

Ciência e Natura

ISSN: 0100-8307

cienciaenaturarevista@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Buligon, L; Degrazia, G. A.; Szinvelski, C. R. P.; Moor, L.
UMA NOVA DERIVAÇÃO DA TAXA DE DISSIPAÇÃO TURBULENTA PARA EVENTOS
DE TURBULÊNCIA FRACA E BEM DESENVOLVIDA.

Ciência e Natura, noviembre, 2013, pp. 270-272

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546172086>

UMA NOVA DERIVAÇÃO DA TAXA DE DISSIPAÇÃO TURBULENTA PARA EVENTOS DE TURBULÊNCIA FRACA E BEM DESENVOLVIDA.

Buligon, L²; Degrazia, G. A.¹; Szinvelski, C. R. P.², Moor, L.¹

¹ Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Maria, RS-Brasil.

² Departamento de Matemática, Universidade Federal de Santa Maria, RS-Brasil.

RESUMO

Neste trabalho é derivado uma nova forma funcional para a taxa de dissipação turbulenta válida para diferentes tipos de manifestações de turbulência presentes na CLP.

ABSTRACT

In this work is derived a new functional form for the turbulent dissipation rate valid for different types of turbulence in the PBL.

1. INTRODUÇÃO.

Uma relação importante no estudo de um escoamento turbulento é expressa pela forma funcional da taxa de dissipação de energia turbulenta. Esta relação, além de descrever os parâmetros fundamentais que determinam os diferentes aspectos da turbulência, permite simular o campo de concentração de contaminantes pelo emprego de modelos de dispersão estocásticos lagrangianos. Normalmente, uma equação baseada na função de autocorrelação lagrangiana exponencial (Taylor, 1921) é válida para uma turbulência bem desenvolvida, consequentemente não pode ser aplicada em eventos de meandro caracterizados pela presença de uma turbulência fraca (Afonssi et al., 2005; Degrazia et al., 2008).

Tennekes (1982) derivou a seguinte relação fundamental para a razão de dissipação turbulenta ε ,

$$\varepsilon = \frac{2}{C_0} \frac{\sigma_v^2}{T_{L_v}}, \quad (1)$$

Relações funcionais, tais como a Eq. (1), podem ser usadas na determinação da constante de Kolmogorov e nas parametrizações turbulentas aplicadas em modelos de dispersão estocásticos lagrangianos (Yeung, 2002).

O objetivo deste estudo é derivar uma forma funcional para a taxa de dissipação turbulenta que seja válida para diferentes tipos de manifestações de turbulência presentes na CLP. Do ponto de vista físico, será derivada uma relação fundamental geral descrevendo a dissipação turbulenta associada ao fenômeno de meandro do vento horizontal.

2. DERIVAÇÃO DA RELAÇÃO FUNDAMENTAL (1) PARA EVENTOS DE TURBULÊNCIA FRACA E BEM DESENVOLVIDA.

Degrazia propôs a seguinte relação matemática para representar a função de autocorrelação lagrangiana para a turbulência na CLP (Pasquill & Smith, 1983 ; Phillips & Panofsky, 1982).

$$\rho_{L_v}(t) = \frac{\cos(qt)}{(1+pt)^2} \quad (2)$$

onde $p = \frac{1}{(1+m^2)T_L}$, $q = \frac{m}{(1+m^2)T_L}$ e m é uma quantidade adimensional que controla a frequência de oscilação do meandro do vento horizontal.

Utilizando a Equação de Taylor para a variância espacial lateral,

$$\sigma_y^2(t) = 2\sigma_v^2 \int_0^t (t-\tau) \rho_{L_v}(\tau) d\tau , \quad (3)$$

substituindo-se a Eq. (2), obtém-se:

$$\begin{aligned} \sigma_y^2(t) = 2\sigma_v^2 & \left\{ -\frac{\cos(qt)}{p^2} + \frac{1+pt}{p^2} - \frac{q(1+pt)}{p^3} \left[\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{(pt)^{2n+2}}{2n+2} - \frac{(pt)^{2n+3}}{2n+3} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. \sum_{k=0}^{\infty} \left((-1)^n \frac{m^{2k+1}}{(2k+1)!} \right) \right] - \frac{1}{p^2} \left[\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{(pt)^{2n+1}}{2n+1} - \frac{(pt)^{2n+2}}{2n+2} \right) \sum_{k=0}^{\infty} \left((-1)^n \frac{m^{2k}}{(2k)!} \right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (4)$$

Neste ponto, fazendo-se uma expansão em Série de Maclarin para $t < T_L$, e truncando até a terceira ordem, resulta a seguinte aproximação para expressão (4),

$$\sigma_y^2(t) = 2\sigma_v^2 \left[\frac{t^2}{2} - \frac{pt^3}{3} + \dots \right] = \sigma_v^2 t^2 - \frac{2\sigma_v^2 t^3}{3(1+m^2)T_L} + \dots \quad (5)$$

Considerando-se o Modelo de Difusão Estatístico de Taylor na representação espectral, fica evidente que o termo de correção negativo está associado aos graus de liberdade turbulentos do subintervalo inercial do espectro de energia. Desta maneira, seguindo a derivação proposta por Tennekes (1982) pode-se escrever,

$$\sigma_y^2(t) = \sigma_v^2 t^2 - \frac{C_0 \varepsilon}{6} t^3 \quad (6)$$

Da comparação direta da Eq. (5) com a Eq. (6), resulta uma fórmula funcional geral para a razão de dissipação turbulenta, escrita na seguinte forma:

$$\varepsilon = 4p \frac{\sigma_v^2}{C_0} = \frac{4}{(1+m^2)} \frac{\sigma_v^2}{C_0 T_L} . \quad (7)$$

Assim se:

$$(i) \ m = 0 \Rightarrow \varepsilon = 4 \frac{\sigma_v^2}{C_0 T_L} ;$$

$$(ii) \ m = 1 \Rightarrow \varepsilon = 2 \frac{\sigma_v^2}{C_0 T_L} ;$$

$$(iii) \ m \rightarrow \infty \Rightarrow \varepsilon \rightarrow 0.$$

Do ponto de vista físico, a nova relação fundamental dada pela Eq. (7) mantém a premissa básica contida na Eq. (1), ou seja, a razão de dissipação da turbulência é proporcional à energia disponível e inversamente proporcional a escala de tempo associada aos turbilhões que contém a energia principal do campo turbulento. Apesar disso, surge nesta nova relação o parâmetro p que relaciona ε ao fenômeno de meandro (turbulência fraca). Da relação entre p e m , pode-se ver que à medida que m aumenta e o fenômeno de meandro começa a se manifestar, a taxa de dissipação turbulenta diminui. Este comportamento é fisicamente razoável, uma vez que as oscilações de baixa freqüência são relacionadas a números de onda muito menores do que aqueles associados à dissipação molecular.

3. CONCLUSÃO.

Neste estudo foi representada uma expressão alternativa para a taxa de dissipação turbulenta para a CLP. Esta nova expressão leva em conta os efeitos turbulentos e o comportamento de onda associado às oscilações de baixa freqüência observadas no fenômeno de meandro. A diferença desta relação para o resultado clássico, normalmente aceito para a taxa de dissipação, é a presença de um parâmetro que controla a freqüência de oscilação do meandro do vento horizontal.

4. REFERÊNCIAS.

- ANFOSSI, D. et al. An analysis of sonic anemometer observations in low wind speed conditions. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 114, n. 1, p. 179-203, 2005.
- DEGRAZIA, G. A. et al. Turbulence dissipation rate derivation for meandering occurrences in a stable planetary boundary layer. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 8, n. 6, p. 1713-1721, 2008.
- PASQUILL, F and SMITH, F. B. **Atmospheric diffusion**. E. Horwood, 437, 1983.
- PHILLIPS, P. and PANOFSKY, H.A. A re-examination of lateral dispersion from continuous sources, **Atmospheric Environment**. 16, 1851-1860, 1982.
- TAYLOR, G. I. **Diffusion by continuous movements**, Proc. London Math. Soc. 20, 196-211, 1921.
- TENNEKES, H. Similarity relations, scaling laws and spectral dynamics. In: **Atmospheric turbulence and air pollution modelling**. Springer Netherlands, 37-68, 1982.
- YEUNG, P. K. Lagrangian investigations of turbulence. **Annual review of fluid mechanics**, v. 34, n. 1, p. 115-142, 2002.