuras 5.5 e 5.6 vemos que para as imperfeições de 300mm e 400mm a resposta numérica difere muito da resposta teórica. Essas imperfeições são pequenas em relação ao comprimento do duto que é de 1000m.

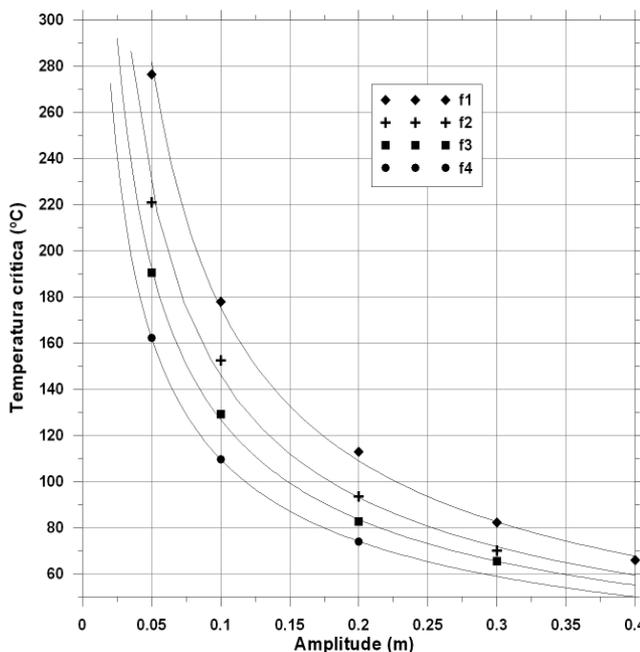


Figura 5.7: Amplitude da imperfeição versus Temperatura crítica

5.2

Rigidez vertical do solo

Para analisar o comportamento da rigidez vertical do solo, foram utilizados três fatores da rigidez vertical. Estes fatores são 1,0, 1,5 e 2,0, onde o fator 1.0 significa que a rigidez utilizada é a mesma do trabalho original desenvolvido

por Cunha e Benjamim[20] que foi apresentado na seção 4.5. Os valores da rigidez do trabalho de Cunha e Benjamim[20] são apresentados na tabela 4.4. Os fatores de 1,5 e 2,0 significa que o fator de rigidez é 1,5 e 2,0 vezes o valor da rigidez original, respectivamente.

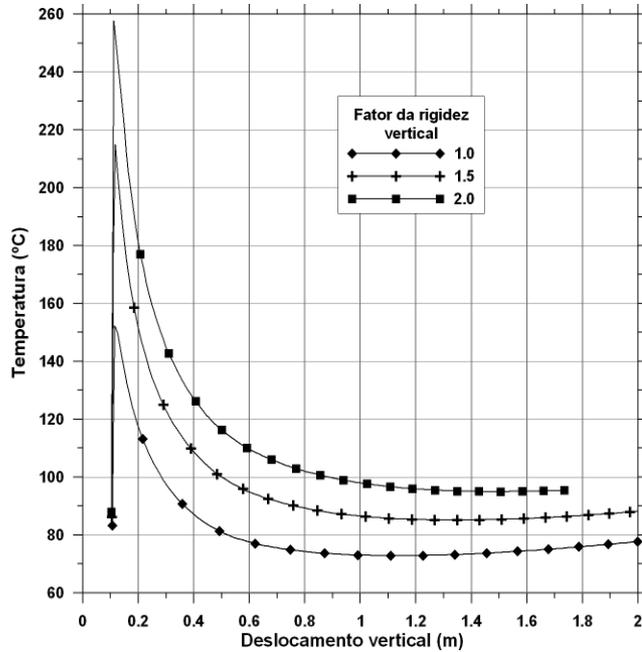


Figura 5.8: Temperatura versus deslocamento vertical para os fatores de rigidez vertical de 1,0, 1,5 e 2,0

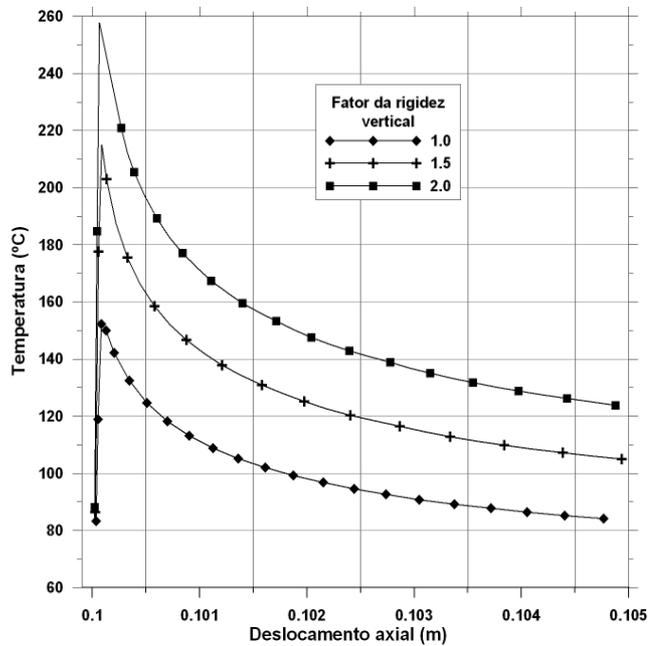


Figura 5.9: Temperatura versus deslocamento axial para os fatores de rigidez vertical de 1,0, 1,5 e 2,0

Nas figuras 5.8 e 5.9 estão sendo apresentados respectivamente, temperatura versus deslocamento vertical e temperatura versus deslocamento axial, para os fatores de rigidez selecionados. Pode-se observar o aumento da temperatura crítica com o aumento da rigidez vertical do solo para o deslocamento vertical e para o deslocamento axial. Observa-se que a temperatura crítica para as duas direções do deslocamento foram as mesmas, como esperado.

5.3 Rigidez axial do solo

Para a análise da influência da rigidez axial do solo os fatores da rigidez axial adotados foram os mesmos que para a rigidez vertical, 1,5 e 2,0 vezes o valor da rigidez axial original de Cunha e Benjamim[20] que é apresentado na tabela 4.4.

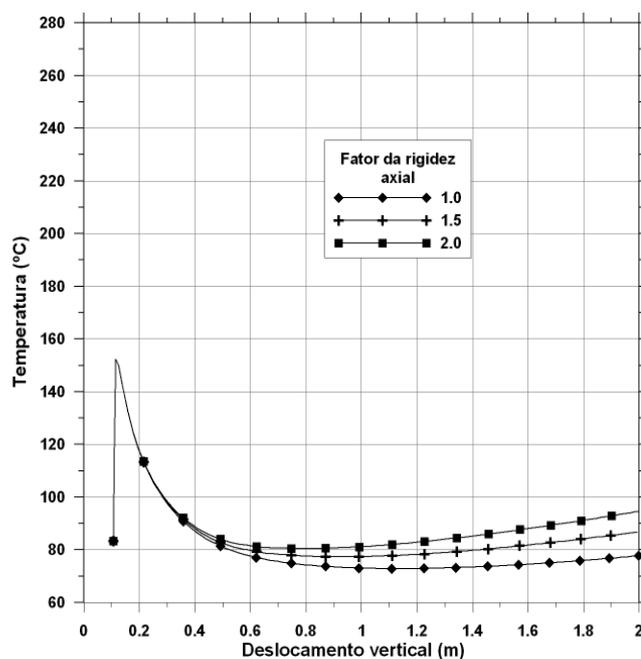


Figura 5.10: Temperatura versus deslocamento vertical para os fatores de rigidez axial de 1,0, 1,5 e 2,0

As figuras 5.10 e 5.11 apresentam a temperatura versus deslocamento vertical e axial respectivamente aos diferentes valores da rigidez axial do solo. Observa-se que não ocorre alteração na temperatura crítica, pois a flambagem que está ocorrendo no duto é na direção vertical, portanto o aumento da rigidez axial não influencia a temperatura crítica. Com relação à temperatura mínima, ocorre um pequeno aumento com o aumento da rigidez axial comparado com o aumento da rigidez vertical, onde o valor da temperatura mínima teve uma

diferença maior como pode ser observado na figura 5.8. Para o deslocamento na direção axial o comportamento foi semelhante ao da direção vertical que está representado na figura 5.11.

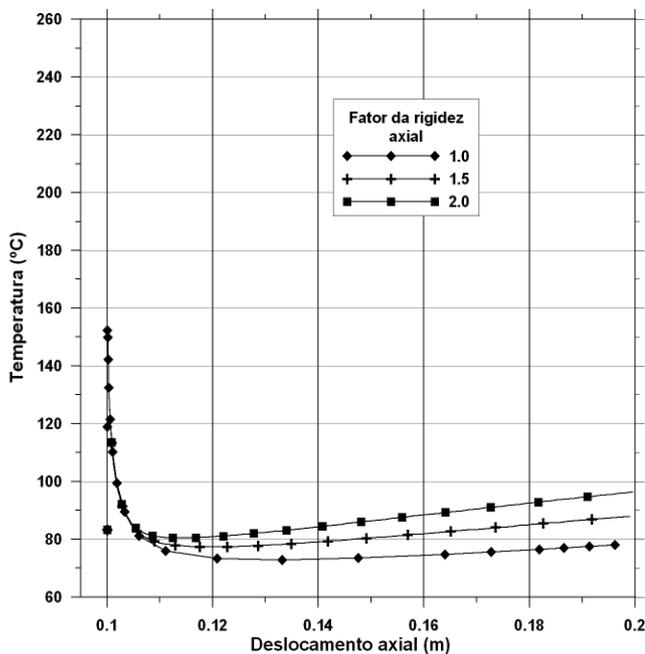


Figura 5.11: Temperatura versus deslocamento axial para os fatores de rigidez axial de 1,0, 1,5 e 2,0

5.4 Pressão interna

Na figura 5.12 está representado a temperatura versus deslocamento vertical para o duto com pressão interna e sem pressão interna. Observa-se que a diferença na temperatura crítica foi pequena, sendo que para o duto com pressão interna esse valor foi menor. A variação para a temperatura mínima foi maior com relação a temperatura crítica, e o valor da temperatura mínima também foi menor para o duto com pressão interna.

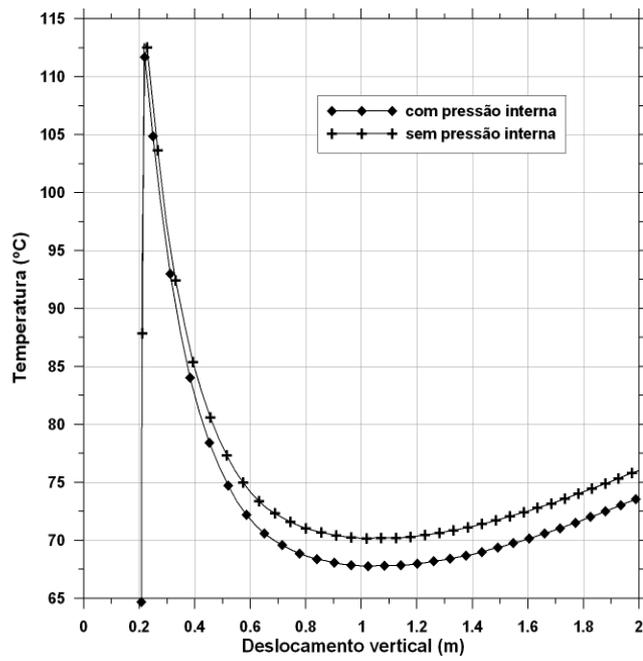


Figura 5.12: Temperatura versus deslocamento vertical com pressão interna e sem pressão interna