

UMIDADE E TEMPERATURA DE ARGISSOLO AMARELO EM SISTEMAS DE PREPARO E ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DO MILHO

Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p699-710/2015>

JORGE W. CORTEZ¹, HIDEO DE J. NAGAHAMA², NELCI OLSZEWSKI³,
ANTONIO P. PATROCINIO FILHO⁴, ELDER B. DE SOUZA⁵

RESUMO: Os sistemas de preparo do solo afetam a quantidade de resíduo vegetal sobre a superfície do solo e, conseqüentemente, sua umidade e temperatura. Objetivou-se avaliar a temperatura e a umidade do Argissolo Amarelo em estádios de desenvolvimento da cultura do milho sob sistemas de preparo mecanizado. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, em Petrolina - PE. Os sistemas de preparo do solo foram: sem preparo primário, grade *off-set* de discos de 0,56 m, grade *off-set* de discos de 0,61 m, escarificador e arado de aivecas. As leituras de umidade e temperatura foram realizadas ao longo do dia, nos horários de 6; 9; 12; 15 e 18 h, nos estádios de desenvolvimento V3, V8, R3 e R6 do milho. A umidade do solo foi avaliada na camada de 0,00-0,05 m utilizando-se do método gravimétrico, e a temperatura do solo na superfície, utilizando-se de termômetro infravermelho. Os sistemas de preparo do solo e os horários de leitura influenciaram na umidade e na temperatura do solo. Os maiores valores de umidade ocorreram no período da manhã, enquanto a maior temperatura do solo ocorreu na parte da tarde.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização agrícola, Semiárido Nordestino, variação térmica.

SOIL MOISTURE CONTENT AND SURFACE TEMPERATURE IN TILLAGE SYSTEMS AND STAGES OF DEVELOPMENT OF MAIZE CROP

ABSTRACT: The tillage systems affect the amount of crop residue on the soil surface, and hence its temperature and moisture content. To evaluate the variation of moisture content and soil temperature in systems of tillage on maize growth stages, an experiment was conducted in Ultisol. The experiment was conducted with randomized complete block with four replications in Petrolina – PE, Brazil. The treatments consisted of five tillage systems applied to the plots – unprepared primary, off-set disc harrow of 0.56 m, off-set disc harrow of 0.61 m, chisel plow and moldboard plow. The soil moisture and temperature readings were taken at 6, 9, 12, 15 and 18 h for the different maize stages V3, V8, R3 and R6. Soil moisture was measured in the layer between 0.00-0.05 m by means of deformed samples by using gravimetric method and soil temperature at the surface with infrared thermometer. Systems of soil tillage and hours of reading influenced the moisture and soil temperature. The highest values of soil moisture content occur in the morning, while the highest temperature of the soil in the afternoon.

KEYWORDS: agricultural mechanization, Semiarid Northeast, thermal variation.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de preparo do solo causam modificação em sua estrutura física quando o solo é exposto ao preparo intensivo (CARVALHO et al., 2012), podendo ocasionar aumento na densidade

¹ Engº Agrônomo, Prof. Doutor, Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD, Dourados – MS, Fone: (67) 3410-2432, jorge.cortez@yahoo.com.br

² Eng. Agrônomo, Mestre, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Juazeiro/BA, hideo.nagahama@univasf.edu.br

³ Enga. Agrônoma, Profa. Doutora, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Juazeiro/BA, nelci.olszewski@univasf.edu.br

⁴ Eng. Agrônomo, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina/PE. ap.patrocinio@hotmail.com

⁵ Eng. Agrônomo, Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Petrolina/PE. elder.barboza@hotmail.com

Recebido pelo Conselho Editorial em: 14-10-2014

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 27-11-2014

e, como consequência, alterações em outros atributos físicos, tais como: porosidade, retenção de água, aeração e a resistência do solo à penetração de raízes (MONTANARI et al., 2012). Tais alterações promovem perdas na taxa de crescimento e na expansão de área foliar, devido às condições adversas de formação do sistema radicular (BERGAMASCHI et al., 2010).

Os sistemas de manejo influenciam, também, a temperatura do solo (VEIGA et al., 2010). A superfície do solo, com ou sem cobertura vegetal, exerce importante função sobre sua temperatura, uma vez que a cobertura vegetal é responsável pela troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres (CARNEIRO et al., 2013). A temperatura é a variável que melhor explica, estatisticamente, a duração fenológica das plantas (OLIVEIRA et al., 2011).

A redução da quantidade de matéria orgânica e as modificações nos atributos físicos do solo, ocasionadas pelos sistemas de preparo, resultam em fluxo de calor do solo diferenciado, visto que o mesmo é altamente influenciado pela cobertura do solo (CUNHA et al., 2011; PEREIRA et al., 2011).

Devido à variação na temperatura ser resultante do fluxo de calor no solo, torna-se um componente necessário ao balanço de energia oriundo da superfície; sendo este, portanto, capaz de justificar o armazenamento e a transferência de calor dentro do solo e, ainda, as trocas entre o solo e a atmosfera (MOURA & QUERINO, 2010). Já existem relatos da influência do ambiente de cultivo, da cobertura do solo e dos níveis de irrigação sobre a temperatura do solo, sendo que esta diminui na medida em que aumenta o potencial de água no solo (CARVALHO et al., 2011).

CARNEIRO (2014), ao determinar a temperatura do solo, com cobertura vegetal ou não, verificou que a umidade é de suma importância, pois a presença de água afeta o fluxo de calor no solo, ou seja, a presença de umidade no solo modifica a amplitude de temperatura ao nível de superfície por ocasião da evaporação.

A umidade do solo possui elevado grau de variabilidade no espaço e no tempo, controlada por fatores como: tempo, textura do solo, vegetação e topografia (SANTOS et al., 2011). Os sistemas de manejo do solo com adoção da cobertura morta e do cultivo em nível mais barramentos de pedra apresentam umidade do solo mais elevada em relação à prática do cultivo morro abaixo, quando avaliados sob chuva simulada (SANTOS et al., 2009).

Objetivou-se avaliar a temperatura e a umidade de Argissolo Amarelo em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho em sistemas de preparo mecanizado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Câmpus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), em Petrolina-PE, que tem como coordenadas geográficas de referência 09° 23' de latitude sul, 40° 30' de longitude oeste e altitude de 376 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região apresenta-se como tropical semiárido, tipo BShw, caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações, com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas. Os dados climáticos (temperatura média do solo a 0,02 m de profundidade, temperatura média do ar, radiação solar global média e precipitação média) nos dias de coleta de dados foram obtidos da estação meteorológica automática da UNIVASF/CCA (Figura 1) durante os estádios de desenvolvimento da cultura.

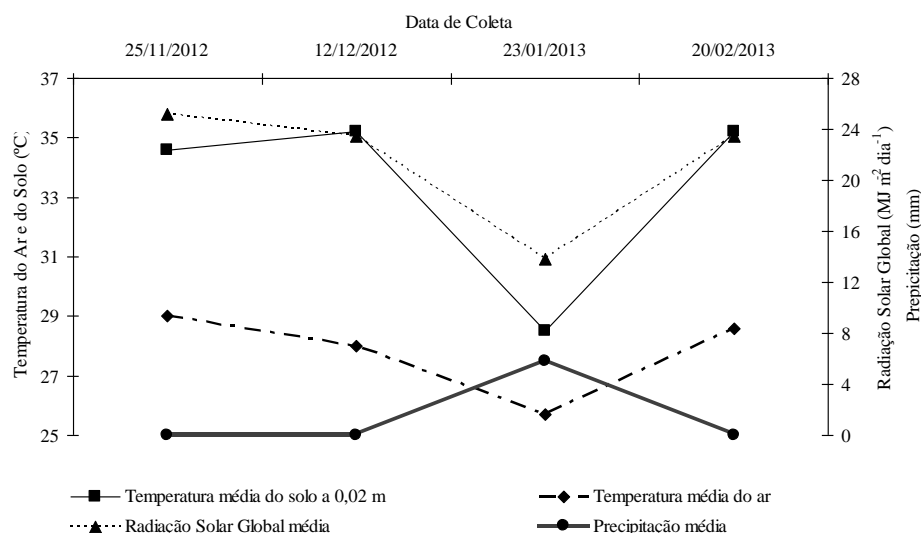


FIGURA 1. Dados climatológicos oriundos da estação meteorológica automática da UNIVASF/CCA – Petrolina-PE, nas datas de coleta de dados. **Climatological data derived from automatic weather station UNIVASF / CCA - Petrolina, PE, the dates of data collection.**

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrófico típico, textura arenosa (AMARAL et al., 2006). Na Tabela 1, encontram-se a composição granulométrica e os teores de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente da área experimental.

TABELA 1. Composição granulométrica, capacidade de campo e ponto de murcha permanente determinados em camadas no Argissolo Amarelo distrófico típico, textura arenosa. **Granulometric distribution, field capacity and permanent wilt point determined in layers in typical dystrophic Yellow Argisol.**

Camadas do solo ----- m -----	Composição granulométrica			Capacidade de campo ----- kg kg ⁻¹ -----	Ponto de murcha permanente ----- kg kg ⁻¹ -----
	Argila	Areia	Silte		
	kg kg ⁻¹				
0,00 – 0,10	0,090	0,878	0,032	0,114	0,015
0,10 – 0,20	0,100	0,883	0,017	0,095	0,018
0,20 – 0,30	0,080	0,852	0,068	0,108	0,014
0,30 – 0,40	0,140	0,807	0,053	0,126	0,013
0,40 – 0,50	0,180	0,742	0,078	0,132	0,018

Fonte: Adaptado de CORTEZ et al. (2011).

O delineamento experimental utilizado foi o em blocos completos casualizados, com quatro repetições (blocos). Os tratamentos aplicados nas parcelas foram: (a) arado de aivecas (AA); (b) grade leve (22”) *off-set* de discos de 0,56 m de diâmetro (G22); (c) grade leve (24”) *off-set* de discos de 0,61 m (G24); (d) escarificador (ESC); e (e) sistema sem preparo primário (SPP) - preparo secundário com grade niveladora em *tandem* antes da semeadura. Os tratamentos AA e ESC receberam como preparo secundário uma gradagem leve (24”), sendo a mesma do tipo *off-set* de discos de 0,61 m.

O índice de cobertura vegetal após a aplicação dos sistemas de preparo do solo foi medido conforme metodologia adaptada de LAFLEN et al. (1981), obtendo-se resultados médios das parcelas de 16,19% para G24, 16,42% para ESC, 33,24% para G22, 1,81% para AA e 44,70% para SPP. A G24, pelo maior tamanho do disco, favoreceu maior incorporação, e no caso do ESC com valores próximos aos das grades, foi devido à gradagem prévia na área, devido o escarificador não possuir disco de corte para palha.

A temperatura foi medida diretamente no solo por meio de termômetro infravermelho, e a umidade gravimétrica foi determinada em amostras deformadas na camada de 0,00-0,05 m (EMBRAPA, 2011). A coleta destes dados foi realizada nos horários de 6; 9; 12; 15 e 18 h, e nos estádios de desenvolvimento da cultura do milho: V3 - estágio vegetativo com três folhas desenvolvidas (15 DAS – dias após semeadura); V8 - estágio vegetativo com doze folhas desenvolvidas (30 DAS); R3 - estágio reprodutivo com grão leitoso (70 DAS), e R6 - estágio reprodutivo na maturidade fisiológica (100 DAS). Todas as coletas foram realizadas no mesmo ponto em todos os estádios de desenvolvimento. O início da coleta dos dados foi realizado 24 horas após a aplicação da lâmina diária de irrigação (7,2 mm), visando à reposição hídrica oriunda da evapotranspiração, baseada nos dados fornecidos por estação meteorológica próxima ao local do experimento. Tal lâmina ocorreu durante todo o ciclo da cultura por meio de sistema de aspersão em sistema linear (lateral móvel).

Os dados foram analisados pela análise de variância e, quando verificada significância do teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade do solo (US), em função dos sistemas de preparo (Tabela 2), apresentou variação significativa ($p \leq 0,01$) nos estádios V3 (estádio vegetativo com três folhas desenvolvidas) e V8 (estádio vegetativo com doze folhas desenvolvidas), e não foi significativa ($p > 0,05$) nos estádios R3 (estádio reprodutivo com grão leitoso) e R6 (estádio reprodutivo na maturidade fisiológica). Quanto aos horários de leitura para todos os estádios estudados, a US foi significativa ($p \leq 0,01$), enquanto na interação sistemas de preparo do solo e horários de leitura, a US não apresentou variação significativa ($p > 0,05$).

Para os sistemas de preparo do solo (Tabela 2), no estágio V3, o sistema SPP (sem preparo primário, apenas secundário) apresentou a maior US, enquanto que os sistemas G24, ESC e AA apresentaram os menores valores. A maior umidade no sistema SPP pode ser explicada pela maior quantidade de resíduo vegetal (44,70%), reduzindo a perda de água por evaporação. LOPES et al. (2011), ao estudarem a espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação, puderam verificar que a umidade do solo varia em função da cobertura vegetal, uma vez que o índice de umidade do solo variou de 0 (zero) para as áreas desertificadas e com queimadas, até 0,57 para áreas com vegetação densa. No estágio V8, o sistema ESC apresentou maior teor de US em comparação aos sistemas AA, G22 e SPP, visto que os sistemas de preparo do solo que promovem maior penetração dos implementos criam condições de melhor infiltração da água no perfil. Nos demais estádios, não se verificaram diferenças no teor de umidade do solo, fator que pode estar relacionado ao desenvolvimento da cultura do milho, induzindo maior sombreamento da área. NAGAHAMA (2013), em estudo com Argissolo Amarelo verificou maiores resistência à penetração e densidade para o sistema SPP, constatando, portanto, a existência de atributos físicos que possam interferir na manutenção da umidade do solo.

No estágio V3, a US apresenta maior valor no horário de 6 h em comparação com os horários de 12; 15 e 18 h (Tabela 2). No estágio V8, os horários de 6 h e 9 h apresentam os maiores valores de US, enquanto nos horários de 12; 15 e 18 h, verifica-se que não houve diferença entre si, mas foram menores em relação ao período da manhã, que pode ser explicada pelo balanço de energia, em que parte da radiação líquida é gasta no processo de evaporação (período da manhã) e, com o solo seco (período da tarde), essa radiação é consumida pelo fluxo de calor sensível e pelo aquecimento do solo. Os menores valores de US na parte da tarde podem ser atribuídos, também, ao ângulo solar, principalmente para os horários de 12 e 15 h, em virtude do menor ângulo solar; favorecendo maior incidência dos raios solares diretamente no solo, promovendo aumento de temperatura do solo, e conseqüentemente, maior evaporação ao longo do dia (OLIVEIRA et al., 2013).

TABELA 2. Umidade do solo em função dos sistemas de preparo do solo e horário de leitura em quatro estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Soil moisture as a function of tillage systems and hours of reading in four developmental stages of maize.**

Fatores	Umidade do solo (% em massa)			
	Estádio V3	Estádio V8	Estádio R3	Estádio R6
Sistemas de preparo do solo				
G24	7,79 c	8,48 ab	10,11 a	5,44 a
ESC	8,02 c	10,08 a	11,00 a	5,74 a
AA	7,26 c	8,42 b	9,68 a	4,60 a
G22	10,29 b	7,60 b	9,35 a	5,03 a
SPP	12,65 a	8,27 b	9,30 a	5,42 a
Coefficiente de variação (%)	22,93	18,57	27,44	28,62
Horário de Leitura (h)				
6	10,68 a	10,60 a	11,29 a	6,70 a
9	10,57 ab	10,29 a	10,84 ab	5,34 b
12	9,07 bc	7,84 b	9,88 bc	4,75 b
15	7,96 c	7,74 b	9,09 cd	4,87 b
18	7,74 c	6,40 b	8,33 d	4,55 b
Coefficiente de variação (%)	18,45	19,55	12,96	28,45
Sistemas de preparo do solo (SP)	22,75 **	6,63 **	1,33 ^{ns}	1,71 ^{ns}
Horário de leitura (H)	13,47 **	23,30 **	18,07 **	6,73 **
SP x H	1,17 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,89 ^{ns}

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey. ESC: escarificador; AA: arado de aivecas; G22: *grade off-set* – discos de 0,56 m; G24: *grade off-set* – discos de 0,61 m; SPP: sem preparo primário.

No estágio R3, a US apresentou o maior valor às 6 h e o menor valor às 18 h (Tabela 2). Pode-se observar que a US apresentou menor valor às 18 h relação às 9 e 12 h, em função da evaporação ao longo do dia. No estágio R6, ocorreu US significativamente maior às 6 h, enquanto para os demais horários não houve diferença estatística, verificando-se a perda de 20% de US inicial entre a leitura das 6 e a das 9 h.

Em todos os estádios de desenvolvimento do milho, pode-se observar que houve predominância de maiores US às 6 h, visto que o comportamento da US varia conforme a disponibilidade de radiação solar global, como confirmado por PINTO et al. (2010) ao estudarem a relação entre o consumo de água de plantas de mamona e a radiação solar em duas condições de umidade do solo.

Observa-se decréscimo linear da US no decorrer dos horários de leitura nos estádios V3, V8 e R3 (Figura 2), com coeficiente de determinação igual a 0,93; 0,92 e 0,99, respectivamente. A US foi maior para o estágio R3, provavelmente em decorrência de precipitação natural (chuva) de 5,8 mm nos dias que antecederam a coleta de dados e pelo menor valor de radiação solar global média observada no dia de coleta. A chuva aconteceu após a irrigação, impossibilitando desta forma o controle da irrigação neste dia de coleta. Além disso, houve maior cobertura proporcionada ao solo pela parte aérea da cultura em estágio mais avançado de desenvolvimento. SANTOS et al. (2009) afirmam que, quando ocorre maiores incidência da radiação solar e insolação, constata-se menor nebulosidade, e como consequência tem-se uma relação inversa entre a umidade e a radiação solar global, que também pode ser verificado pela variabilidade temporal das condições meteorológicas.

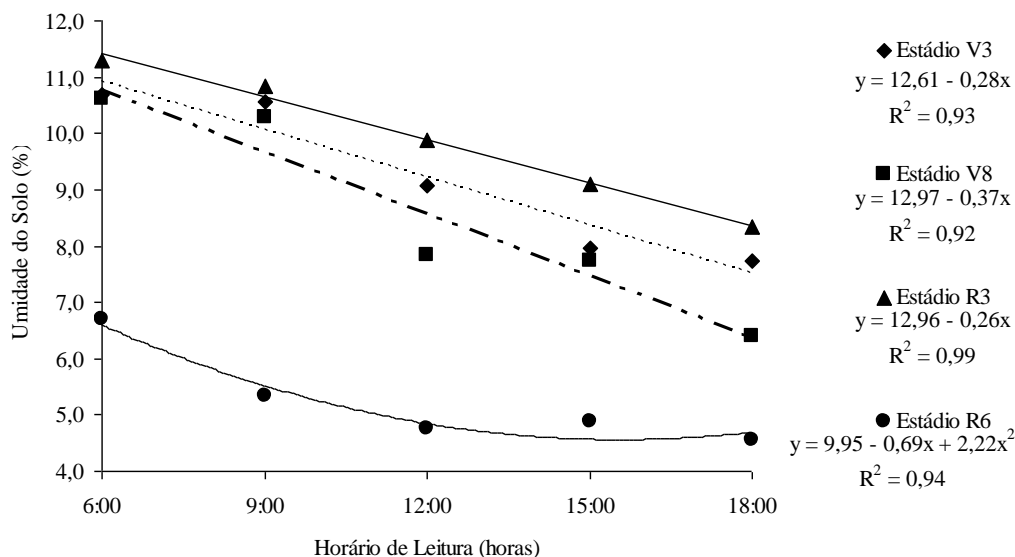


FIGURA 2. Evolução da umidade do solo ao longo do dia, nos quatro estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Evolution of soil moisture through the day in the four developmental stages of maize.**

O estádio R6 apresentou os menores valores de US (Figura 2), em função de interrupção do processo de irrigação (20 dias antes da coleta de dados), devido ao estágio de desenvolvimento da cultura (maturidade fisiológica). Nessa coleta, observa-se declínio da US entre 6 e 12 h, e estabilidade a partir daí, ajustando-se uma equação quadrática com coeficiente de determinação igual a 0,94.

A temperatura do solo (TS) variou significativamente entre os sistemas de preparo e entre os horários de leitura, como sua interação nos estádios V3, V8, R3 e R6 (Tabela 3). No estádio V8, os sistemas de preparo não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). No estádio V3, os sistemas G24, ESC e AA apresentaram os maiores valores de TS (Tabela 3). Tal fato pode estar relacionado ao índice de cobertura vegetal que é menor nesses sistemas, favorecendo maior incidência de radiação solar diretamente sobre a superfície do solo. COELHO et al. (2013), ao estudarem estratégias de manejo de plantas daninhas na variação da temperatura do solo cultivado com pimentão, verificaram amplitude térmica de 11 °C entre os tratamentos com capinas regulares e com filme de polietileno, ou seja, o solo sem cobertura apresenta maior temperatura.

No estádio R3, os sistemas ESC e G24 apresentaram os maiores valores de TS, enquanto os sistemas AA, G22 e SPP apresentaram os menores valores (Tabela 3). A maior cobertura proporcionada ao solo pela parte aérea da cultura, em estágio mais avançado de desenvolvimento, colabora com a menor oscilação de temperatura. Devido ao efeito temporal da escarificação sobre o solo, principalmente em solo de textura arenosa, pode-se observar que, no estádio R6, o ESC apresentou maior TS, e o AA apresentou menor TS, não havendo diferença significativa entre os demais sistemas.

TABELA 3. Temperatura do solo (TS) em função dos sistemas de preparo e dos horários de leitura em quatro estádios de desenvolvimento da cultura do milho. **Soil temperature (TS) as a function of tillage systems and hours of reading in four developmental stages of maize.**

Fatores	Temperatura do solo (°C)			
	Estádio de leitura			
	V3	V8	R3	R6
Sistemas de preparo do solo				
G24	36,26 a	31,26 a	26,71 b	37,01 ab
ESC	35,50 a	32,49 a	27,31 a	38,31 a
AA	35,86 a	30,33 a	25,81 c	35,12 b
G22	32,46 b	32,30 a	25,84 c	36,57 ab
SPP	30,55 b	31,90 a	25,70 c	35,55 ab
Coefficiente de variação (%)	6,61	9,97	2,19	8,56
Horário de leitura (h)				
6	25,14 e	23,88 d	24,90 d	24,38 d
9	33,15 c	31,81 c	26,24 c	36,24 c
12	43,50 a	41,54 a	26,97 b	46,30 a
15	38,55 b	35,81 b	28,54 a	40,45 b
18	30,29 d	25,24 d	24,72 d	35,19 c
Coefficiente de variação (%)	5,84	8,27	1,77	7,42
Sistemas de preparo do solo (SP)	24,57 **	1,54 ^{ns}	30,15 **	3,24 *
Horário de leitura (H)	256,58 **	158,04 **	230,70 **	177,18 **
SP x H	10,58 **	2,16 *	4,86 **	1,94 *

ns: não significativo; *: significativo a 5% de probabilidade; **: significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey. ESC: escarificador; AA: arado de aivecas; G22: *grade off-set* – discos de 0,56 m; G24: *grade off-set* – discos de 0,61 m; SPP: sem preparo primário.

Para os horários de leitura (Tabela 3), tem-se TS com menores valores no horário de 6 h para todos os estádios estudados, mas às 18 h também foram observados valores baixos nos estádios V8 e R3. Nos estádios V3, V8 e R6, têm-se os maiores valores de TS às 12 h, sendo estes superiores a 40 °C, enquanto no estádio R3 se observa o maior valor de TS às 15 h. Segundo AMANAJÁS et al. (2013), para superfícies cobertas por vegetação, esse maior aquecimento do solo está relacionado com seu coeficiente de reflexão da radiação solar (albedo), visto que o albedo varia de acordo com o estágio de desenvolvimento e com o tipo de vegetação.

No estádio V3, observa-se que a TS aumenta até aproximadamente às 13 h e declina a partir daí, sendo adequado o ajuste com a equação quadrática (Figura 3). Pode-se observar que os sistemas G22 e SPP apresentam os menores valores de TS em virtude de maiores valores de umidade do solo (US) encontrados neste estudo, e que o sistema SPP apresenta menor valor de TS às 15 h (Figura 3), uma vez que estes dois sistemas apresentaram os maiores índices de cobertura vegetal. WAZILEWSKI et al. (2011) afirmaram que a cobertura do solo diminui seu aquecimento, devido à palhada funcionar como um isolante térmico.

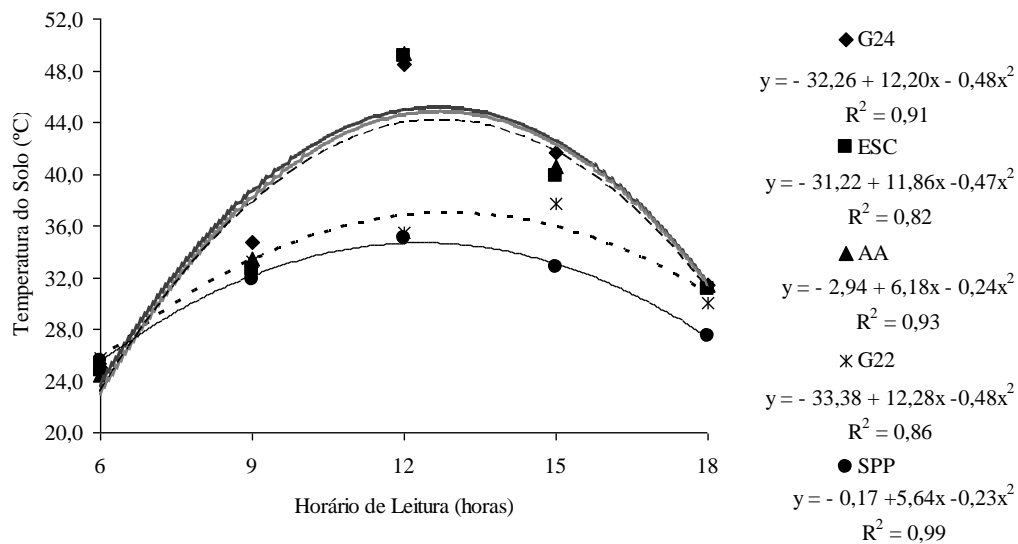


FIGURA 3. Variação da temperatura do solo ao longo do dia no estágio V3 da cultura do milho, em cinco sistemas de preparo do solo, em Petrolina-PE. ESC: escarificador; AA: arado de aivecas; G22: grade *off-set* – discos de 0,56 m; G24: grade *off-set* – discos de 0,61 m; SPP: sem preparo primário. **Variation of soil temperature through the day in the V3 stage of maize in five tillage systems in Petrolina, PE. ESC: chisel plow; AA: moldboard plow; G22: disc harrow off-set of 0.56 m; G24: disc harrow off-set of 0.61 m; SPP: without primary tillage.**

No estágio V8, pode-se observar a TS para os sistemas de preparo do solo e horários de leitura com comportamento crescente-decrescente, conforme a oferta de radiação solar global (Figura 4). Para melhor representar este comportamento, obteve-se a equação quadrática. No horário de maior oferta de radiação solar global (12 h), o ESC apresentou o maior valor de TS, enquanto o AA, o menor valor. Esta situação de maior TS para ESC, provavelmente, ocorreu em função de altas resistência e densidade do solo no sistema ESC, conforme verificado por NAGAHAMA (2013), associada à elevação da radiação solar do período analisado.

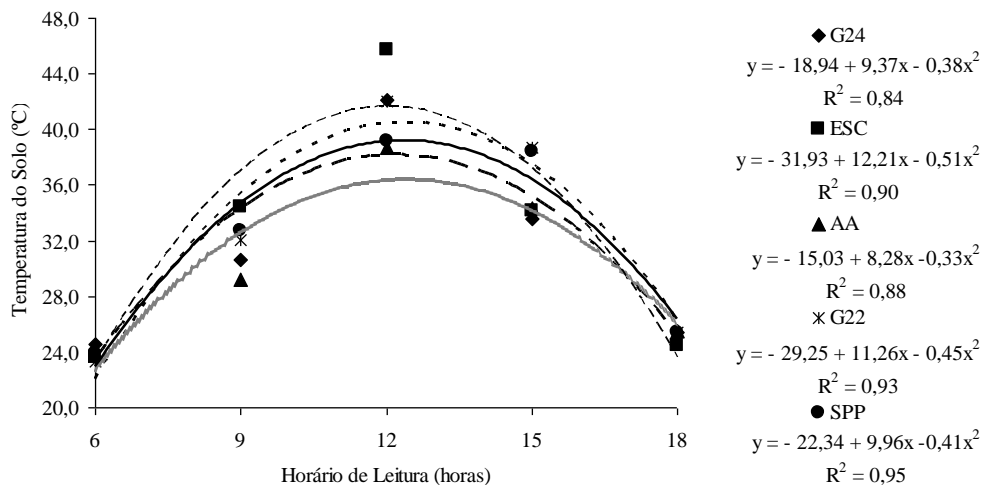


FIGURA 4. Variação da temperatura do solo ao longo do dia, no estágio V8 da cultura do milho, em cinco sistemas de preparo do solo, em Petrolina-PE. ESC: escarificador; AA: arado de aivecas; G22: grade *off-set* – discos de 0,56 m; G24: grade *off-set* – discos de 0,61 m; SPP: sem preparo primário. **Variation of soil temperature through the day in the V8 stage of maize in five tillage systems in Petrolina, PE. ESC: chisel plow; AA: moldboard plow; G22: disc harrow off-set of 0.56 m; G24: disc harrow off-set of 0.61 m; SPP: without primary tillage.**

No estágio R3, o melhor ajuste da variação da TS ao longo do período de leitura foi obtido com a equação cúbica (Figura 5). Este comportamento deve-se à variação senoidal da intensidade da radiação solar global durante o dia, o que pode ocasionar uma variação senoidal da temperatura nas camadas mais superficiais do solo, provavelmente devido à chuva natural que ocorreu próximo à coleta de dados. CAMPOS et al. (2013), ao estudarem fluxos de radiação solar global em vinhedos de altitude de São Joaquim-SC, puderam verificar maior incidência de radiação solar no período da manhã, na comparação com o período da tarde, sugerindo, portanto, que neste experimento, pode ter havido influência da nebulosidade, dada a ocorrência de precipitação pluvial.

Verifica-se que houve deslocamento do limite superior de TS (Figura 5) entre os sistemas de preparo do solo, provavelmente devido à precipitação pluvial ocorrida nos dias que antecederam a coleta de dados, associada à baixa disponibilidade de radiação solar global registrada naquele dia. A interferência das variações de temperatura do ar, radiação solar e precipitação são mais evidentes nas camadas de solo que estão dispostas mais próximas à superfície (CARNEIRO et al., 2014).

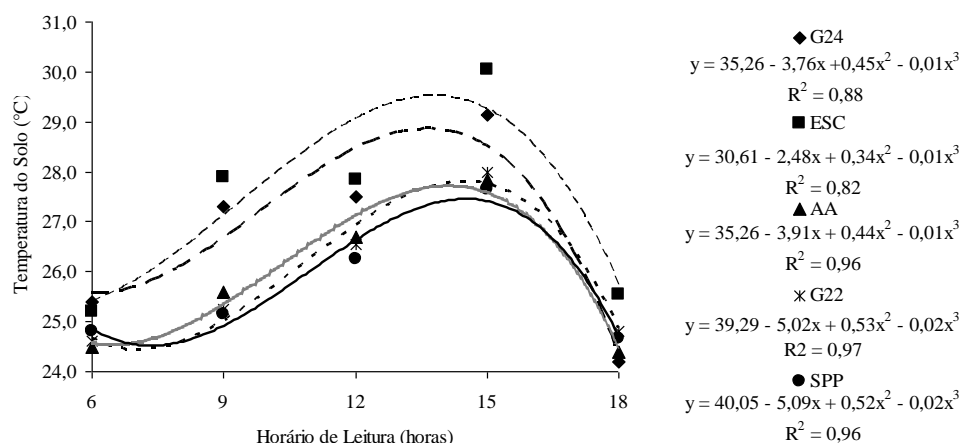


FIGURA 5. Variação da temperatura do solo ao longo do dia, no estágio R3 da cultura do milho, em cinco sistemas de preparo do solo, em Petrolina-PE. ESC: escarificador; AA: arado de aivecas; G22: grade *off-set* – discos de 0,56 m; G24: grade *off-set* – discos de 0,61 m; SPP: sem preparo primário. **Variation of soil temperature through the day in the R3 stage of maize in five tillage systems in Petrolina, PE. ESC: chisel plow; AA: moldboard plow; G22: disc harrow off-set of 0.56 m; G24: disc harrow off-set of 0.61 m; SPP: without primary tillage.**

A baixa disponibilidade de radiação solar global resultou em menores valores de TS ao longo dos horários de leitura realizada no estágio R3 (Figura 5), que não ultrapassaram 30,5 °C. Pode-se verificar, ainda, que os sistemas ESC e G24 apresentaram os maiores valores de TS às 15 h, e que os sistemas G24 e AA apresentaram menores valores de TS em relação ao ESC, no horário de 18 h. Segundo PEREIRA et al. (2013), o uso de cobertura morta no solo mantém a temperatura estável e reduz as perdas de água, devido à cobertura do solo proteger sua superfície do impacto direto da chuva e dos raios solares.

No estágio R6, a TS apresentou o melhor ajuste por equação quadrática (Figura 6). Observa-se que os sistemas de preparo do solo apresentaram TS acima de 32,5 °C às 18 h (Figura 6). Observa-se, nos sistemas G22 e SPP, às 12 h, diminuição dos valores de TS, enquanto nos sistemas G24 e AA tem-se aumento de valores de TS. COSTA et al. (2011), ao avaliarem a cobertura e a manutenção da temperatura e da umidade do solo sob leguminosas utilizadas como adubos verdes nas condições de solo, em Comercinho-MG, concluíram que a maior cobertura do solo apresentou menores temperaturas e maiores umidades volumétricas do solo, provavelmente em virtude da interceptação da radiação solar promovida pela vegetação ou pelo material de cobertura.

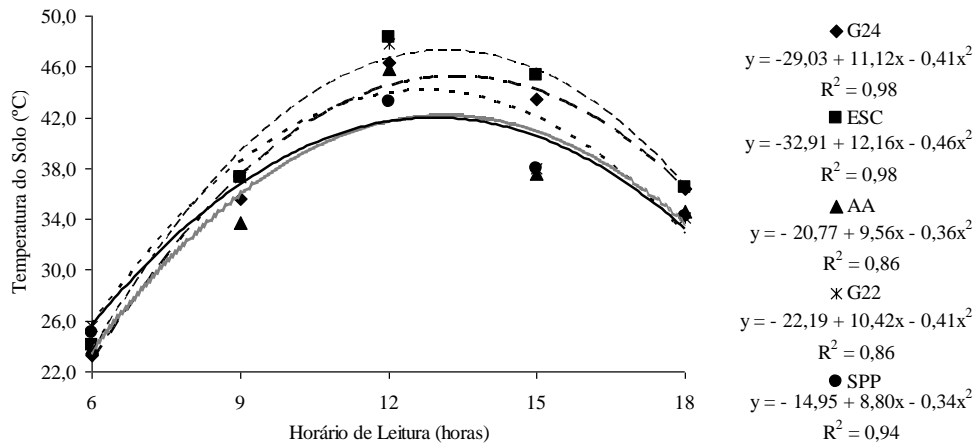


FIGURA 6. Variação da temperatura do solo ao longo do dia, no estágio R6 da cultura do milho, em cinco sistemas de preparo do solo em Petrolina-PE. ESC: escarificador; AA: arado de aivecas; G22: grade *off-set* – discos de 0,56 m; G24: grade *off-set* – discos de 0,61 m; SPP: sem preparo primário. **Variation of soil temperature through the day in the R6 stage of maize in five tillage systems in Petrolina, PE. ESC: chisel plow; AA: moldboard plow; G22: disc harrow off-set of 0.56 m; G24: disc harrow off-set of 0.61 m; SPP: without primary tillage.**

CONCLUSÕES

Os sistemas de preparo do solo influenciaram sobre a umidade do solo até o estágio V8, e sobre a temperatura do solo, nos estádios V3, R3 e R6 do milho.

De maneira geral, os horários de leitura influenciaram sobre a umidade e a temperatura do solo em todos os estádios de desenvolvimento do milho.

Os valores de umidade do solo relacionaram-se com a disponibilidade de água, seja natural, seja artificial. Os maiores valores de umidade do solo ocorreram no período da manhã, enquanto as maiores temperaturas do solo ocorreram predominantemente às 12h.

Os valores de temperatura do solo relacionam-se com a disponibilidade de radiação solar global.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado do Pernambuco (FACEPE), ao Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Vale do São Francisco – LABMET/UNIVASF e à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF.

REFERÊNCIAS

AMANAJÁS, J.C.; BRAGA, C.C.; ALCÂNTARA, C.R.; SOUSA, L.F.; OLIVEIRA, G.B. Estimativa do saldo de radiação à superfície em área de cerrado amazônico utilizando imagem Landsat 5 – TM. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 1712-1718.

AMARAL, F.C.S.; SILVA, E.F.; MELO, A.S. **Caracterização pedológica e estudos de infiltração da água no solo em perímetros irrigados no Vale do São Francisco.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 104 p.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; KRUGER, C.A.M.B.; HECKLER, B.M.M.; COMIRAN, F. Intercepted solar radiation by maize crops subjected to different tillage

systems and water availability levels. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 1331-1341, 2010.

CAMPOS, C.G.C.; VIEIRA, H.J.; BACK, A.J.; SILVA, A.L. Fluxos de radiação solar global em vinhedos de altitude de São Joaquim-SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, p. 722-729, 2013.

CARNEIRO, R.G. **Perfil da temperatura do solo nos biomas florestais da Amazônia e Mata Atlântica com aplicação da transformada em ondas**. 2014. 79f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

CARNEIRO, R.G.; MOURA, M.A.L.; SILVA, V.P.R.; SILVA JÚNIOR, R.S.; ANDRADE, A.M.D.; SANTOS, A.B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente da Mata Atlântica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.1, p. 99-108, 2014.

CARNEIRO, R.G.; MOURA, M.A.L.; SILVA, V.P.R.; SILVA JÚNIOR, R.S.; ANDRADE, A.M.D.; SANTOS, A.B. Estudo da temperatura do solo em dois biomas florestais nos períodos, chuvoso e seco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, p. 1009-1022, 2013.

CARVALHO, J.F.; MONTENEGRO, A.A.A.; SOARES, T.M.; SILVA, E.F.F.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 256-263, 2011.

CARVALHO, L.A.; MEURER, I.; SILVA JÚNIOR, C.A.; CENTURION, J.F. Spatial variability of soil physical properties in two management systems in sugarcane crop. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, p. 60-68, 2012.

COELHO, ME.H.; FREITAS, F.C.L.; CUNHA, J.L.X.L.; SILVA, K.S.; GRANGEIRO, L.C.; OLIVEIRA, J.B. Coberturas do solo sobre a amplitude térmica e a produtividade de pimentão. **Revista Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, p. 369-378, 2013.

CORTEZ, J.W.; ALVES, A.D.S.; MOURA, R.D.; OLSZEWSKI, N.; NAGAHAMA, H.J. Atributos físicos do Argissolo Amarelo do semiárido nordestino sob sistemas de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 1207-1216, 2011.

COSTA, E.C.; OLIVEIRA, F.L.; SILVA, D.M.N.; QUARESMA, M.A.L.; DÓRIA, H.; MENDES, B.P.; CARVALHO, M.A. Cobertura, temperatura e umidade do solo sob leguminosas anuais no Médio Vale do Jequitinhonha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7., 2011, Fortaleza. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2011. p. 1-6.

CUNHA, E.Q.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; FERREIRA, E.P.B; DIDONET, A.D.; LEANDRO, W.M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, p. 589-602, 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2011. 230 p.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, p. 341-343, 1981.

LOPES, H.L.; ACCIOLY, L. J.O.; SILVA, F.H.B.B.; SOBRAL, M.C.M.; ARAUJO FILHO, J.C.; CANDEIAS, A.L.B. Espacialização da umidade do solo por meio da temperatura da superfície e índice de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 973-980, 2011.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E.C.; CORRÊA, A.R.; PELLIN, D.M.P.; CARVALHO, M.P.; DALCHIAVON, F.C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e

- especialmente com a consorciação de guandu com milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n.1, p. 125-135, 2012.
- MOURA, M.A.L.; QUERINO, C.A.S. Variação sazonal do fluxo de calor no solo dentro de um manguezal tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 296-302, 2010.
- NAGAHAMA, H.J. **Relação máquina-solo-planta em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento e dos sistemas de preparo**. 2013. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2014.
- OLIVEIRA, A.D.; MEIRELLES, M.L.; FRANCO, A.C. **Variáveis meteorológicas e estimativa da evapotranspiração num cultivo de soja no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. 21 p. (Boletim de Pesquisa e Extensão).
- OLIVEIRA, A.S.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J.S. Variáveis meteorológicas e cobertura vegetal de espécies arbóreas em praças urbanas em Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 28, p. 389-400, 2013.
- PEREIRA, D.S.; MATOS, G.S.V.; MATOS, A.S.P. Influência da cobertura morta no controle da temperatura e na manutenção da umidade do solo no cultivo de feijão fradinho (*Vigna unguiculata* L.). In: SEMINÁRIO BAIANO DE SOLOS, 2., 2013, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: PET Solos, 2013. p. 1-2.
- PEREIRA, V.C.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; BEZERRA, J.R.C.; MOURA, M.S.B.; BORGES, V.P.; SANTOS, W.O. Saldo de radiação e fluxo de calor no solo nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura do algodoeiro na Chapada do Apodi, RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Anais eletrônicos...** Sete Lagoas, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2011. p. 1-5.
- PINTO, M.A.B.; BRIXNER, G.F.; REISSER JÚNIOR, C.; TIMM, L.C.; MADALUZ, L.M.; ANJOS E SILVA, S.D. Consumo hídrico de plantas de mamona em diferentes níveis de umidade no solo e sua relação com a radiação solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande, Embrapa Algodão, 2010. p. 1066-1071.
- SANTOS, D.M.; ARAUJO, S.M.; ARAUJO, K.D.; ROSA, P.R.O.; PAZERA JÚNIOR, E. Variabilidade temporal da radiação solar e insolação no município de Araguaína-TO. **Revista Raega**, Curitiba, n. 18, p. 35-40, 2009.
- SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, D.D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 670-679, 2011.
- VEIGA, M.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Tillage systems and nutrient sources affecting soil cover, temperature and moisture in clayey Oxisol under corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, p. 2011-2020, 2010.
- WAZILEWSKI, W.T.; WERNER, O.V.; MEDEIROS, M. Influência da temperatura do perfil do solo no desenvolvimento da cultura da soja na região oeste do Paraná. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, p. 66-76, 2011.