

Modelo analítico tridimensional de dispersão de poluentes na camada limite atmosférica

Daniela Buske¹, Marco Túllio Vilhena², Tiziano Tirabassi³,
Régis Quadros¹, Cynthia Feijó Segatto²

¹UFPEL, Departamento de Matemática e Estatística

²UFRGS, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica

³Institute ISAC of CNR, Italy

e-mail: danielabuske@pq.cnpq.br

1. Introdução

Recentemente surgiu na literatura uma solução analítica da equação de difusão-advecção multidimensional dependente do tempo para simulação da dispersão de poluentes na camada limite atmosférica (CLA) combinando a transformada de Laplace e o método GILTT (*Generalized Integral Laplace Transform Technique*), cunhado como 3D-GILTT [1]. A idéia básica consiste na aplicação do método espectral na variável y para transformar o problema original num sistema de equações bidimensional de solução conhecida. Completando o estudo da solução proposta são apresentadas simulações numéricas e comparações com dados experimentais e da literatura.

2. Metodologia

A equação de difusão-advecção estacionária que modela a dispersão de poluentes na atmosfera pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} \right) \quad (1)$$

para $t > 0, 0 < z < h, 0 < y < Ly, X > 0$, sujeita a condição inicial nula e às condições de contorno:

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial z} = 0 \text{ em } z = 0, h \quad \text{e} \quad \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = 0 \text{ em } y = 0, Ly$$

$$\bar{u}c(0, y, z, t) = Q\delta(y - y_0)\delta(z - H_s)$$

onde h é a altura da CLA, Q é a taxa de emissão de poluentes, Ly é uma distância suficientemente grande na direção y , \bar{u} é o vento médio na direção x , H_s é a altura de fonte, K_y e K_z são os coeficientes de difusão turbulenta nas direções y e z e δ é a função delta de Dirac. A solução de (1) é obtida aplicando o método espectral na variável y . Para tanto, expandimos a concentração na série $\bar{c}(x, y, z) = \sum_{m=0}^{\infty} \bar{c}_m(x, z)Y_m(y)$. Substituindo esta expansão na equação original e tomando momentos obtemos o conjunto de equações bidimensional:

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{c}_m(x, z)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial \bar{c}_m(x, z)}{\partial z} \right) - \lambda_m^2 K_y \bar{c}_m(x, z)$$

3. Resultados e conclusões

O objetivo desse trabalho é apresentar novos resultados utilizando a solução 3D-GILTT. Para tanto será utilizado o conhecido experimento de Copenhagen, perfil de vento potência e coeficientes de difusão descritos em [1],[2].

Na Figura 1 temos a concentração adimensional de poluente ($C^* = cuh^2/Q$) versus a distância adimensional ($X^* = xu_s/uh$) considerando uma altura de fonte $H_s = 0.1h$, para diferentes condições de estabilidade atmosférica. Na Figura 2 podemos analisar a altura adimensional ($Z^* = z/h$) versus a concentração para diferentes distâncias.

A Figura 3a mostra os níveis de concentração no plano horizontal xy . Podemos observar o máximo de concentração próximo a $X^* = 0.2$. Da Figura 3b observamos que no experimento considerado a turbulência em y é homogênea, motivo pelo qual os resultados aqui obtidos são similares aos obtidos pela GILTTG [1] (solução 2D da GILTT assumindo uma gaussiana na direção y).

Finalmente, afirmamos que o objetivo desse trabalho foi alcançado uma vez que foi realizada numericamente a validação do modelo proposto.

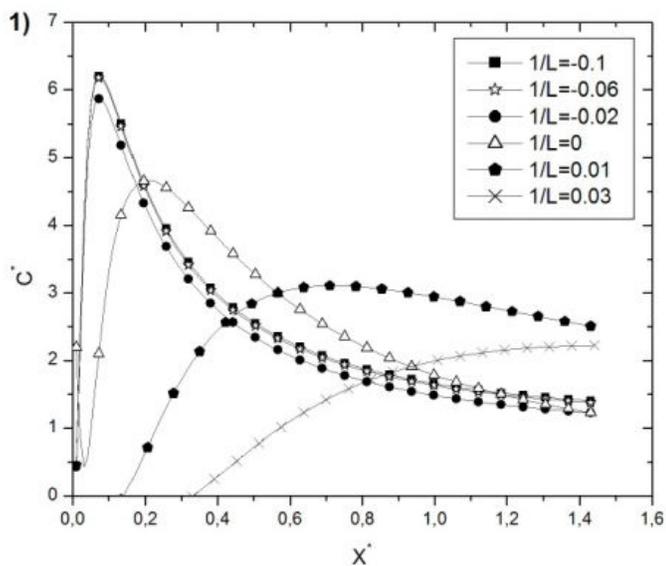


Figura 1. Concentração versus distância adimensional para diferentes condições de estabilidade.

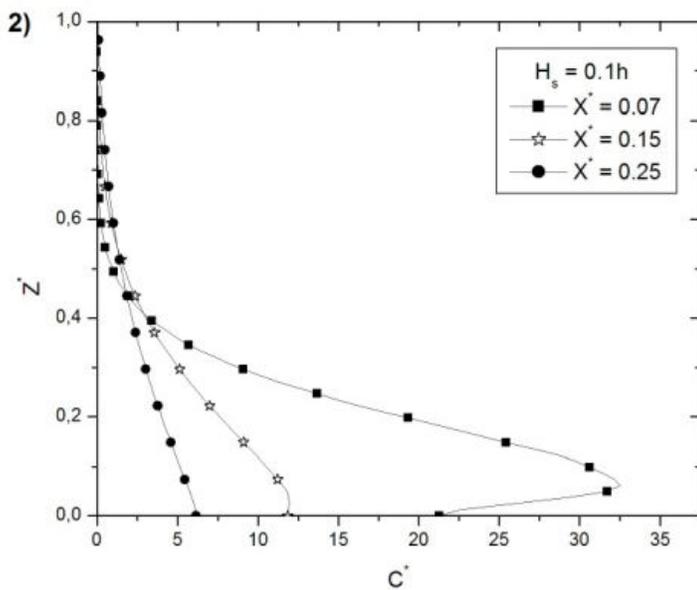


Figura 2. Altura versus concentração adimensional para 3 distâncias adimensionais.

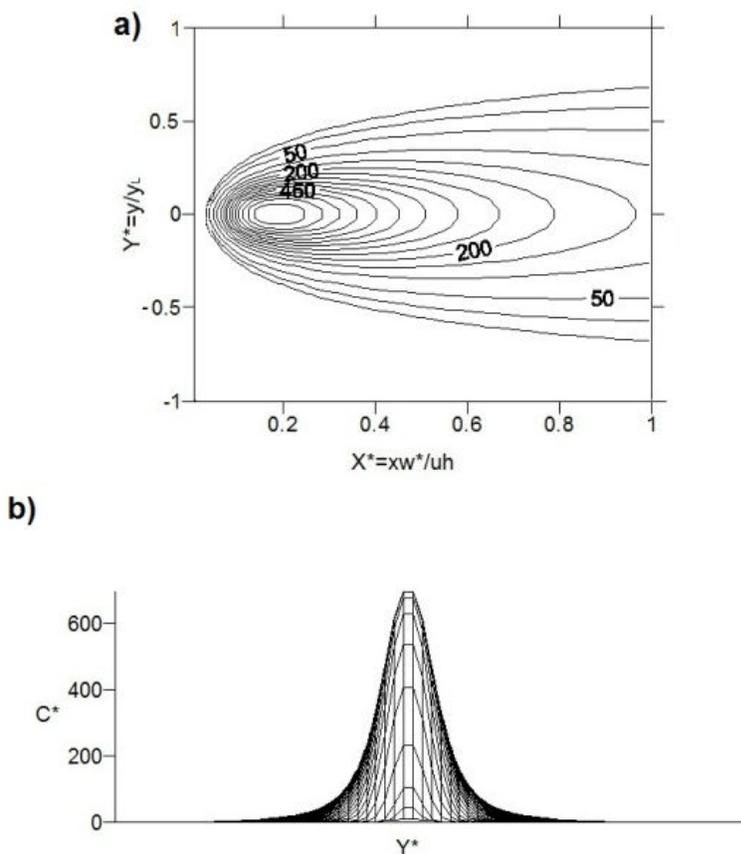


Figura 3: a) Concentração no plano horizontal xy ao nível do solo (ng/m^3).
 b) Concentração versus distância em y .

* Os autores agradecem ao CNPq e a Fapergs pelo auxílio financeiro.

Referências

- [1] Buske, D., Vilhena, M.T., Bodmann, B., Segatto, C.F., Tirabassi, T., 2011. A general advection-diffusion model for radioactive substance dispersion released from nuclear power plants. M&C2011, CD-ROM.
- [2] Pleim, J.E., Chang, J.S., 1992. A non-local closure model for vertical mixing in the convective boundary layer. *Atmos. Environ.* 26A, 965–981.