

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

## A SOLUÇÃO DA EQUAÇÃO DE NAVIER-STOKES EM DOMÍNIO RETANGULAR ATRAVÉS DO PROGRAMA MATLAB<sup>®</sup>

**Sirley Jackeline Silva Gadéa<sup>1</sup>; Franz A. Farias<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> PEVIC/UEFS, Graduanda em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

[sirley\\_gadea@yahoo.com.br](mailto:sirley_gadea@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [franz.farias@uefs.br](mailto:franz.farias@uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Mecânica de Fluidos, Dinâmica Atmosférica, Equação de Navier-Stokes, Simulação em MATLAB.

### INTRODUÇÃO

A atmosfera terrestre é caracterizada como um fluido, e para descrevê-lo é necessário compreender como a estrutura térmica global se mantém em relação ao balanço de energia ocorrido na atmosfera (**Fundamentals of Atmospheric Physics**, 1996). A importância para o estudo deste balanço é aquele devido à circulação atmosférica, ou seja, o balanço do momentum linear, que realizamos através do par de equações: de continuidade e de Navier-Stokes (**Fluid Mechanics**, 1987). Focalizamos a aplicação das equações da Mecânica de Fluidos ao movimento da atmosfera terrestre (ventos), através das leis de conservação da massa e do momento linear e considerando a presença da viscosidade bem como da força de Coriolis. Partindo das equações de Navier-Stokes, fizemos algumas aproximações utilizando a análise de escala para mostrar o “desacoplamento” das equações dos movimentos horizontal e vertical. Nesta nova etapa do trabalho, fazemos a implementação computacional da equação de Navier-Stokes completa através do código MATLAB<sup>®</sup>. Para obtermos um resultado desta implementação, fazemos uma adequação do código MATLAB<sup>®</sup> proposto no artigo do SEIBOLD (**MIT Preprint N° 18086**, 2008), incluindo uma nova rotina para dar conta do movimento do fluido (o campo de velocidade) no referencial não-inercial que é a Terra. Na implementação computacional consideramos as condições de contorno para o campo de velocidade do fluido em um domínio tipicamente, a condição de Dirichlet sobre a fronteira.

### METODOLOGIA

Testamos o código MATLAB<sup>®</sup> da referência SEIBOLD e verificamos as possibilidades de controle dos parâmetros do problema. Em seguida, fizemos a inclusão da rotina da força de Coriolis discutindo com o orientador as dificuldades da implementação. As equações de Navier-Stokes, incluindo o termo de continuidade, são importantes, pois nos permitem descrever o comportamento do movimento de um líquido viscoso. Essas equações são expressas por um termo dissipativo, que é proporcional ao gradiente da velocidade, mais o termo referente à pressão. O próximo passo foi fazer o teste do programa adaptado para o domínio retangular e a definição da condição de contorno de Dirichlet (valores do campo de velocidade na fronteira). O passo final foi conseguir a evolução temporal pela modelização gráfica.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho é uma continuidade da etapa anterior onde realizamos o estudo analítico da Eq. de Navier-Stokes para a circulação atmosférica. Com isto, foi

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

necessário incluir o efeito da força de Coriolis sobre o movimento do fluido e mostramos o limite geostrófico. Agora, atacamos o problema com ferramentas de solução numérica através do código MATLAB<sup>®</sup>. A resolução via modelização numérica foi capaz de exibir uma simulação para a evolução temporal do campo de velocidade combinando todos os fatores importantes no movimento do fluido sobre a superfície terrestre. O cálculo realizado exibe a solução da Eq. de Navier-Stokes sobre um domínio retangular conhecendo os valores do campo sobre a fronteira. A inclusão da rotina de Coriolis mostra-se bem sucedida a partir dos resultados obtidos, graficamente.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta uma das etapas finais do estudo proposto pelo plano de trabalho: a Modelagem Matemática do Movimento de Fluidos através da Equação de Navier-Stokes (Solução Computacional). Esta etapa estabelece a solução numérica para o estudo da modelagem da circulação atmosférica, utilizando uma ferramenta computacional (MATLAB) para as equações já determinadas. Existe possibilidade de trabalho futuro nesta implementação computacional com a inclusão da condição de Neumann e de teste de valores dos números de Reynold e de Rossby.

### REFERÊNCIAS

- LANDAU, L.D. and LIFSHITZ, E.M. 1987. *Fluid Mechanics*. Second Edition. Oxford: Jordan Hill.
- LYNCH A.H. and CASSANO, J.J. 2006. *Applied Atmospheric Dynamics*. Chichester: John Wiley & Sons.
- SALBY, M.L. 1996. *Fundamentals of Atmospheric Physics*. San Diego: Academic Press (Elsevier).
- SEIBOLD, B. *MIT Preprint N° 18086*. 2008. Texto disponível na página de Internet: <http://www-math.mit.edu/cse>.
- HOLTON, J. 2004. *Introduction to Dynamic Meteorology*. San Diego: Academic Press (Elsevier).
- ANDREOLI, R.V. e CARVALHO, J.C. 2001. *Apostila de FORTRAN*. São José dos Campos: INPE.
- MATHEWS, J.H. and FINK, K.D. 1999. *Numerical Methods Using MATLAB*. 3<sup>rd</sup> Ed. New Jersey: prentice Hall.