

ESTIMATIVA MENSAL DA MÉDIA HORÁRIA DA TEMPERATURA DO SOLO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DO AR EM ABRIGO METEOROLÓGICO

Tarik Rezende de AZEVEDO¹, Emerson GALVANI¹

INTRODUÇÃO

A importância do conhecimento da variação horária, diária, estacional e anual da temperatura do solo é de fundamental importância para regiões e épocas do ano que apresentem variação que possa inibir ou prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular das culturas. A temperatura do solo é o elemento do clima que determina a velocidade de germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas, sendo sua influência maior nos subperíodos semeadura-emergência e crescimento inicial, quando ocorrem acentuadas amplitudes térmicas diárias, principalmente próximas a superfície do solo (Schneider et al, 1993). Tem-se procurado relacionar a temperatura do solo em diferentes profundidades com aquela obtida em abrigo meteorológico padrão (1,5 m acima do solo) por meio de diferentes técnicas: Oliveira et al. (1979), Stathers et al. (1985), Tenge et al. (1998) e Kang et al. (2000) utilizando séries finitas de Fourier; George (2001) trabalhando com redes neurais; Decico et al. (1977) e Brunini et al. (1976) trabalhando com equações diferenciais e; Bergamaschi & Guadagnin (1993) e Alfonsi & Sentelhas (1996) trabalhando com modelos de regressão linear. O uso do modelo linear apresenta grande praticidade e aplicabilidade, contudo nem sempre os valores de temperatura do ar daquele instante se reflete com igual relação no interior do solo, principalmente em profundidades maiores (Reichardt, 1993).

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho é propor uma metodologia de estimativa da temperatura do solo em diferentes profundidades a partir da temperatura do ar obtida em abrigo padrão considerando o atraso da propagação da onda do calor no solo.

A hipótese testada é a de que a média horária da temperatura do solo em determinada profundidade em um mês é função da média horária da temperatura do ar com algumas horas de atraso.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho baseou-se num segmento de dez anos (1993 a 2002) de série de temperaturas do solo e do ar registradas na Estação Meteorológica da Água Funda, em São Paulo, SP (23°39'S; 46°37'W; 800m). A bateria de geotermômetros está instalada em um latossolo plano, sem cobertura, e nas profundidades de 0, 5, 10, 20, 30 e 40 cm.

Sejam t a temperatura do ar e $t(z)$ a temperatura do solo na profundidade z (em cm). Onde t é obtida por leitura direta do psicrômetro de aspiração instalado no abrigo meteorológico nos horários de 7:00 às 24:00h. Para os horários de 1:00 às 6:00h os valores são obtidos do ajuste da temperatura lida no diagrama do termógrafo de rotação diária. O

ajuste consiste na distribuição linear das diferenças entre as leituras dos dois instrumentos às 24:00 e às 7:00h. Obtém-se $t(z)$ por leitura direta dos geotermômetros nas horas inteiras de 7:00 às 24:00h.

Embora seja possível, sobretudo para profundidades maiores que 20 cm, interpolar os dados horários que faltam, evitamos usar este expediente para não contaminar os dados. Desta feita, o modelo aqui apresentado foi testado para a temperatura do solo nos horários em que há leitura direta. Testou-se a consistência dos dados graficamente e foram realizadas 89 correções.

Sejam T e $T(z)$, respectivamente, as médias de t e $t(z)$ por horário para os dez anos. Calculou-se para cada mês a média horária de t adequada para a cada profundidade ($M(u)$), considerando o atraso em horas (u) do pico de $T(z)$ em relação ao pico de T . Como u normalmente é fracionário em relação aos momentos de amostragem da temperatura, aproximou-se u para o horário inteiro mais próximo. Por exemplo, a média da temperatura do ar adequada para comparação com $T(30)$ de 15:00h de determinado mês, seria a média da temperatura do ar registrada u horas antes das 15:00h dos mesmos dias considerados no cálculo de $T(30)$. Perceba-se que não bastaria fazer o rodízio das colunas horário de uma tabela com $M(0)$ calculada mês a mês em suas linhas. Os dias considerados nas duas médias a comparar não seriam os mesmos em função das mudanças de mês.

Investigou-se a possível dependência entre $M(u)$ e $M(0)$ para $0 < u < 12$, que corresponde ao intervalo de profundidades das quais havia amostragem. Calculou-se o coeficiente de determinação de $M(u) = f(M(0))$, como função linear pelo método dos mínimos quadrados, para cada u inteiro.

Para cada série de $T(z)$ e $M(u)$ correspondentes determinou-se $T(z) = f(M(u))$, como função linear, e o coeficiente de determinação pelo método dos mínimos quadrados. Finalmente comparou-se com os resultados obtidos aplicando $M(0)$ para todas as profundidades.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 está representado o tempo de atraso do pico da média da temperatura do solo nas profundidades para as quais há registros disponíveis. A generalização para $u = f(z)$ assumindo que u seja função quadrática da profundidade ($R^2 = 0,999$) é mostrada na mesma figura. De fato, estes resultados são seguros apenas para os primeiros decímetros do tipo de solo em questão. Para outras classes de solos e profundidades maiores seria necessária a determinação empírica da relação em cada caso.

Os coeficientes de determinação para $M(u) = f(M(0))$ diminuem acentuadamente com a profundidade. Para $u=2$, o coeficiente é alto; 0,822. Ou seja, para determinado mês, é possível estabelecer relação direta entre a média da

¹ Prof. Dr. Laboratório de Climatologia e Biogeografia, Departamento de Geografia, FFLCH, USP. Av. Prof. Lineu Prestes, 338, São Paulo, SP, CEP 05508-900. E-mail: xtarikx@usp.br; egalvani@usp.br

temperatura do ar de duas horas antes e a média da temperatura de determinado horário. No entanto, pela simples análise visual da figura 2, pode ser verificado que o limite aceitável para $M(u)=f(M(0))$ situa-se no intervalo entre 3 e 4 horas, que, neste caso corresponde ao intervalo de profundidade entre 10 e 20 cm.

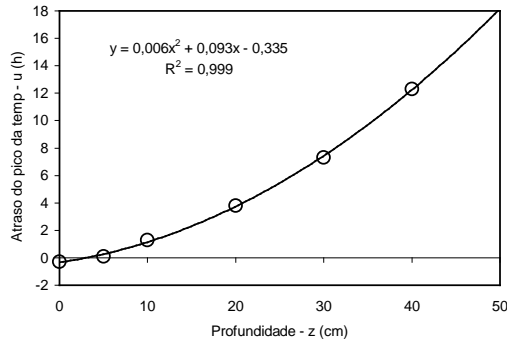


Figura 1. Tempo de atraso do pico de temperatura do solo em relação ao pico da temperatura do ar em função da profundidade. Argisolo, plano e sem cobertura. Estação da Água Funda, São Paulo, SP. 1993 a 2002.

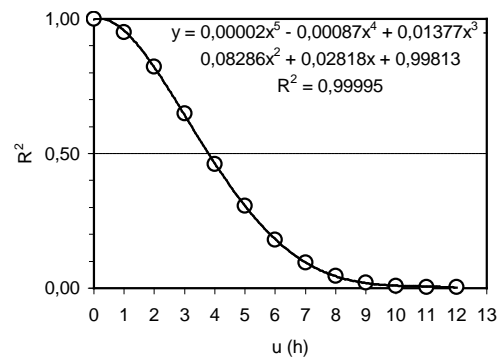


Figura 2. Variação do coeficiente de determinação de $M(u)=f(M(0))$ em função de u (h).

Da comparação entre $T(z)=f(M(u))$ e $T(z)=f(M(0))$ para $z=\{0,5,10,20,30 \text{ e } 40\}$ das 7:00 às 24:00h, profundidades e horários para as quais há o registro da temperatura do solo, obteve-se os resultados representados na tabela 01.

Tabela 1. Coeficiente angular, linear e de determinação para $T(z)=f(M(0))$ e $T(z)=f(M(u))$.

z (cm)	u (h)	$T(z)=f(M(0))$			$T(z)=f(M(u))$		
		b	a	r^2	b	a	r^2
0	0	1,56	-8,95	0,84	1,56	-8,95	0,84
5	0	1,29	-2,94	0,90	1,29	-2,94	0,90
10	1	0,95	3,64	0,72	1,02	2,15	0,85
20	4	0,59	10,28	0,43	0,73	7,67	0,73
30	7	0,50	11,83	0,38	0,55	11,22	0,56
40	12	0,50	12,00	0,45	0,61	10,97	0,61

Os coeficientes de determinação obtidos são semelhantes até 5 cm de profundidade. Até 40 cm, o procedimento aqui apresentado conduz a estimativas melhores da temperatura horária mensal (figura 3).

Uma possibilidade de melhorar ainda mais o procedimento de estimativa mensal da temperatura horária do solo seria determinar a temperatura do ar de u horas antes do horário por interpolação linear,

ou mesmo polinomial, sem arredondar u para o inteiro mais próximo.

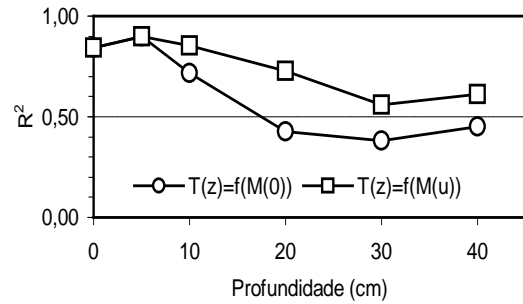


Figura 3. Coeficientes de determinação para $T(z)=f(M(0))$ e $T(z)=f(M(u))$ em função de z.

CONCLUSÃO

A estimativa mensal da média horária da temperatura do solo em função da média horária da temperatura do ar considerando o atraso do pico da temperatura do solo com o aumento da profundidade, gera resultados mais confiáveis que os obtidos em função da média da temperatura do ar no mesmo horário da temperatura do solo estimada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFONSI, R.R., SENTELHAS, P.C. Estimativa da temperatura do solo através da temperatura do ar em abrigo meteorológico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.4, n.2, p.57-61, 1996.

BERGAMASCHI, H., GUADAGNIN, M.R. Modelo de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 1, n.1, p. 95-99, 1993.

BRUNINI, O., SANTOS, J.M., ALFONSI, R.R., PEDRO JÚNIOR, M.J., PINTO, H.S. Estudo micrometeorológico com cenouras (var. Nantes). II – influência da temperatura do solo. **Bragantia**, v. 35, n.4, p.49-54, 1976.

DECICO, A., SANTOS, J.M., RIBEIRO, M.N.G., SALATI, E. Estudos climatológicos da reserva florestal Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazônica**, v.7, n.4, p.485-494, 1977.

GEORGE, R.K. Prediction of soil temperature by using Artificial Neural Networks Algorithms. **Nonlinear Analysis**, v.47, p.1737-1748, 2001.

KANG, S., KIM, S., OH, S., LEE, D. Prediction spatial and temporal patterns of soil temperature based on topography, surface cover and air temperature. **Forest Ecology and Management**, v.136, p.173-184, 2000.

OLIVEIRA, F.D., SEDIYAMA, G.C., VIEIRA, M., PINHEIRO FILHO, J.B. Temperatura do solo, a 2 cm de profundidade, como resposta a temperatura do ar. **Revista Ceres**, v.26, n.144, p.205-215, 1979.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. Piracicaba, USP/ESALQ, Dep. De Física e Meteorologia, 505p.,1993.

SCHNEIDER, F.M.; BURIOL, G.A.; ANDRIOLO, J.L.; ESTEFANEL, V.; STRECK, N.A. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.37-42, 1993.

STATHERS, R.J., BLACK, T.A., NOVAK, M.D. Modelling soil temperature in forest clearcuts using climate station data. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.36, p.153-164, 1985.

TENGE, A.J., KAIHURA, F.B.S, LAL, R., SINGH, B.R. Diurnal soil temperature fluctuations for different erosion classes of an oxisol at Mlingano, Tanzânia. **Soil & Tillage Research**, v. 49, p.211-217, 1998.