



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.5.3.2020.2722.274-280



Temperatura de solo coberto e descoberto a partir da temperatura do ar Temperature of covered and uncovered soil from air temperature

Marcos Hubert^a, Rosandro Boligon Minuzzi^b

^a Horta Orgânica, Rua dos Cardeais, s/nº, Pedra Branca, Palhoça, Santa Catarina, Brasil. CEP: 88137-275. E-mail: marcos.hubert94@hotmail.com.

^b Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Centro de Ciências Agrárias. Av. Admar Gonzaga, n. 1356, Itacorubi, Florianópolis-SC, Brasil. CEP: 88034-001. E-mail: rbminuzzi@hotmail.com.

ARTICLE INFO

Recebido 14 Fev 2019

Aceito 31 Mar 2020

Publicado 04 Ago 2020

ABSTRACT

Soil temperature is of fundamental agricultural and ecological importance for the development of the soil-plant system. However, ground temperature data are deficient in recent and old series of weather stations. The objective of the study was to estimate the temperature of the covered and uncovered soil on the hourly and daily scale, considering the air temperature. In six months, data were collected on air and soil temperature covered and uncovered at 5 cm and 10 cm depth. Regression analysis was performed, and on the hourly scale, the data were also submitted to correlations lag-1, lag-2, lag-3, lag-4, and lag-5. On the daily scale, analyzes were performed according to cloudiness, defined by the Clearness Index, and determined the mean error and the standard error of the estimate. The hourly temperature of the uncovered and covered soil can be estimated with the air temperature lagged by four and five hours, respectively. On the daily scale, soil temperature estimates at 5 or 10 cm depth can be obtained regardless of cloudiness.

Keywords: Soil texture, mulching, agrometeorological model, cloudiness.

RESUMO

A temperatura do solo é de fundamental importância agrícola e ecológica ao desenvolvimento do sistema solo-planta. No entanto, há uma deficiência em dados de temperatura do solo nas séries recentes e antigas de estações meteorológicas. Objetivou-se estimar a temperatura do solo coberto e descoberto na escala horária e diária a partir da temperatura do ar. Em seis meses foram coletados dados de temperatura do ar e do solo coberto e descoberto a 5 cm e 10 cm de profundidade. Foi realizada análise de regressão, sendo que, na escala horária os dados também foram submetidos a correlações lag-1, lag-2, lag-3, lag-4 e lag-5. Na escala diária foram feitas análises de acordo com a nebulosidade, definida pelo Índice de Claridade e determinados o erro médio e o erro padrão de estimativa. A temperatura horária do solo descoberto e coberto pode ser estimada com a temperatura do ar defasada em quatro e cinco horas, respectivamente. Na escala diária, as estimativas de temperatura do solo a 5 ou 10 cm de profundidade podem ser obtidas independentes da nebulosidade.

Palavras-Chave: Textura do solo, cobertura do solo, modelo agrometeorológico, nebulosidade.

Introdução

A temperatura do solo é de fundamental importância agrícola e ecológica ao desenvolvimento do sistema solo-planta, bem como na germinação das sementes, período este que marca o início da formação do sistema radicular das plantas, sendo estes aspectos importantes no desenvolvimento, nas interações de absorção de água e nutrientes do solo, no

desenvolvimento de moléstias e na velocidade das reações químicas do solo (Bergamaschi & Guadanin, 1993).

As primeiras camadas do solo, com ou sem proteção vegetal, são os principais meios de troca e armazenamento de energia em ecossistemas terrestres. No entanto, o material que se encontra na superfície do solo é indispensável na conservação do mesmo, tal como na

manutenção de temperatura, controle de erosão, preservação da vida em horizontes superficiais.

Em Santa Catarina, com clima subtropical úmido, a avaliação da temperatura do solo é crucial para culturas semeadas na primavera, as chamadas culturas de verão. Maluf et al. (2000) ressaltam que, entre as regiões mais quentes e mais frias, é possível verificar diferenças de até 60 dias no início dos períodos recomendados para a semeadura.

A temperatura do ar e a radiação solar global estão entre os principais fatores externos influentes na variação da temperatura do solo. A radiação solar ao atingir a superfície terrestre, transmite energia radiante que através dos processos de radiação, convecção e condução, promovem a transferência de energia, o aquecimento do ar e do solo, respectivamente, sendo o propulsor das variações de temperatura nesses meios (Reichardt & Timm, 2004). A quantidade de calor sensível presente em um meio é dado pela temperatura. Pereira et al. (2002) afirmam que a amplitude térmica de um solo é determinada pelo aquecimento de sua superfície, resultante da radiação solar global e pelo transporte de calor ao seu interior através da condução.

Pereira et al. (2002) ressaltaram que a variação temporal e espacial da temperatura de um solo está intimamente ligada ao seu calor específico, a sua condutividade térmica e a sua emissividade (poder emissor da superfície), que dependem de sua textura, densidade e umidade. Outros fatores se mostram importantes na variação da temperatura do solo, dentre os quais se destacam as variáveis meteorológicas como fatores externos e a classe de solo, tipo de cobertura e o relevo como fatores internos.

A temperatura do solo é fator decisivo na tomada de decisão como influente na definição de melhores épocas de semeadura, conforme estudo de Maluf et al. (2000), que delimitaram regiões do Estado do Rio Grande do Sul, onde a temperatura de solo desnudo a 5 cm de profundidade, nos meses de julho, agosto e setembro, fosse adequada para germinação efetiva e uniforme de sementes de culturas de primavera-verão, sem que estas sofram danos por período longo de permanência no solo.

No entanto, há uma deficiência em dados de temperatura do solo nas séries recentes e antigas de estações meteorológicas, independente da periodicidade dos registros. George et al. (2001) citaram estudos que desde a década de 1970 tentam estudar a problemática de estimar a temperatura do solo diante da sua importância para a agricultura.

Neste sentido, o objetivo deste estudo é estimar a temperatura do solo na escala diária e horária, com diferentes coberturas e profundidades, considerando variáveis meteorológicas de maior disponibilidade e fácil acesso.

Material e Métodos

Os dados de temperatura do ar e do solo foram obtidos no período de setembro a outubro de 2017 e março a junho de 2019, na estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis (latitude: 27,57° Sul, longitude: 48,50° Oeste e altitude: 2 metros). O solo do local é classificado como Neossolo Quartzarênico, de textura arenosa (Santos et al. 2013). Os registros de radiação solar global foram obtidos da estação pertencente à Epagri (Empresa de Pesquisa e Extensão Rural de Santa Catarina), distante a do CCA em 267 metros.

Os dados de temperatura do solo foram coletados e armazenados automaticamente na escala horária com geotermômetro para medições a 5 e 10 cm de profundidade. No solo coberto foram utilizadas folhas secas de árvores, o suficiente para cobrir totalmente o solo.

Para a análise estatística dos dados, em escala horária e diária, foi utilizado o *software* Past 3.11, para a realização de regressões lineares polinomiais de 1ª até 3ª ordem, onde se obteve as equações de regressão, o coeficiente de correlação (r) e de determinação (R^2) e o valor-p para testar a significância estatística ao nível de 5% ou 1% e, conseqüentemente, a definição do grau da regressão a ser usado.

Nas análises horárias, os dados também foram submetidos às correlações lag-1, lag-2, lag-3, lag-4 e lag-5, tendo em vista a defasagem na escala temporal da temperatura do solo em diferentes profundidades em relação às condições na superfície, pois a principal transferência de calor no solo ocorre através da condução (sendo uma troca de energia relativamente lenta). Assim, em uma lag-1, lag-2, lag-3, lag-4 e lag-5 a correlação envolveu a temperatura do solo em dado horário com a temperatura do ar defasada em 1, 2, 3, 4 e 5 horas, respectivamente, buscando obter a equação de melhor ajuste para estimar a temperatura do solo. A correlação dos dados foi classificada quanto ao desempenho de acordo com a metodologia de Hopkins (2018).

Tabela 1. Classificação do coeficiente de correlação (Hopkins, 2018).

Coef. de correlação	Desempenho
$0,9 < r \leq 1,0$	Quase perfeita
$0,7 < r \leq 0,9$	Muito alta
$0,5 < r \leq 0,7$	Alta
$0,3 < r \leq 0,5$	Moderada
$0,1 < r \leq 0,3$	Baixa
$0,0 < r \leq 0,1$	Muito baixa

Para a avaliação na escala diária, também foram determinados o erro padrão de estimativa (EPE) (Equação 1) e o erro médio (EM).

$$EPE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2}{N-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq.(1)}$$

onde: X_i = são os dados diários de temperatura do solo a 5 ou 10 cm; \bar{X} = é a média dos dados diários de temperatura do solo a 5 ou 10 cm; Y_i = são os dados diários de temperatura do ar; N = é o número de dados diários.

O Erro Médio (EM) representa a diferença média da temperatura do ar com a temperatura do solo. Assim, o EM indica a tendência de temperatura do ar em superestimar ($EM > 0$) ou subestimar ($EM < 0$) a temperatura do solo, sendo calculado conforme Equação 2:

$$EM = \sum_{i=1}^N (Y_i - X_i) \quad \text{Eq.(2)}$$

Igualmente, as análises diárias também foram feitas de acordo com a nebulosidade, definida pelo Índice de Claridade (I_k), que relaciona a radiação solar global com a radiação solar no topo da atmosfera (R_0): $0 < I_k < 0,3$ (Céu nublado); $0,3 \leq I_k \leq 0,65$ (Céu parcialmente nublado) e $0,65 < I_k < 1,0$ (Céu claro), seguindo a proposta de Ricieri (1998).

Resultados

Todas as regressões foram estatisticamente significativas a 1% entre a temperatura horária do solo descoberto a 5 e 10 cm de profundidade com a temperatura do ar em diferentes 'lags' (Tabela 2). Nos três graus de regressão testados, os coeficientes foram praticamente iguais, sendo a escolha da equação, definida em função daquela com menor valor-p. Assim, foi unânime a escolha de equações de regressão linear simples ou de primeira ordem para a estimativa da temperatura do solo. Para solo descoberto a 5 cm a melhor correlação encontrada foi em lag-3 sendo classificada como 'muito alta', igualmente para a profundidade de 10 cm, mas com lag-4. Na primeira e segunda situações, a temperatura do ar explicou 63% e 68% da variação da temperatura do solo, respectivamente.

Tabela 2. Equação de regressão da temperatura do ar (T) com temperatura do solo descoberto ($T_{\text{solo descoberto}}$) a 5 e 10 cm de profundidade, em escala horária com lag-0 (n), lag-1 (n-1), lag-2 (n-2), lag-3 (n-3), lag-4 (n-4) e lag-5 (n-5). Fonte: Hubert & Minuzzi (2020).

Equação de regressão	R ²	r	valor-p
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,6135.T_n + 10,02$	0,45	0,67	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,6686.T_{(n-1)} + 8,796$	0,54	0,73	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,7052.T_{(n-2)} + 7,987$	0,61	0,78	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,7189.T_{(n-3)} + 7,685$	0,63	0,79	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,7084.T_{(n-4)} + 7,916$	0,61	0,78	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,6765.T_{(n-5)} + 8,622$	0,56	0,75	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,4935.T_n + 12,5$	0,42	0,65	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,5442.T_{(n-1)} + 11,38$	0,50	0,71	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,5856.T_{(n-2)} + 10,46$	0,58	0,76	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,6134.T_{(n-3)} + 9,85$	0,64	0,80	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,6244.T_{(n-4)} + 9,605$	0,68	0,82	0,0000
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,6184.T_{(n-5)} + 9,737$	0,65	0,81	0,0000

Em solo coberto, a lag-5 apresentou as melhores correlações de 0,77 e 0,74, com classificação 'muito alta', respectivamente, para 5 e 10 cm de profundidade, isto é, com coeficientes

de regressão um pouco menores comparativamente aos obtidos para solo descoberto (Tabela 3), apesar de estarem

inseridos na mesma classificação quanto ao desempenho ('muito alta').

Tabela 3. Equação de regressão da temperatura do ar (T) com temperatura do solo coberto ($T_{\text{solo coberto}}$) a 5 e 10 cm de profundidade, em escala horária com lag-0 (n), lag-1 (n-1), lag-2 (n-2), lag-3 (n-3), lag-4 (n-4) e lag-5 (n-5). Fonte: Hubert & Minuzzi (2020).

Equação de regressão	R ²	r	valor-p
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,4104.T_n + 14,28$	0,38	0,62	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,4435.T_{(n-1)} + 13,55$	0,43	0,66	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,4738.T_{(n-2)} + 12,88$	0,49	0,70	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,498.T_{(n-3)} + 12,35$	0,55	0,74	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,514.T_{(n-4)} + 12$	0,58	0,76	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,5205.T_{(n-5)} + 11,86$	0,60	0,77	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,3743.T_n + 15,16$	0,34	0,58	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,4009.T_{(n-1)} + 14,58$	0,38	0,62	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,427.T_{(n-2)} + 14$	0,44	0,66	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,45.T_{(n-3)} + 13,49$	0,48	0,69	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,4679.T_{(n-4)} + 13,1$	0,52	0,72	0,0000
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,479.T_{(n-5)} + 12,85$	0,55	0,74	0,0000

Na escala diária, as correlações foram maiores que as obtidas na escala horária, estando todas em torno de $r = 0,90$ (Tabela 4). A única situação em que a correlação se enquadrava como 'quase perfeita' foi da temperatura do ar com a temperatura do solo descoberto a 10 cm ($r = 0,91$). Nesta, a temperatura do ar explicou cerca de 82% da variação da temperatura do solo na referida profundidade. As demais análises estatísticas na escala diária também foram semelhantes entre si,

como o EPE que variou de 1,7°C a 1,94°C e o EM, sendo unânime em indicar que a temperatura do ar via equação de regressão tende a subestimar a temperatura do solo entre 1,28°C a 1,48°C. A análise da reta 1:1 nos gráficos de dispersão (Figura 1) especifica que qualquer que seja a temperatura do ar, a estimativa da temperatura do solo tende a ser em média 1,38°C menor do que se este dado fosse medido instrumentalmente.

Tabela 4. Equação de regressão coeficientes de determinação (R²) e correlação (r) entre a temperatura de solo descoberto (4a) e coberto (4b) a 5 e 10 cm de profundidade com a temperatura do ar (T) em escala diária. Fonte: Hubert & Minuzzi (2020).

Equação de regressão	R ²	r	valor-p	EPE	EM
4a					
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,9096.T + 3,477$	0,78	0,88	0,0000	1,94	-1,48
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,8546.T + 4,521$	0,82	0,91	0,0000	1,70	-1,31
4b					
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,7843.T + 6,028$	0,76	0,87	0,0000	1,80	-1,28
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,7616.T + 6,63$	0,75	0,86	0,0000	1,89	-1,38

Assim, é possível fazer um ajuste nas estimativas da temperatura do solo, adicionando-o o valor do EM ao estimado pelas equações de regressão.

Para todas as condições de nebulosidade as correlações foram significativas a 1% e com desempenho 'muito alto' ou 'quase perfeito'

(Tabela 5), com o EM ratificando as tendências nas estimativas da temperatura do solo obtidas sem distinção de nebulosidade. Neste comparativo, a ressalva é feita para o EPE e EM, em condições de céu nublado, que ficaram acima do limiar de 2°C (Tabela 5c).

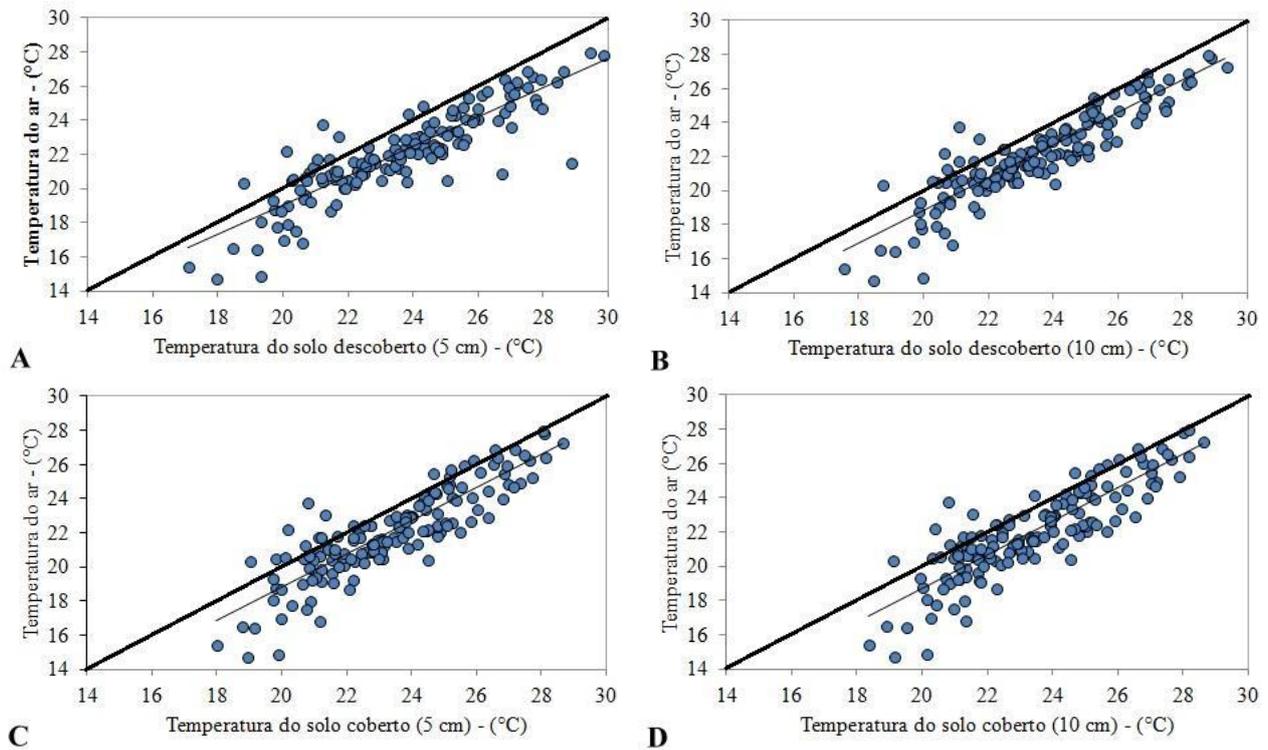


Figura 1. Relação entre a temperatura do ar diária com a temperatura do solo em solo descoberto a 5 cm (A) e a 10 cm (B) e em solo coberto a 5 cm (C) e a 10 cm (D). Fonte: Hubert & Minuzzi (2020).

Tabela 5. Equação de regressão e coeficientes de determinação (R^2) e correlação (r) entre a temperatura do ar (T) e a temperatura do solo coberto e descoberto a 5 e 10 cm de profundidade, em condição de céu claro (5a), céu parcialmente nublado (5b), céu nublado (5c) em escala diária. Fonte: Hubert & Minuzzi (2020).

Equação de regressão	R^2	r	valor-p	EPE	EM
5a					
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,8612.T + 4,845$	0,77	0,88	0,0000	2,13	-1,65
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,7349.T + 7,02$	0,88	0,94	0,0000	1,52	-1,03
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,8573.T + 4,455$	0,90	0,95	0,0000	1,46	-1,17
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,6875.T + 8,225$	0,84	0,92	0,0000	1,71	-1,16
5b					
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 1,014.T + 0,8609$	0,81	0,90	0,0000	1,67	-1,17
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,9166.T + 2,797$	0,78	0,88	0,0000	1,50	-0,92
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,9661.T + 1,795$	0,82	0,91	0,0000	1,49	-1,03
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,8895.T + 3,512$	0,77	0,88	0,0000	1,57	-1,03
5c					
$T_{\text{solo descoberto}(5\text{cm})} = 0,8531.T + 5,03$	0,74	0,86	0,0000	2,38	-2,01
$T_{\text{solo coberto}(5\text{cm})} = 0,746.T + 7,404$	0,77	0,88	0,0000	2,44	-2,16
$T_{\text{solo descoberto}(10\text{cm})} = 0,7776.T + 6,554$	0,82	0,91	0,0000	2,23	-1,98
$T_{\text{solo coberto}(10\text{cm})} = 0,7374.T + 7,662$	0,74	0,86	0,0000	2,55	-2,24

Discussão

Nota-se que os coeficientes de correlação/determinação foram aumentando gradualmente conforme aumento das 'lags', mas com diferenças cada vez menores entre um 'lag' e outro. Por isso, para um solo coberto, na presunção de que, mesmo um eventual coeficiente lag-6 maior que o obtido para lag-5, a diferença entre ambos seria mínima. A consideração destas

defasagens na escala temporal é importante para melhor compreensão e obtenção de modelos agrometeorológicos que forneçam estimativas mais precisas, conforme George et al. (2001) encontraram em seu estudo para prever temperatura do solo de 0 a 5 cm de profundidade, em função da temperatura do ar, usando redes neurais artificiais.

É coerente que a maior correlação no solo coberto tenha sido em um 'lag' maior que ao obtido para o solo descoberto, tendo em vista que o primeiro, demora mais para aquecer/resfriar, isto é, a defasagem temporal é maior do que num solo sem nenhum tipo de cobertura que permite a incidência da radiação solar direta e responde mais rapidamente as condições da atmosfera. Bergamaschi & Bergonci (2017) fazem um comparativo de que enquanto as temperaturas máximas junto à superfície ocorrem logo após o meio-dia, a 40 cm de profundidade, elas se dão próximo às 22 h. Do mesmo modo, as temperaturas mínimas junto à superfície manifestam-se logo após o nascer do sol, ao passo que, a 40 cm de profundidade, elas serão observadas próximo ao meio-dia.

Além disso, a presença de cobertura sobre o solo ajuda a explicar as correlações mais baixas do que em relação ao solo descoberto, em função da passagem de radiação solar direta que incide sobre a superfície. Isto ressalta a importância da presença de material orgânico sobre o solo, além de proteger contra a influência dos ventos e chuvas fortes, também atua como proteção as variações mais bruscas de temperatura (Heckler et al., 1998). Pereira et al. (2002) atestam que a matéria orgânica é dentre outros, responsável pela variação temporal e espacial da temperatura do solo, sendo um fator intrínseco na sua determinação.

Considerando as eventuais respostas da temperatura do solo em função de sua textura, Bergamaschi & Bergonci (2017) consideram que diferentes tipos de cobertura no solo como grama, palha e telados, tem o mesmo efeito independente do tipo de textura do solo. Assim, qualquer que seja a textura e tipo de cobertura, a temperatura do solo horária terá uma resposta a temperatura do ar semelhante a obtida neste estudo.

Na escala diária, a nebulosidade não foi um fator diferencial na correlação entre a temperatura do ar com a temperatura do solo, independente da existência ou não de cobertura. Assim sendo, para a estimativa da temperatura do solo diária pode-se utilizar as equações obtidas sem distinção de nebulosidade.

Bergamaschi & Bergonci (2017) afirmam que a nebulosidade tem efeito semelhante ao de uma cobertura no solo, por interferir no balanço de radiação devido à interceptação da radiação solar incidente ou emitida pela superfície, como na diminuição da amplitude térmica. Isto é atestado no estudo de Levien et al. (2005), que observaram que a amplitude térmica do solo até um mês após a emergência do milho foi menor nos tratamentos com escarificação e plantio direto

em relação ao convencional. Contudo, após esse período, essas diferenças deixaram de existir, devido à cobertura do solo propiciada pela própria cultura do milho, em torno de 50%. Assim, como as correlações diárias no presente estudo foram semelhantes, independente da nebulosidade e existência ou não de cobertura, presume-se que a temperatura do solo pode ser estimada pela temperatura do ar, independente da existência ou não de uma cultura anual e do estágio fenológico que se encontra.

Em termos de fatores influentes na temperatura do solo, Furlani et al. (2008) mostraram as diferenças que ocorrem em função do preparo de solo e no decorrer do ciclo de plantas usadas para a cobertura do solo. Encontraram que o plantio direto apresentou temperaturas do solo menores a 5 cm de profundidade do que o preparo convencional até o 14º dia após emergência das plantas do consórcio aveia-preta + nabo forrageiro. A partir de 30 dias após emergência das plantas, a temperatura do solo não foi influenciada pelos sistemas de preparo em razão do grande crescimento das culturas de cobertura e da adequada disponibilidade de água.

Diante do propósito do estudo, os resultados são bem vistos, devido às altas correlações obtidas com uma variável meteorológica de fácil medida que permite via equações simples, estimar a temperatura do solo independente da existência ou não de cobertura. As equações também podem ser recomendadas a serem utilizadas em solos com outro tipo de textura, desde que, estejam com algum tipo de cobertura. Na ausência de cobertura em solos com textura média ou argilosa, recomenda-se estudos para atestar ou não o uso das equações de regressão.

Conclusão

Pode-se estimar a temperatura do solo coberto e descoberto para 5 e 10 cm de profundidade, em escala horária e, ou diária utilizando dados da temperatura do ar.

Referências

- Bergamaschi, H.; Guadagnin, M. R. 1993. Modelos de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. Rev. Bras. Agromet., 1, (1), 95-99.
- Bergamaschi, H.; Bergonci, J. I. 2017. As plantas e o clima: princípios e aplicações. Agrolivros, Guaíba. 351p.
- Furlani, C. E. A.; Gamero, C. A.; Levien, R.; Silva, R. P. da; Cortez, J. W. 2008.

- Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 32, (1), 375-380.
- George, R. K.; Rammohan, S.; Kulshretha, M. S.; Shekh, A. M.; Jaita, H. 2001. Prediction of soil temperature using artificial neural networks. *J. Agrometeorol.*, 3, (1-2), 169-173.
- Heckler, I. C.; Hernani, L. C.; Pitol, C. P. 1998. Palha. In: Salton, L. C.; Hernani, L. C.; Fontes, C. Z. (org.). Sistema plantio direto: O produtor pergunta, a EMBRAPA responde, pp. 37-49. Embrapa-CPAO, Dourados.
- Hopkins, W. G. A New view of statistics. Available in: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Accessed in: May 20, 2018.
- Levien, R.; Gamero, C. A.; Furlani, C. E. A. 2005. Temperaturas do solo e do ar durante o desenvolvimento do milho em diferentes condições de manejo do solo. *Anais XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*, Canoas, RS, Brasil, ABEA, CD-ROM.
- Maluf, J. R. T.; Matzenauer, R.; Caiaffo, M. R. 2000. Análise de representação espacial da temperatura de solo desnudo, visando a antecipação da semeadura de culturas de primavera-verão, no estado do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Agromet.*, 8, (2), 239-246.
- Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. 2002. *Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas*. Agropecuária, Guaíba. 478p.
- Reichardt, K.; Timm, L. C. 2004. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Manole, Barueri. 478p.
- Ricieri, R. P. 1998. Modelos de estimativa e avaliação dos métodos de medida da radiação solar difusa. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil. 81p.
- Santos, H. G. dos.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C. dos; Oliveira, V. A. de; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A. de; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. de. 2013. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. Embrapa, Brasília. 353p.