

Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu

Eloi Gasparim¹, Reinaldo Prandini Ricieri^{1*}, Suedêmio de Lima Silva¹, Rivanildo Dallacort² e Estor Gnoatto³

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil. ²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil. ³Centro Federal de Ensino Tecnológico, Medianeira, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: ricieri@unioeste.br

RESUMO. A temperatura do solo está relacionada com os processos de interação solo-planta, destacando-se a germinação das sementes, o desenvolvimento e a atividade das raízes em absorver água e nutrientes do solo, a atividade de microrganismos, a difusão de solutos e gases, o desenvolvimento de moléstias, a velocidade das reações químicas no solo. Devido à importância da temperatura do solo para os vegetais, objetivou-se estudar a temperatura no perfil do solo a diferentes profundidades em solo nu e com duas densidades de cobertura morta. O experimento foi instalado e conduzido na Estação Experimental Agrometeorológica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel. Foram instalados termopares tipo (K) em perfil do solo, nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 40 cm, conectados a um equipamento de aquisição de dados programado para realizar uma leitura por segundo e armazenar médias aritméticas a cada cinco minutos, sob duas densidades de cobertura morta (4000 e 8000 kg.ha⁻¹) de aveia preta. Pelos resultados obtidos, concluiu-se que quanto maior a densidade de cobertura morta sobre o solo, menor é a variação da temperatura no seu perfil. A temperatura do solo na profundidade de 40 cm é praticamente estável durante o decorrer das 24 horas do dia, nas duas situações de cobertura morta do solo e em solo nu.

Palavras-chave: temperatura do solo, cobertura morta.

ABSTRACT. *Temperature in soil profile using two densities of mulching and nude soil.* The soil temperature is related with the processes of soil-plant interaction, particularly seed germination, development and activity of the roots absorbing water and nutritious from the soil, microorganisms activity, gases and solute diffusion, disease development, chemical reactions speed in the soil. Due to the importance of soil temperature for the vegetables, this study aimed at verifying the temperature in soil profile at different depths in nude soil and with two mulching densities. The experiment was carried out in the *Estação Experimental Agrometeorológica* (Agrometeorological Experimental Station) of Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Campus of Cascavel. Thermopares type (K) were installed in soil profile, at depths of 2, 5, 10, 20 and 40 cm, connected to a data acquisition equipment, programmed to effectuate one reading per second and to store arithmetic averages every five minutes, under two black oat mulching densities (4,000 and 8,000 kg.ha⁻¹). Results showed that the larger the mulching density of the soil, the lesser is its profile temperature variation. Soil temperature at 40-cm depth is practically stable during all day and night, for both mulching densities of the soil and for nude soil.

Key words: soil temperature, mulching.

Introdução

O sistema de agricultura convencional reduz a importância da radiação solar e subestima seus efeitos diretos no solo, em especial na redução dos estoques de matéria orgânica essencial à atividade microbiana. Assim, é estratégico aproveitar todas as possibilidades de obtenção e reciclagem de resíduos orgânicos, incluindo-se o uso de palhadas e restos de lavouras em plantio direto e a rotação de culturas.

A temperatura do solo tem efeitos diretos no

desenvolvimento da planta, pois a semente não germina até que o solo alcance uma temperatura crítica, assim como o desenvolvimento normal da planta também necessita de uma temperatura adequada. As reações químicas e a liberação de nutrientes para a planta dependem de faixas adequadas de temperatura do solo, pois influenciam na germinação das sementes, atividade funcional das raízes, velocidade e duração do crescimento das plantas e ocorrência e severidade de doenças em

plantas.

A superfície do solo, com ou sem cobertura vegetal, é a principal trocadora e armazenadora de energia térmica nos ecossistemas terrestres. É a partir da intensidade da radiação solar na superfície do solo que ele se aquece e se resfria, no decorrer do dia e do ano, provocando variações térmicas nas camadas subjacentes. Pelo fato da absorção e da perda de energia ocorrerem na superfície, aliado à baixa velocidade de propagação do calor no interior do solo, as variações térmicas se limitam aos horizontes mais superficiais. De acordo com Bergamaschi e Eguadagnin (1993), a amplitude de variação da temperatura do solo diminui acentuadamente nos primeiros centímetros de profundidade, no mesmo instante em que ocorre um retardamento no período de ocorrência das máximas e mínimas, em função da magnitude e da lentidão do fluxo de calor no seu interior.

A temperatura do solo responde mais aos efeitos locais de insolação, face da exposição e outros efeitos semelhantes, podendo diferir muito da temperatura do ar. Mota (1983) observa que a temperatura do solo é de maior significação ecológica para a vida vegetal do que a temperatura do ar e que, nos trópicos, a alta temperatura do solo causa degeneração dos tubérculos de batata, sendo a temperatura ideal do solo em torno de 17°C e os tubérculos não crescem em temperaturas de solos superiores a 29°C. Muitas localidades nas áreas polares e em altas montanhas ficariam certamente sem vegetação se não fosse o fato da temperatura do solo ser muito mais alta que a do ar, especialmente durante o período de incidência da radiação solar. A significação ecológica da temperatura do solo é obviamente importante para aqueles que trabalham na agricultura. Uma temperatura do solo desfavorável durante a estação de crescimento pode retardar ou mesmo arruinar as colheitas. Os horticultores valorizam muito um solo que se aquece rapidamente na primavera. Muito esforço tem sido feito pelos agricultores para modificar a temperatura do solo e, em muitos casos, o sucesso ou a falência do agricultor estão intimamente relacionados com as variações de temperatura do solo.

Trabalhos realizados em Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, demonstraram a relação entre a diminuição da amplitude de variação da temperatura do solo e o aumento da profundidade (Goedert, 1971; Mendez e Assis, 1981).

Andrade (2001) avaliou a temperatura do solo a 6 e 12 cm de profundidade, no interior de estufa coberta com filme de polietileno, em solo nu e em solo coberto com plástico preto. Concluiu que a cobertura com plástico preto aumentou a temperatura do solo em ambas às profundidades analisadas.

Em estudos realizados no Rio Grande do Sul,

Schneider *et al.* (1992) determinaram a temperatura do solo no interior de estufas com cobertura de polietileno. A temperatura do solo foi medida diariamente nos horários das 9, 15 e 21 horas com geotermômetro. Os autores verificaram que a temperatura do solo sempre foi maior no interior das estufas, independentemente da profundidade de medida, ano e horário de observação.

Em estudos realizados por Silva *et al.* (2001), temperaturas do solo em torno de 27°C (em estufas com cobertura de polietileno) fizeram com que a cultura da alface produzisse mais, com melhor qualidade e com aparência mais saudável para o produto final em relação ao solo nu e ao coberto com sombrite, 28°C e 25°C, respectivamente.

A temperatura do solo é um dos fatores mais importantes para a germinação de sementes e desenvolvimento das plantas. Em trabalho conduzido por Silva (2002) em cultura da soja, o autor cita que a temperatura ótima para germinação da semente fica na faixa de 25 a 30°C e para nodulação e fixação de nitrogênio entre 27°C e 32°C.

O solo, além de armazenar e permitir os processos de transferência de água, solutos e gases, também armazena e transfere calor. Prevedello (1996) cita que a capacidade de um solo armazenar e transferir calor é determinada pelas suas propriedades térmicas e pelas condições meteorológicas do local, que, por sua vez, influenciam todos os processos químicos, físicos e biológicos do solo. A atividade microbiológica poderá ser interrompida, as sementes poderão não germinar e as plantas não se desenvolverem caso o solo não se apresente dentro de uma faixa de temperatura adequada para a manutenção dos processos fisiológicos envolvidos. As propriedades físicas da água e do ar do solo, bem como seus movimentos e disponibilidade no solo, além de muitas reações químicas que liberam nutrientes para as plantas, são influenciados pela temperatura do solo. Além disso, o calor armazenado próximo da superfície do solo tem grande efeito na evaporação.

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia - OMM (1956), as profundidades padrões para medir a temperatura do solo seriam 10, 20, 50 e 100 cm. As medidas de temperatura abaixo da superfície do solo não são tão imprecisas como aquelas acima da superfície, porque as variações rápidas são contrabalançadas pela grande capacidade de retenção de calor do solo, sendo o tempo de variação da temperatura em função da variação da radiação solar, aproximadamente de 1 hora.

Portanto, considera-se suficiente, para a maioria dos propósitos agrícolas, medir unicamente as temperaturas máximas e mínimas diárias, especialmente a grandes profundidades.

Em trabalho realizado por Costa e Godoy (1962), os autores estudaram a variação horária da

temperatura do solo às profundidades de 2, 5, 10, 20, 50, 70 e 100 cm em solo nu, gramado e com cobertura morta. Os resultados indicaram a profundidade de 20 cm como de transição das variações térmicas. Determinaram duas zonas geotérmicas: uma superior, caracterizada pelas grandes oscilações térmicas e outra inferior, em que as temperaturas oscilam entre valores muito próximos.

Visando avaliar o efeito da temperatura no solo, na duração do subperíodo semeadura-emergência, utilizando semeaduras contínuas de 15 em 15 dias, com e sem irrigação, durante o período de julho de 1981 a abril de 1983, Matzenauer *et al.* (1982) realizaram um estudo com a cultura do milho na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul e observaram que à medida que aumenta a temperatura do solo diminui a duração do subperíodo semeadura-emergência, sendo que a maioria dos registros de emergência de plantas se encontrava na faixa de temperatura do solo entre 26°C e 30°C.

Trabalho realizado por Furlani (2000) sobre o efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro concluiu que, dois dias após a semeadura da cultura do feijoeiro, os diferentes tipos de manejos estudados (rolo faca, palha picada e distribuída, com herbicida e solo descoberto) tiveram pequena influência sobre a temperatura do solo. No tratamento em que o solo permaneceu sem cultura no período do inverno a temperatura foi menor, fato explicado pela quantidade de resíduos vegetais das safras anteriores presentes na superfície do solo, pois nesse tratamento não ocorreu mobilização do solo.

A cobertura morta exerce influência marcante nas características físicas, químicas e biológicas do solo. A superfície do solo protegida pela cobertura não sofrerá o impacto direto das gotas de chuva e a conseqüente desagregação. Tanto a qualidade quanto quantidade dos resíduos vegetais exercem influência na infiltração. A densa e espessa cobertura morta promovida pela aveia preta proporciona as maiores taxas de infiltração de água no solo (Sidiras e Roth, 1984).

As coberturas são capazes de modificar o regime térmico dos solos, tanto para aumentarem quanto para diminuir a temperatura, e essas coberturas podem ser constituídas de materiais de diferentes espessuras e propriedades térmicas.

De acordo com Prevedello (1996), materiais com grande quantidade de ar originam coberturas com temperaturas mais amenas no solo. Por isso, as coberturas de matéria vegetal também isolam eficazmente e reduzem a magnitude das oscilações diárias da temperatura do solo. Da mesma forma, a superfície seca dos solos arados e gradeados também pode manter a temperatura do perfil de solo mais

uniforme do que se ele fosse compactado, ainda que a variação na superfície aumente. A temperatura do solo é afetada pela cobertura principalmente em regiões quentes em que o seu uso resulta em solos com temperaturas mais amenas, inclusive reduzindo a flutuação da temperatura do solo.

As coberturas protetoras desempenham importante função na agricultura, porque podem modificar as variações de temperatura no interior do solo, particularmente próximo da superfície, podendo alterar consideravelmente o ambiente para o desenvolvimento da flora e da fauna do solo. Segundo Menezes *et al.* (1973), leituras de temperatura do solo, feitas à noite (21 horas), são praticamente inversas às leituras feitas durante o dia (9 e 15 horas). Às 21 horas, em diferentes tipos de coberturas de solos, as temperaturas, nas proximidades da superfície do solo, são quase iguais, diferenciando-se significativamente somente após os 5 cm de profundidade. No solo descoberto, o ritmo de crescimento é maior, atingindo as maiores temperaturas aos 29,5 cm. No solo gramado, o ritmo de crescimento é menor, porém cresce até 31,5 cm. No solo com cobertura morta, o ritmo é mais baixo, mas a temperatura cresce até os 50 cm. As coberturas mostraram que as geotemperaturas aumentam conforme o grau de desnudamento do solo.

É possível produzir mais e com melhor qualidade havendo atenção com a qualidade física dos solos, promovendo-se as condições necessárias para uma adequada temperatura do ambiente radicular das plantas, pois a temperatura do solo é um dos fatores essenciais à produção de qualquer espécie vegetal.

Para Streck *et al.* (1994), a cobertura *mulching* consiste na aplicação de qualquer cobertura na superfície do solo e constitui uma barreira física à transferência de energia e vapor de água para a atmosfera. Coberturas transparentes e translúcidas proporcionam maior radiação líquida na superfície e aumentam o fluxo de calor para o solo e, como conseqüência, as temperaturas mínima e máxima são superiores. A cobertura, independentemente da sua natureza, reduz a evaporação e aumenta a conservação da umidade.

Com o uso de cobertura morta sobre o solo, ocorrerá o impedimento da elevação da temperatura na camada arável devido à pouca exposição e conseqüente diminuição na taxa de decomposição da matéria orgânica do solo. Esse aspecto é importante em função dos efeitos marcantes que a temperatura do solo exerce na atividade biológica, germinação de sementes, crescimento radicular e absorção de água. Bragagnolo e Mielniczuk (1990) observam que a manutenção de resíduos culturais na superfície do solo, combinada com a pouca mobilização, dissipam por reflexão parte da energia radiante do sol, impedindo que ela chegue à superfície, provocando

perdas de água por evaporação e elevando a temperatura do solo a níveis prejudiciais ao desenvolvimento da cultura.

Na cobertura morta, podem ser utilizados vários materiais, como: restos de culturas, resíduos de plantas cultivadas para esse fim, resíduos de ervas daninhas, bem como resíduos de processamento de produtos agrícolas, palha (café, feijão, milho, etc).

Em estudo feito por Sidiras e Pavan (1986), os pesquisadores obtiveram menores temperaturas do solo trabalhando com profundidades de 3 e 6 cm no plantio direto e cobertura permanente, devido aos resíduos vegetais na superfície que atuaram como isolante térmico. No verão, temperaturas registradas às 14 horas, próximas à superfície do solo, freqüentemente excederam a 40°C no plantio convencional e inferiores a 35°C e 30°C, respectivamente, no plantio direto e cobertura permanente. Os sistemas de cobertura permanente e plantio direto proporcionaram menores variações na temperatura do solo em relação ao plantio convencional.

Estudando a temperatura do solo em sistema de plantio direto irrigado e não-irrigado na cultura do algodão, em profundidades de 40, 80 e 120 mm, Alves Sobrinho *et al.* (2001) verificaram que solos irrigados apresentaram temperaturas ligeiramente inferiores aos não-irrigados. A temperatura média máxima em solos irrigados ocorreu às 15 horas na profundidade de 40 mm, concluindo que o conhecimento do perfil de temperatura do solo é de grande importância para a indicação do manejo adequado do solo e profundidade ótima de plantio.

Trabalhos realizados no Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSO, citados em Embrapa (2002), indicam que a semeadura da soja não deve ser realizada quando a temperatura do solo estiver abaixo de 20°C, porque isso prejudica a germinação e a emergência. A faixa de temperatura do solo adequada para semeadura varia de 20°C a 30°C, sendo 25°C a temperatura ideal para uma emergência rápida e uniforme.

A temperatura do solo é fundamental em todos os estágios de desenvolvimento e crescimento da planta. Segundo Risser *et al.* (1978), a influência da temperatura do solo é maior nos subperíodos semeadura-emergência e crescimento inicial, quando ocorrem acentuadas amplitudes térmicas diárias, principalmente próximas à superfície. A temperatura adequada no solo para hortaliças (tomateiro, berinjela, pimentão e melão) está na faixa de 15°C a 20°C. Já a temperatura do solo que resulta em atividade vegetal mínima é de 5°C para couve e 12°C para o feijoeiro, tomate e melão.

Todo ano, após as colheitas, os resíduos e palhadas são deixados nas lavouras e alguns produtores os queimam, outros aproveitam-nos como

fonte alternativa de alimento para animais e muitos os deixam no terreno, incorporando-os no preparo do solo ou simplesmente, deixando-a na superfície como cobertura morta.

A temperatura do solo bastante elevada ou muito baixa (oscilação térmica) causa sérios danos ao desenvolvimento das culturas. De acordo com Voos e Sidiras (1985), a cobertura vegetal no solo contribui para o fornecimento de matéria orgânica, que se constitui em um reservatório importante de nutrientes para os microrganismos e plantas; colabora com o aumento do teor de água no solo e diminui as variações das geotemperaturas.

Esta pesquisa estabeleceu como objetivo estudar a variação da temperatura no perfil do solo sob duas densidades de cobertura e em solo nu.

Material e métodos

A pesquisa foi realizada na Estação Experimental Agrometeorológica da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (latitude 24° 53' Sul, longitude 53°23' Oeste, altitude 682 m), em solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico.

A temperatura do solo foi monitorada nas diversas profundidades por termopares tipo K (Chromel⁺, Alumel⁻), com comprimento unitário de 15 metros, conectados em sistema de aquisição de dados Datalogger da Campbell Scientific, modelo CR-23X. Os dados coletados e armazenados foram transferidos para um computador, no qual foram ordenados, classificados e analisados utilizando o *software Microcal Origin*.

O material usado como cobertura morta sobre o solo foi de palha seca de aveia preta (*Avena strigosa*) caracterizada na forma de feno.

Para a instalação do experimento, o solo foi previamente escarificado na profundidade aproximada de 30 cm e a área foi limpa para retirada de restos de vegetais. Foram instalados 3 canteiros com tamanhos de 2 x 2 metros, sendo fixadas ripas de madeira nas bordas dos mesmos para evitar que o vento retirasse a cobertura morta do local.

As pontas dos termopares foram soldadas e protegidas por cápsulas de alumínio e devidamente lacradas para evitar o efeito da corrosão das pontas dos termopares. Para cada tratamento, foram instalados 5 termopares nas profundidades de 2, 5, 10, 20 e 40 cm de profundidade. O termopar referente à profundidade de 10 cm foi instalado no centro de cada canteiro e os demais instalados em linha distanciados entre si de 10 cm. Os termopares nas profundidades 2 e 40 cm ficaram a 80 cm da extremidade do canteiro, eliminando-se assim o efeito de bordadura.

O sistema de aquisição de dados Datalogger foi

programado para realizar uma leitura a cada segundo em cada termopar e armazenar médias aritméticas a cada 5 minutos no decorrer das 24 horas do dia. Os dados foram considerados válidos para análise 15 dias após a instalação dos termopares, com o intuito deixar o solo se agregar mais e obter um melhor contato com os termopares. Com os dados armazenados no Datalogger, a cada 3 dias os mesmos eram transferidos a um computador para processamento e análise.

Os tratamentos utilizados foram em solo nu e solo com cobertura de palha seca de aveia preta com duas densidades de cobertura (C1 = 4000 e C2 = 8000 kg.ha⁻¹), a qual era depositada uniformemente nos canteiros e substituída em intervalos de aproximadamente 15 dias para evitar que o efeito da decomposição natural provocasse alterações dos valores reais da temperatura no perfil do solo.

Para determinação da quantidade de massa seca a ser distribuída nos canteiros foi utilizado o método de análise gravimétrica, no qual uma amostra do material é deixada em estufa a 65°C, por um período de 48 horas (onde atingiu peso constante), posterior pesagem em balança eletrônica. O período de coleta de dados foi entre os dias 01/12/2001 a 30/06/2002, em um total de 212 dias com 61.056 dados registrados.

É usada a nomenclatura Nu.2, Nu.5, Nu.10, Nu.20 e Nu.40 para a temperatura do solo na condição de solo nu a 2, 5, 10, 20 e 40 cm de profundidade; C1.2, C1.5, C1.10, C1.20 e C1.40 para a temperatura do solo na condição de cobertura morta C1 a 2, 5, 10, 20 e 40 cm de profundidade e C2.2, C2.5, C2.10, C2.20 e C2.40 para a temperatura do solo na condição de cobertura C2 a 2, 5, 10, 20 e 40 cm de profundidade, respectivamente.

Resultados e discussão

Conforme análise dos resultados obtidos, verifica-se que a temperatura do solo varia em função da profundidade e condição de cobertura sobre o solo. A média aritmética da temperatura no perfil do solo no período entre 01/12/2001 a 31/06/2002 foi de 24,8°C para solo nu; 23,5°C para C1 e 23,0°C para C2, resultados próximos aos obtidos por Menezes *et al.* (1973), que analisaram um total de 29.565 valores de temperaturas coletadas no município de Itaguaí, estado do Rio de Janeiro, nas profundidades de 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 e 100 cm, resultando a média aritmética de 26,8°C para solo capinado, 25,9°C para solo gramado e 24,8°C para solo com cobertura morta de restos de gramíneas secas com aproximadamente 5 cm de espessura.

A temperatura média nos meses de dezembro de 2001 a junho de 2002, nas três condições de cobertura do solo e nas diversas profundidades, está

representada nas Figuras 1 a 4.

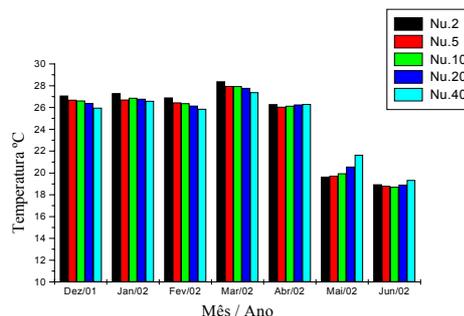


Figura 1. Temperatura média mensal na condição de solo nu, nas diversas profundidades.

À medida que aumenta a profundidade no perfil do solo, nota-se que os valores da temperatura média, geralmente, diminuem nos meses de dezembro a março e aumentam nos meses de abril a junho. No mês de março de 2002, em todas as profundidades, a temperatura média manteve-se acima de 27°C, resultando no mês com as maiores temperaturas no período estudado. O mês com as menores temperaturas médias foi junho de 2002, com temperaturas abaixo de 19°C, exceto a 40 cm de profundidade, em que a temperatura média foi de 19,4°C. Abaixo, tem-se a Figura 2, representando a temperatura média em solo com cobertura C1.

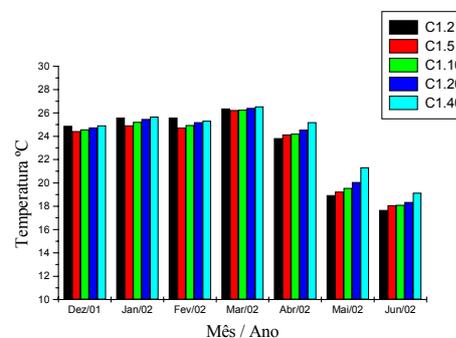


Figura 2. Temperatura média mensal em solo com condição de cobertura C1, nas diversas profundidades.

A maior média de temperatura mensal, utilizando-se cobertura C1 (Figura 2), ocorreu no mês de março de 2002, na profundidade de 40 cm com valor de 26,6°C e a menor média de temperatura mensal ocorreu no mês de junho de 2002, na profundidade de 2 cm com valor de 17,7°C.

Repetindo o que aconteceu com a condição de solo nu, no mês de março de 2002 e em todas as profundidades, foram registradas as maiores temperaturas médias, e que se mantiveram acima de 26°C.

As maiores temperaturas médias são registradas

no mês de março de 2002, para todas as profundidades. Foi também nesse mês que ocorreram as menores variações de temperaturas médias entre as profundidades, tendo como amplitude $0,3^{\circ}\text{C}$. A maior amplitude da temperatura média do solo ocorreu no mês de maio de 2002 com valor de $2,4^{\circ}\text{C}$, entre as profundidades 2 e 40 cm.

Quanto maior a camada de cobertura morta sobre o solo, menor é a amplitude de variação da temperatura do solo. Isso é comprovado na Figura 3, na qual estão demonstrados os valores da temperatura média do solo sob cobertura morta C2.

Com a cobertura C2, as maiores temperaturas médias mensais sempre ocorrem na profundidade de 40 cm e as menores temperaturas médias sempre ocorrem na profundidade de 2 cm, em todos os meses estudados. A maior amplitude de temperatura foi registrada no mês de maio de 2002, com valor de $2,3^{\circ}\text{C}$, e a menor em março de 2002, com valor de $0,8^{\circ}\text{C}$. O mês de maio de 2002 caracteriza-se pela acentuada queda das temperaturas no perfil do solo. Somente na profundidade de 40 cm a temperatura média se manteve acima de 20°C , fato que se deve à retenção de energia calorífica pelo solo.

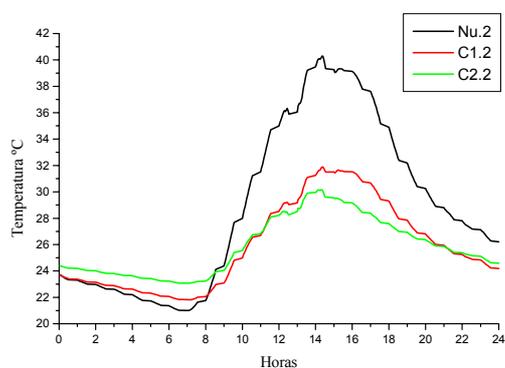
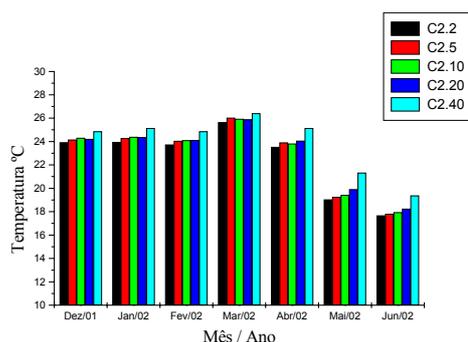


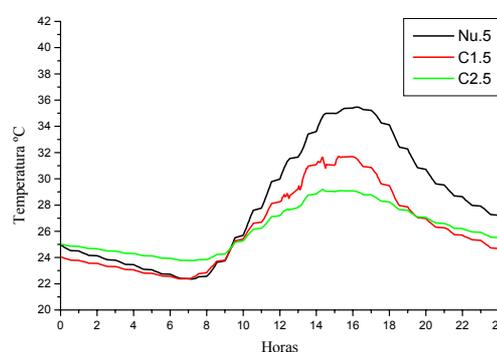
Figura 3. Temperatura média mensal em solo com condição de cobertura C2, nas diversas profundidades.

Ao comparar a condição de cobertura C2 com a condição de solo nu, encontram-se valores mais expressivos da amplitude da temperatura média. A maior variação verificada foi de $3,2^{\circ}\text{C}$ no mês de janeiro de 2002 na profundidade de 2 cm. A maior média de temperatura mensal, utilizando cobertura C2, foi de $26,4^{\circ}\text{C}$, verificada no mês de março de 2002, na profundidade de 40 cm, e a menor média de temperatura mensal diária foi de $17,7^{\circ}\text{C}$, verificada no mês de junho, na profundidade de 2 cm.

Existem variações da temperatura do solo entre os tratamentos Nu, C1 e C2 para as quais se deve reservar especial atenção, principalmente nas pequenas profundidades que são, geralmente, onde a vida vegetal tem seu início através da germinação das sementes.

Nas figuras a seguir, apresenta-se a análise do comportamento da geotemperatura individualmente por profundidade em relação às três condições de cobertura do solo, para o dia 21/03/02 (aleatório), nas diversas profundidades.

É na profundidade de 2 cm que ocorrem as maiores variações da temperatura do solo. A partir das 8 horas as geotemperaturas se elevam até atingirem seu máximo por volta das 14 horas, quando começam a baixar. A maior amplitude é registrada entre as condições de solo nu e C2 com valor em torno de $8,5^{\circ}\text{C}$. A temperatura média para esse dia foi de $28,9^{\circ}\text{C}$ para solo nu, $25,9^{\circ}\text{C}$ para C1 e $25,9^{\circ}\text{C}$ para C2.



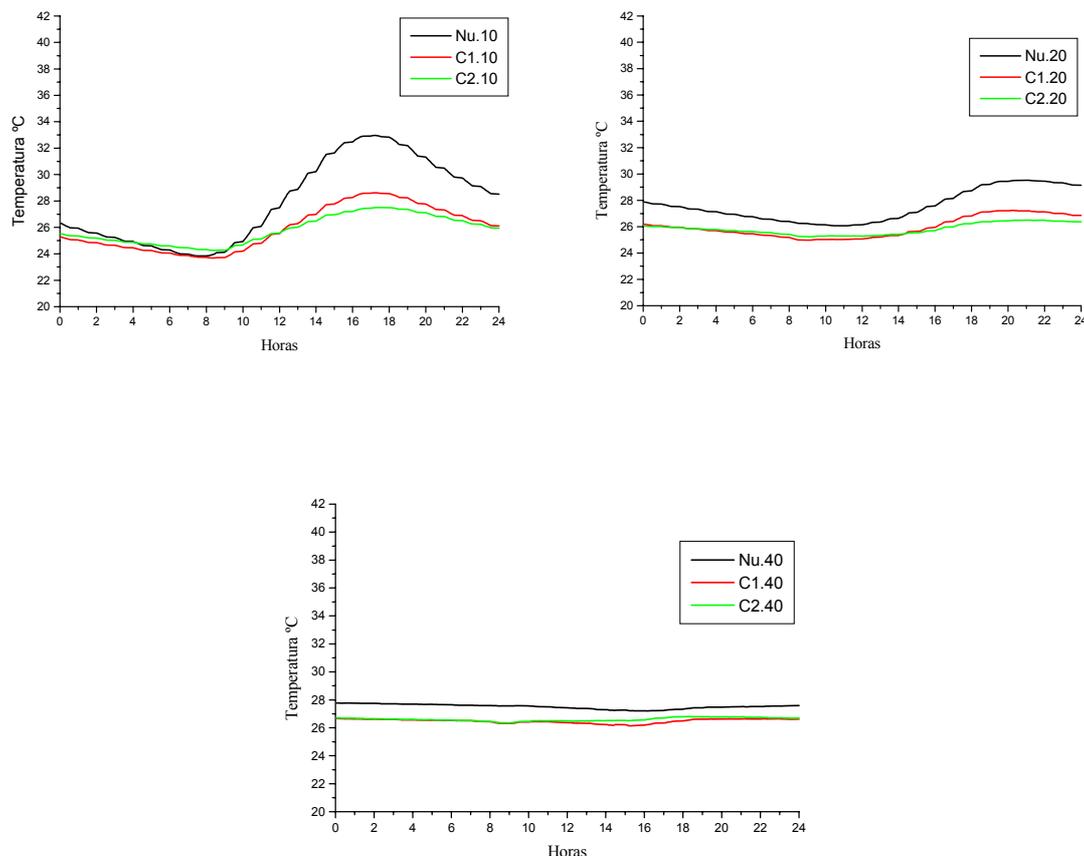


Figura 4. Temperatura diária horária nas três condições de cobertura (Nu, C1 e C2), nas 5 profundidades (2, 5, 10, 20 e 40 cm), respectivamente, para o dia 21/03/2002.

O comportamento da temperatura do solo a 5 cm se assemelha bastante com o comportamento a 2 cm, porém com amplitude visivelmente menor entre as condições. Nu e C1. A partir das 8 horas, a temperatura do solo começa a aumentar, chegando ao seu máximo por volta das 16 horas. A temperatura máxima registrada não ultrapassa 36°C e a mínima fica em torno de 23°C. A temperatura média na profundidade de 5 cm foi de 28,1°C para solo nu, 26,2°C para C1 e 26,1°C para C2.

Na profundidade de 10 cm, o solo começa a aquecer com aproximadamente 1 hora de defasagem em relação às profundidades de 2 e 5 cm. É a partir das 9 horas que as geotemperaturas começam a subir, atingindo a temperatura máxima em torno das 17 horas. As condições de cobertura C1 e C2 proporcionam pouca variação da temperatura no decorrer do dia, evidenciando que, a essa profundidade, a quantidade de cobertura no solo entre C1 e C2 começa a perder a representatividade na geotemperatura. A temperatura média na profundidade de 10 cm foi de 27,93°C para solo nu,

25,9°C para C1 e 25,8°C para C2.

A partir de 20 cm de profundidade, as amplitudes de temperatura entre as condições de cobertura apresentam pequena variação, sendo mais destacada entre nu e C1, mantendo-se em torno de 2°C durante todo o dia. Entre C1 e C2 praticamente não existe variação da temperatura do solo e a temperatura média para esse dia na profundidade de 20 cm foi de 27,5°C para solo nu, 26,0°C para C1 e 25,8°C para C2. Pode-se definir a profundidade de 20 cm como a profundidade de transição entre as grandes e as pequenas variações da temperatura do solo.

Aos 40 cm de profundidade, existe pequena amplitude entre as condições de solo nu e as condições C1 e C2 durante todo o dia 21/03/02, sendo pouco mais de 1,5°C. Entre C1 e C2 é desconsiderável a variação das geotemperaturas sendo que a temperatura em solo nu registra mínima variação com média de 27,5°C para solo nu, 26,5°C para C1 e 26,6°C para C2.

Conclusão

A cobertura morta sobre o solo reduz a temperatura no perfil do solo, em relação ao solo nu.

Quanto maior a densidade da cobertura morta sobre o solo, menor é a temperatura no perfil do solo.

Em solo nu, a temperatura média mensal é maior nas pequenas profundidades na estação do verão, invertendo-se quando a estação se aproxima do inverno, ou seja, a temperatura se torna maior nas profundidades maiores.

O comportamento da temperatura do solo no decorrer das 24 horas do dia foi semelhante em todos os dias estudados, tendo sempre a menor variação de temperatura na profundidade de 40 cm e a maior variação de temperatura aos 2 cm de profundidade, independentemente da condição de cobertura do solo.

Referências

- ALVES SOBRINHO, T. *et al.* Temperatura do solo em sistema de plantio direto irrigado e não irrigado na cultura do algodão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD-ROM.
- ANDRADE, J. W. S. *Cultivo de híbridos de melão, com e sem cobertura do solo, em estufas cobertas com filmes de polietileno de diferentes características ópticas.* 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2001.
- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. Modelos de ajuste para médias de temperatura do solo, em diferentes profundidades. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, v.1, n.1, p. 95-99, 1993.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNIKZUK, L. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 14, n. 3, p. 369-374, 1990.
- COSTA, A. O. I.; GODOY, H. Contribuição para conhecimento do clima e do solo de Ribeirão Preto. *Bragantia*, Campinas, v. 21 n.10. p. 689-742. 1962.
- EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSO. Exigências Climáticas para a Cultura da Soja. Disponível em: <www.cnpso.embrapa.br/retec2001/br/eclimaticas> Acesso em: 18 de junho de 2002.
- FURLANI, C. E. A. *Efeito do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L).* 2000. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- GOEDERT, C. O. Temperatura do planossolo. Pelotas-RS. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 6, p. 9-11, 1971.
- MATZENAUER, R. *et al.* Efeito da temperatura do solo na duração do subperíodo semeadura-emergência em milho (Resultados preliminares). In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 27, 1982, Porto Alegre. Ata... Ipagro/Emater, 1982. P.31.
- MENEZES, D. M. *et al.* Estudo da temperatura do solo com e sem cobertura a diversas profundidades. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 8 n. 6. p. 39-51. 1973.
- MENDEZ, M. E. G.; ASSIS, F. N. Comportamento térmico de um planossolo da unidade de mapeamento Pelotas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1981. Pelotas-RS. *Resumos ampliados...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFPEL, 1981. p. 234-236.
- MOTA, F. S. *Meteorologia agrícola.* 6. ed. São Paulo: Nobel, 1983.
- PREVEDELLO, C. L. *Física do solo com problemas resolvidos.* Curitiba: Salesward-Discovery, 1996.
- RISSER, G. *et al.* Effect de la temperature des racines sur la croissance de jeunes plants de diverses variétés de melon (*Cucumis melo L.*). *Ann. Agron.*, Paris, v. 29, n. 5, p. 453-473. 1978.
- SCHNEIDER, F. M. *et al.* Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno transparente de baixa densidade em Santa Maria, RS. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 37-42, 1992.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo.*, Campinas, v. 10, n. 3. p.181-184, 1986.
- SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Medições de infiltração com infiltrômetros e um simulador de chuvas em Latossolo Roxo distrófico, Paraná, sob vários tipos de cobertura do solo e sistema de preparo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5., Porto Alegre, RS. 1984. Resumos... Porto Alegre, 1984.
- SILVA, L. D. J. Estágio de desenvolvimento e exigências da cultura da soja. UNIVAG. 2002. Disponível em <<http://www.univag.com.br>>
- SILVA, W. C. M.; NASCIMENTO, M. F.; RICIERI, R. P. Influência da temperatura do solo na cultura da alfaca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001. Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD-Rom.
- STRECK, N. A. *et al.* Modificações físicas causadas pelo Mulching. *Rev. Bras. Agrometeorol.*, Santa Maria, v. 2, p. 131-142. 1994.
- VOOS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília. v. 20, p. 775-778, 1985.

Received on August 13, 2004.

Accepted on March 22, 2005.