

Transição da camada limite induzida por gaps

Henrique Dias Teixeira

Victor Barcelos Victorino

Marcello Augusto Faraco de Medeiros

Universidade de São Paulo

henriquedt@usp.br

Objetivos

O presente trabalho consiste de um estudo numérico e teórico da estabilidade da camada limite contendo uma cavidade. Os parâmetros das simulações buscam reproduzir condições de escoamento similares às cobertas por (CROUCH et al., 2022), onde os autores correlacionaram a geometria dos gaps com o impacto no local de transição. Tem-se por objetivo verificar se os modos de Rossiter e, ou, modos centrífugos, podem estar relacionados a transição bypass observada por (CROUCH et al., 2022).

Métodos e Procedimentos

Utilizamos uma Simulação Numérica Direta (DNS), com o código internamente desenvolvido pelo grupo de aeroacústica, transição e turbulência (GATT), para a obter são obtidos dados do escoamento em um regime de ciclo limite. A partir da tendência das mudanças de valores das variáveis de simulação, determina-se se o escoamento é estável ou instável, caso as variações dos valores das variáveis ocorrerem de forma cíclica e estiverem em uma ordem de grandeza considerável para a simulação, trata-se de um escoamento instável, caso contrário, se as variações tenderem para uma ordem de grandeza considerada residual, trata-se de um escoamento estável.

Quando, se trata de um escoamento instável é necessária a estabilização do escoamento de maneira forçada utilizando o amortecimento seletivo de frequências (SFD) pelo método de (ÅKERVIK et al., 2006) obtendo assim um fluxo base. Para a análise da estabilidade linear (LST), usamos o fluxo de base encontrado, quando o caso é instável, ou o próprio fluxo, quando é estável. Em uma análise de estabilidade linear 2D, os modos instáveis são comparados aos modos Rossiter e, em uma análise de estabilidade linear 3D, os efeitos de instabilidade que podem ocorrer estão relacionados aos modos centrífugos.

Resultados

Foram estudadas cavidades com parâmetros de simulação disponíveis na Tab.1,

Tabela 1: parâmetros de simulação dos casos estudados.

Caso	D/δ^*	L/δ^*	Re_{δ^*}	M_{∞}
1	1,7	42,7	1416	0,053
2	1,8	45,3	1467	0,060

Pelas simulações via DNS o primeiro caso mostrou-se estável enquanto o segundo instável. Portanto foi aplicado SFD no segundo caso, obtendo assim um escoamento invariante no tempo para as duas cavidades.

A partir desses escoamentos bases foi realizada a análise LST 2D resultando em 1 modo instável para a primeira cavidade e 3

modos instáveis para a segunda cavidade. A partir da análise de frequência desses modos obteve-se as frequências, presentes na Tab.2.

Tabela 2: frequências adimensionais dos modos instáveis de cada caso estudado.

Caso 1	Caso 2
1,459	1,516
-	1,132
-	1,843

Em uma análise de LST 3D foram identificadas ondas com comprimento de onda em z específico que geravam modos instáveis na cavidade, chamados de modos centrífugos, visíveis na Figura.1 para o primeiro caso e Figura.2 para o segundo caso.

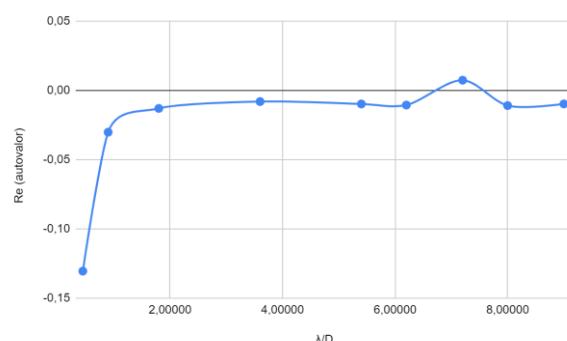


Figura 1: relação de estabilidade por comprimento de onda dos modos na primeira cavidade.

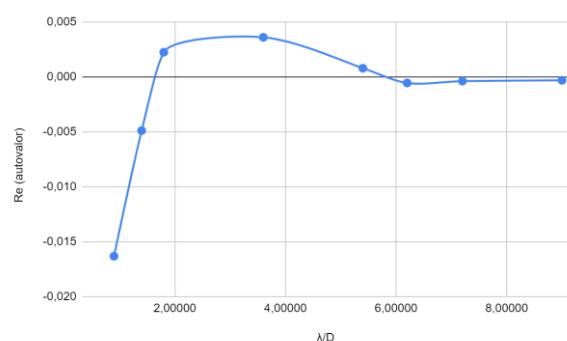


Figura 2: relação de estabilidade por comprimento de onda dos modos na segunda cavidade.

Conclusões

Conclui-se que a frequência do modo obtido na LST 2D para a cavidade 1 é próxima da frequência de um Rossiter de modo 3, e que em uma LST 3D ondas com λ/D entre 6,2 e 8 podem causar instabilidades com modos centrífugos. Na segunda cavidade, o LST 2D indica 2 modos instáveis com frequências próximas à de um Rossiter de modo 3, e um modo com frequência próxima à de Rossiter de modo 2. Em LST 3D da segunda cavidade, entende-se que ondas com λ/D entre 1,7 e 6,2 podem gerar modos instáveis.

Agradecimentos

O autor agradece ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) pela bolsa 2022/2633, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) - Brasil pelo apoio financeiro. M.A.F.M. é patrocinado pelo CNPq/Brasil (bolsa nº 307956 /2019-9), patrocinado pela FAPESP (processo no. 2019/15336-7) e pelo US Air Force Office of Scientific Research (AFOSR) para o processo FA9550-18-1-0112, gerenciado pelo Dr. Geoff Andersen da SOARD. e aos pesquisadores do GATT do departamento de engenharia aeronáutica da escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP).

Referências

- ÅKERVIK, E. et al. Steady solutions of the Navier-Stokes equations by selective frequency damping. *Physics of Fluids*, v. 18, n. 6, p. 68102, 2006. ISSN 10706631. Disponível em: <<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/pof2/18/6/10.1063/1.2211705>>. Citado na página 1.
- CROUCH, J. D.; KOSORYGIN, V. S.; SUTANTO, M. I. Modeling gap effects on transition dominated by tollmien-schlichting instability. In: AIAA AVIATION 2020 FORUM. American Institute of Aeronautics and Astronautics Inc, AIAA, 2020. v. 1 PartF, p. 1–8. ISBN 9781624105982. Disponível em: <<https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2020-3075>>. Citado na página 1.