ISSN 1984-820X
Anais do CNMAC v.3
PUBLICAÇÃO DA SBMAC
CNMAC2010
XXXIII CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL

Modelo semi-empírico para transferência simultânea de calor e massa no solo

Pedro A. P. Borges **Peterson Cleyton Avi***
Depto de Matemática, Física e Estatística, DEFEM, UNIJUI
98700-000, Ijui, RS
E-mail: pborges@unijui.edu.br; petersonavi@hotmail.com

RESUMO

A agricultura é uma atividade fundamental como geradora de riqueza. Com o aumento populacional dos últimos anos, aumentaram também os desafios da tecnologia agrícola com relação à otimização da produção. Dessa forma, estudos que tenham por objetivo aperfeiçoar as práticas agrícolas são indispensáveis, particularmente, as pesquisas sobre o solo e suas propriedades.

O movimento da água no solo é fundamental para o desenvolvimento de culturas, devido ao transporte de nutrientes. A temperatura do solo influencia na germinação de sementes e no crescimento e desenvolvimento das culturas. Assim, o estudo hidráulico e térmico do solo é fundamental na busca de melhores desempenhos na atividade agrícola, sendo importante acoplar ambos, na busca de uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorrem no solo.

Existem modelos (Hillel, 1998; Lu et al., 2005) de transferência simultânea de calor e massa em solos, desenvolvidos a partir da década de 1950 com base na abordagem mecanicista de Philip e de Vries (1957) e/ou na teoria termodinâmica de Taylor e Cary (1964). Neste trabalho é proposto um modelo semi-empírico que consiste no acoplamento, através de dados empíricos, das Equações Diferenciais Parciais (EDPs) que descrevem os problemas hidráulico e térmico. É assumido que a condutividade hidráulica é dependente do teor de água do solo e da temperatura, enquanto a difusividade térmica é dependente do teor de água.

O modelo proposto com tais considerações, para o caso unidimensional, assume a seguinte forma:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left(K(\Theta,T)\frac{\partial \Psi_m}{\partial z}\right) + \frac{\partial K(\Theta,T)}{\partial z} \qquad \text{para } 0 < t < t_f \text{ e } 0 < z < H \tag{1}$$

$$\frac{1}{\alpha(\Theta)}\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \qquad \text{para } 0 < t < t_f \text{ e } 0 < z < H \tag{2}$$

Onde: Θ é o teor de água do solo (adimensional); t é o tempo (s); t_f é o tempo final (s); z é a profundidade (m); H é altura da coluna de solo (m); Ψ_m é o potencial matricial (Pa); K é a condutividade hidráulica (m/s); T é a temperatura do solo (°C) e α é a difusividade térmica (m²/s).

As condições iniciais e de fronteira são de primeira e segunda espécie e obtidas experimentalmente. A condição de fronteira na superfície do solo é uma função do tempo e expressa às variações do teor de água em condições de irrigação ou de evaporação. A condutividade hidráulica e o potencial matricial, utilizados na Eq. (1) são determinados com base em Van Genuchten (1980).

As Equações (1) e (2) com suas condições de contorno foram resolvidas numericamente usando o Método das Diferenças Finitas Centrais (CDS – *Central Difference Scheme*), utilizando o esquema temporal Explícito, implementado em programa computacional próprio.

Nos testes realizados até o momento, foram utilizados dados sintéticos para: a condição inicial (temperatura e teor de água como funções de z); as condições de contorno para Eq. (1) (irrigação em z = 0 e fluxo de teor de água igual a zero em z = H); as condições de contorno da Eq. (2) (temperatura em função do tempo em z = 0 e temperatura constante em z = H); difusividade térmica (função do teor de água); e condutividade hidráulica (função da temperatura e teor de água). Os resultados encontrados para os dados sintéticos são apresentados nas Figuras (1) e (2) e comparados com resultados de modelo sem acoplamento.

* Bolsista CAPES

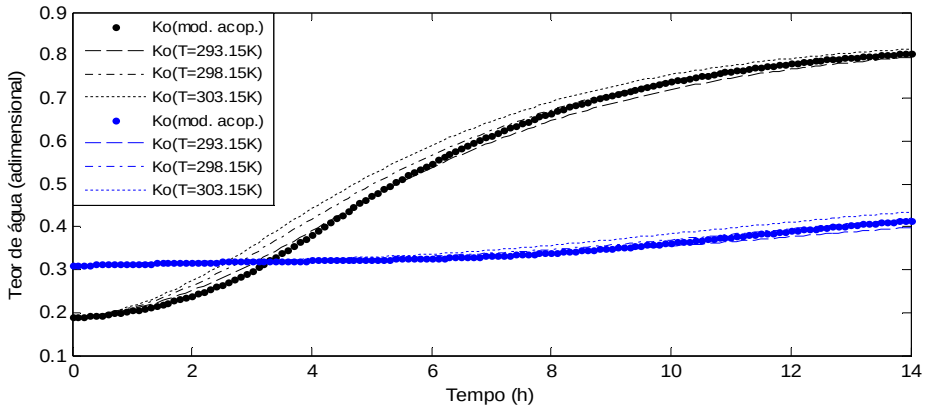

Figura 1 – Influência da variação de T na distribuição do Θ. (preto é 0.05m e azul é 0.25 m).

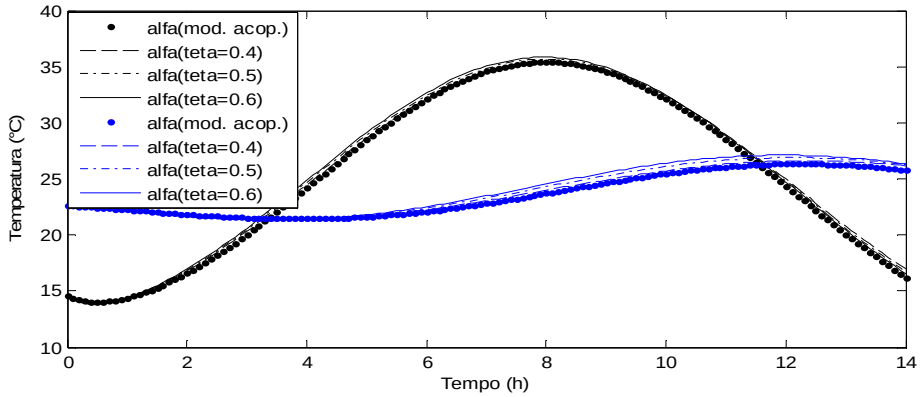

Figura 2 – Influência da variação do Θ na distribuição de T. (preto é 0.05m e azul é 0.25 m)

A Figura (1) mostra que próximo a superfície, as variações de temperatura interferem significativamente na distribuição do teor de água do solo. A solução não isotérmica (com acoplamento) é, em regra, diferentes das soluções isotérmicas, mas apresenta certa semelhança, quando na solução isotérmica é usada a temperatura média (ambiente). Para baixa profundidade, onde a variação do teor de água em relação ao tempo é mínima, a influência da temperatura é negligenciável.

A Figura (2) mostra que a influência do teor de água na distribuição de temperatura é mínima, variando menos de 1°C em comparação com as difusividades térmicas constantes consideradas.

Com base nos resultados preliminares, conclui-se que para fins científicos o acoplamento apresenta resultados consideráveis, porém para fins técnicos (agricultura) o acoplamento pode ser evitado, utilizando na Eq. (1) $K(T_m - 5\,°\mathrm{C} < T < T_m + 5\,°\mathrm{C})$, onde T_m é a temperatura média, e na Eq. (2) $\alpha(\Theta = 0.5)$.

Palavras-chave: *modelo semi-empírico, temperatura em solos, teor de água do solo, solo.*

Referências

[1] D. Hillel, "Environmental soil physics", ACADEMIC PRESS, London, 1998.
[2] J. Lu, Z. Z. Huang e X. F. Han, Water and heat transport in hilly red soil of southern China: II. Modeling and simulation, J. Zhejiang Univ. SC, vol 6B(5), pp.338-345, (2005).
[3] J. R. Philip e D. A. de Vries, Moisture movement in porous materials under temperature gradients, Trans. American Geophysical Union, vol. 38, pp. 222-232 (1957).
[4] S. A. Taylor e J. W. Cary, Linear equations for the simultaneous flow of matter and energy in a continuous soil system, Soil Soc. of Amer. Proc., vol. 28, pp. 167-172 (1964).
[5] M. Th. Van Genuchten, A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal, vol. 44, pp. 892-898, (1980).