



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th - September 3rd, 2004

Paper CRE04 - MC09

Validação de um Modelo para Simulação do Escoamento Atmosférico sobre uma Topologia Real

Josué Alceu de Abreu¹, Marcio Arêdes Martins² e Ramon Molina Valle³

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais
30.270-901, Belo Horizonte, Minas Gerais

¹josuealceu@yahoo.com, ²aredes.bh@terra.com.br e ³ramon@vesper.demec.ufmg.br

O estudo do escoamento sobre uma topologia real dentro da Camada Limite Atmosférica (CLA) sempre interessou aos meteorologistas, engenheiros, ambientalistas, militares, esportistas, dentre outros, por diversos motivos e aplicações, como por exemplo, dispersão de poluentes, posicionamento de turbinas eólicas ou efeitos destrutivos dos ventos.

Os escoamentos geofísicos ocorrem a diferentes escalas. Cada escala, descrita em termos de domínio computacional, utiliza modelos distintos, tais como, modelos de circulação global (MCG) - domínios entre 200 e 500 km, modelos de previsão de climas (MPC) - domínios entre 50 a 100 km, utilizados para resolver estruturas de frentes climáticas e modelos de mesoescalas (MM) - domínios típicos com 2 a 50 km.

Os modelos supracitados utilizam as mesmas equações constitutivas gerais e diferem unicamente nas simplificações das equações.

Diversas medidas de campo, relacionando a velocidade do vento aos parâmetros topográficos das colinas já foram realizadas. As mais significativas são as realizadas em Brent Knoll (Mason e Sykes, 1979), Black Mountain (Bradley, 1980), Ailsa Craig (Jenkins *et al.*, 1981), Kettles Hill (Taylor *et al.*, 1983, Mickle *et al.*, 1984), Blashaval (Mason e King, 1985), Bungendore Ridge (Bradley, 1983), Askervein (Taylor e Teunissen, 1983, 1985) e Nyland Hill (Mason, 1986). Todos estes estudos restringem-se a atmosferas estaticamente neutras ou quase neutras.

De todos os trabalhos citados, o realizado sobre a colina de Askervein é considerado ainda hoje o mais completo e influente estudo experimental em escala real já realizado para atmosferas estaticamente neutras ou quase neutras.

Askervein é uma colina com 116m de altura, localizada na costa oeste da ilha do South Uist na Outer Hebrides na Escócia. Ela é relativamente isolada e suave, o seu ápice está a 126m do nível do mar, sua forma é aproximadamente elíptica, o seu eixo maior possui aproximadamente 2km de comprimento e está orientado na direção 133°-313°, ou seja, SE-NO (sudeste-noroeste), e o eixo menor, de 1km de comprimento, está orientado na direção 43°-223°, ou seja, SO-NE (sudoeste-nordeste). Sua vegetação é baixa e com rugosidade não uniforme. As medidas de campo foram feitas utilizando vários dispositivos, medindo ao longo de três linhas a uma altura de 10m, acima da superfície, sendo duas na direção do eixo menor e uma sobre o eixo maior.

O principal objetivo deste trabalho é validar um modelo de camada limite atmosférica com a geometria de Askervein, visando reproduzir os dados encontrados na literatura para esta colina. Posteriormente, utilizará este modelo para simular outras topologias dentro do estado de Minas Gerais.

O domínio simulado (Askervein) tem 16000 x 16000 x 3000 metros, a sua malha é composta de um malha híbrida, ou seja, há uma região próxima ao solo com volumes prismáticos e o restante da malha é composta de elementos tetraédricos. Para poder simular um

domínio tão extenso foi necessário uma malha com mais de dois milhões e quinhentos mil elementos, sendo que um milhão e meio destes elementos são tetraédricos e o restante, um milhão de elementos, são prismáticos. A dimensão dos elementos variam desde espaçamentos menores de 1 metro, próximo ao solo, até outros com mais de 300 metros no topo da geometria. Esta malha consumiu cerca de 1.3Gigabytes e em média um processamento de mais de 50 horas.

Como condição de contorno, na entrada utiliza-se velocidade prescrita em um perfil logarítmico com velocidade de referência de 5m/s, a uma altura de referência de 10m, incidindo com um ângulo de 210° e 180° no sentido horário em relação ao Norte. Na saída tem-se como condição de contorno pressão estática constante. No solo usa-se parede adiabática com rugosidade de 0,03m, o que representa uma vegetação baixa. E na parede superior, que seria análogo ao céu, usa-se a condição de simetria.

O modelo de turbulência que proporcionou o melhor resultado foi o RNG k-Epsilon com intensidade de 5%. Não utilizou-se modelo de transferência de calor.

Para ajustar o modelo utilizou-se um termo fonte acoplado à equação do momento, onde incluiu-se o valor do número de Froude para associar aos estados da atmosfera: $Fr=1000$ para atmosfera neutra, $10 < Fr < 1000$ para atmosfera estratificada e estáveis e $-100 < Fr < 10$ para atmosfera instável.

Os resultados do modelo numérico foram confrontados com os dados experimentais apresentados pela literatura. O parâmetro para comparação é a razão de aceleração (Fractional Speed-up ratio), que é a razão entre a velocidade local e a velocidade de referência, ambas à 10 metros de altura em relação ao solo, ao longo das duas linhas de medição que passam paralela ao eixo menor de Askervein.

REFERÊNCIAS

- [1] L.M.S. Paiva, G.C.R. Bodstein, W.F. Menezes, “SIMULAÇÃO NUMÉRICA DO ESCOAMENTO NA CAMADA LIMITE ATMOSFÉRICA SOBRE UMA COLINA IDEALIZADA. PARTE II: COMPARAÇÃO COM OS EXPERIMENTOS DE ASKERVEIN”.
- [2] H.G. Kim, V.C. Patel, C.M. Lee, “Numerical simulation of wind flow over hilly terrain”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol 87 (2000), pp 45-60
- [3] H.G. Kim, C.M. Lee, Y.J. Noh, “NUMERICAL PREDICTION OF THE WIND FLOW OVER REAL HILLY TERRAIN”, Scientific Literature Digital Library, <http://citeseer.ist.psu.edu/134821.html>.
- [4] U. Takanori, O. Yuji, “Numerical simulation of atmospheric flow over complex terrain”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 81 (1999) 283-293.
- [5] M. Christiane, “Validation of a non-hydrostatic numerical model to simulate stratified wind fields over complex topography”, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 74-76 (1998).