

Comissão 3.3 - Manejo e conservação do solo e da água

INFLUÊNCIA DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS NA UMIDADE DO SOLO E NO CULTIVO DO MILHO (*Zea mays* L.) EM SEMIÁRIDO NORDESTINO⁽¹⁾

Tatyana Keyty de Souza Borges⁽²⁾, Abelardo Antônio de Assunção Montenegro⁽³⁾, Thaís Emanuelle Monteiro dos Santos⁽⁴⁾, Demetrius David da Silva⁽⁵⁾ & Valdemir de Paula e Silva Junior⁽⁶⁾

RESUMO

O semiárido brasileiro possui capacidade produtiva limitada em razão das suas características intrínsecas em relação à vegetação, ao clima e ao solo. A cobertura do solo, uma prática recomendada para essa região, favorece a infiltração, proporcionando melhor aproveitamento da água da chuva e contribuindo para o desenvolvimento das culturas, ao reduzir a perda de água por escoamento superficial. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes tipos de cobertura na manutenção da umidade do solo, sob condição de chuva natural, bem como nas características agronômicas da cultura do milho (*Zea mays* L.), em regime de sequeiro. Para isso, desenvolveu-se experimento em campo, na encosta representativa da Bacia do Alto Ipanema, no semiárido pernambucano. Para monitorar a umidade do solo e o desempenho do cultivo, cinco parcelas com 4,5 m de largura e 11 m de comprimento foram instaladas, adotando-se os seguintes tratamentos: solo descoberto, cultivo do milho com cordão vegetativo de palma forrageira, solo com cobertura natural, cultivo do milho em nível e com barramento em pedras associado com cobertura morta e cultivo do milho morro abaixo. Em cada parcela, foram instalados oito tubos de acesso de PVC, para fins de monitoramento da umidade do solo nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, utilizando sonda de nêutrons. A cultura do milho (AG 1051) foi cultivada no

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora apresentada ao Programa Pós Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE. Recebido para publicação em 2 de janeiro de 2014 e aprovado em 23 de julho de 2014.

⁽²⁾ Mestre em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE. Rua Dom Manoel, s/n. CEP 52171-900 Recife (PE), Brasil. E-mail: tatyana_keyty@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor Associado, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE. E-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

⁽⁴⁾ Professora Adjunta; Departamento de Biofísica e Radiobiologia, Universidade Federal de Pernambuco. Av. Prof. Moraes Rego, 1235. CEP 50670-901 Recife (PE), Brasil. E-mail: thaisemanuelle@hotmail.com

⁽⁵⁾ Professor Associado, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Av. P. H. Rolfs, s/n. CEP 36570-900 Viçosa (MG), Brasil. E-mail: david@ufv.br

⁽⁶⁾ Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFRPE. E-mail: depaulajr22@yahoo.com.br

período de abril a julho de 2011, com adubação realizada no dia do plantio e 30 dias após; a colheita foi realizada aos 96 dias após o plantio. A umidade do solo foi monitorada quinzenalmente, durante os meses de janeiro a julho de 2011. Dentre as características agrônômicas do milho, foram avaliadas: altura do colmo, altura da inserção da primeira espiga, diâmetro basal do colmo, diâmetro da espiga com e sem palha, número de fileiras de grãos, número de grãos, comprimento da espiga com e sem palha, peso da espiga com e sem palha e peso da matéria fresca e da matéria seca do milho ralado. Os tratamentos conservacionistas (cultivo do milho em nível com barramento em pedras associado com cobertura morta e o cultivo do milho com cordão vegetativo de palma forrageira) promoveram maiores valores de umidade do solo e de matéria seca de grãos de milho, em relação ao cultivo morro abaixo, evidenciando-se a importância da disponibilidade de água no solo para suprir a necessidade hídrica da cultura do milho, em regime de sequeiro. O cultivo do milho em nível com barramento em pedras associado com cobertura morta ou com cordão vegetativo de palma forrageira atua eficientemente na redução das perdas de água, quando comparado ao solo descoberto, contribuindo para melhor aproveitamento da água da chuva e maior produtividade de grãos.

Termos de indexação: sonda de nêutrons, cobertura do solo, chuva natural.

SUMMARY: EFFECT OF CONSERVATION PRACTICES ON SOIL MOISTURE AND MAIZE (*Zea mays L.*) CROPPING IN THE SEMI-ARID NORTHEAST OF BRAZIL

*The Brazilian semi-arid region has limited production capacity, due to its intrinsic characteristics in relation to vegetation, climate, and soil. Soil cover, a recommended practice for this region, increases infiltration, providing for better use of rainwater, and contributing to crop development by reducing water loss through runoff. In this context, the aim of this study was to evaluate the effects of different types of soil cover in maintaining soil moisture under natural rainfall conditions, as well as to evaluate the agronomic characteristics of maize (*Zea mays L.*) in a non-irrigated system. A field experiment was developed on a representative hillslope of the Alto Ipanema Drainage Basin in the semi-arid zone of the State of Pernambuco. To monitor soil moisture and crop performance, five plots of 4.5 by 11 m were set up, adopting the following treatments: bare soil, maize with cactus pear planted on the contour, soil with natural cover, maize in contour planting with stone microdams associated with mulch, and maize cropping downhill. In each plot, eight PVC access tubes were installed to monitor soil moisture at depths of 0.20 and 0.40 m using a neutron probe device. Maize (AG 1051) was cropped from April to July 2011, with fertilization at sowing and at 30 days after sowing, and harvest at 96 days after sowing. Soil moisture was monitored every two weeks from January to July 2011. The following maize agronomical characteristics were evaluated: stem height (ALT), height of the first ear (ALTE), basal stem diameter (DC), ear diameter with husk (SD) and diameter without husk (DS), number of rows of kernels (FIL), number of kernels (GR), ear length with husk (CP) and without husk (CS), ear weight with husk (PC) and without husk (PS), and weight of fresh matter (VM) and dry matter (DM) of ground maize. The conservation treatments (maize in contour planting with stone microdams associated with mulch, and maize with cactus pear planted on the contour) enhanced soil moisture and the dry matter of the maize grain, compared to treatment with downhill planting. This highlights the importance of soil water availability in meeting maize water requirements under a non-irrigated system. Hence, the treatments of maize in contour planting with stone microdams associated with mulch, and maize with cactus pear planted on the contour operate efficiently in reducing water loss when compared to bare soil conditions, improving the use of rainwater and increasing grain yield.*

Index terms: neutron probe, soil cover, natural rainfall.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil é amplamente adotada na agricultura familiar, embora geralmente apresente reduzida produtividade, em razão do baixo nível tecnológico utilizado. Segundo informações da safra 2010/2011, a região Nordeste foi responsável pelo plantio de aproximadamente 23 % de todo o milho no Brasil; no entanto, a produção da região representou apenas 11 % do total colhido. Em particular, os agricultores familiares representaram 30,8 % dos produtores, porém colheram apenas 2 % da produção nacional (Embrapa, 2011).

O milho pode ser utilizado de diversas formas, tanto para alimentação humana e animal como para fonte de matéria-prima para as indústrias. No semiárido pernambucano, as bacias hidrográficas são comumente exploradas com a agricultura de sequeiro, nas encostas, durante o período chuvoso, e com a pequena agricultura irrigada de base familiar nos vales aluviais. O milho é considerado uma cultura de alta demanda hídrica e, também, uma das mais eficientes no uso da água, ou seja, apresenta alta relação de produção de matéria seca por unidade de água absorvida (Silva et al., 2012a). No entanto, poucos estudos têm sido realizados sobre os efeitos da agricultura de sequeiro nas características agrônômicas do milho, e essas pesquisas em regiões semiáridas são de suma importância, pois estão relacionadas com o manejo do sistema de produção.

A área plantada de milho no Brasil, na primeira safra do biênio 2011/12, foi de 7,52 milhões de hectares, havendo decréscimo de 1,5 % em relação a 2010. Já a produção apresentou redução de 2,1 %. A diminuição observada nos níveis de produção em todas as regiões do país decorre da ausência das chuvas durante os principais estádios de desenvolvimento da lavoura (CONAB, 2012).

Segundo Brito et al. (2012), em regiões semiáridas, a água é o principal fator limitante tanto para o consumo humano e animal como para produção de alimentos; entretanto, a irregularidade pluvial torna a agricultura uma atividade de alto risco. Com isso, o semiárido brasileiro possui sua capacidade produtiva limitada, por causa das suas características intrínsecas em relação à vegetação, ao clima e ao solo. A maior parte da chuva não é aproveitada em todo o seu potencial, pois, mesmo ocorrendo infiltração e existindo barreiros e açudes no Nordeste, 36 bilhões de m³ de água da chuva se perdem pelo escoamento superficial (Cavalcanti & Resende, 2001). A perda de água, por causa do processo de enxurrada, além de causar problemas para as terras cultiváveis, com a perda de nutrientes do solo, limita a agricultura de sequeiro. Essas perdas por erosão continuam sendo elevadas, uma vez que a maioria dos agricultores não utilizam técnicas de manejo e conservação adequadas ao solo (Oliveira et al., 2010). Em particular, o cultivo

morro abaixo ainda é uma técnica largamente adotada, acarretando impactos ambientais adversos nas bacias hidrográficas (Santos et al., 2010).

Preparos conservacionistas e sistemas de manejo relacionados aos diferentes tipos de cobertura e preparos do solo proporcionam maior eficiência no controle da erosão hídrica, em decorrência das menores perdas de água por escoamento superficial (Silva et al., 2011). A cobertura do solo é uma prática muito recomendada para as regiões semiáridas, uma vez que contribui para o desenvolvimento das culturas, reduz a perda de água, diminui a erosão superficial e incrementa a umidade. Montenegro et al. (2013) verificaram que coberturas mortas à base de palha, com taxas de aplicação de 2 e 4 t ha⁻¹, foram eficientes no controle do escoamento superficial e da temperatura do solo, além de ter promovido maior umidade no solo durante diferentes eventos de chuva simulada.

Shen et al. (2012) avaliaram o efeito de diferentes taxas de cobertura morta de palha de trigo (0,6 e 12 t ha⁻¹) no solo, em condições de agricultura de sequeiro, durante os anos de 2009 e 2010, no norte da China, com duas variedades de milho, verificando que a cobertura contribuiu para o aumento da umidade do solo a uma profundidade de 20-80 cm, durante a fase de espigamento-antese. Esses autores notaram, ainda, que a produtividade de grãos foi superior com a presença da cobertura morta na maior taxa de aplicação (12 t ha⁻¹), em relação aos demais tratamentos. Santos et al. (2010) também observaram aumento no rendimento de feijão com a adoção de tratamentos conservacionistas, verificando que o feijão cultivado em contorno com cobertura morta e barreiras de pedras apresentou produtividade (1782 kg ha⁻¹) que foi superior em relação ao feijão em consórcio com palma forrageira e feijão morro abaixo, com valores da ordem de 1140 e 692 kg ha⁻¹, respectivamente.

A utilização de plantas para formar um cordão vegetativo é uma técnica conservacionista em que as plantas devem ser cultivadas em fileiras e dispostas em curvas de nível (Paiva & Araújo, 2012). Em razão da adequação ao clima do semiárido do Nordeste, a palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) é uma alternativa, podendo ser utilizada para alimentação humana e de animais (Silva & Santos, 2006; Wanderley et al., 2012). Quando cultivada em cordões vegetativos, essa cultura incrementa o armazenamento de água no solo, contribuindo assim para o controle de erosão e recuperação de áreas degradadas, amenizando a perda de água e solo, ao funcionar como uma barreira natural (Le Houérou, 1996; Momoli et al., 2012). Além disso, conforme Kizito et al. (2006), as raízes dos arbustos podem contribuir para o incremento da umidade do solo, uma vez que aumentam a possibilidade de infiltração da água durante a estação chuvosa.

A quantificação de água necessária para o desenvolvimento das plantas maximiza a eficiência

do uso da água em regiões que possuem distribuição irregular da precipitação. Para a medida da água no solo, Souza & Matsura (2002) citaram alguns métodos que quantificam essa variável, destacando-se a termalização de nêutrons. Santos et al. (2010) utilizaram a sonda de nêutrons para analisar a variabilidade temporal da umidade no semiárido pernambucano e verificaram que a condição de superfície do solo influencia expressivamente a variação da umidade nesse, tanto no período seco como no chuvoso.

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes técnicas conservacionistas na manutenção da umidade do solo, bem como nas características agrônômicas da cultura do milho (*Zea mays* L.), no semiárido pernambucano, sob condição de chuva natural.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo

O experimento foi executado no município de Pesqueira, PE, em uma encosta representativa da bacia hidrográfica do Alto Ipanema, entre 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de latitude sul e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de longitude oeste. O clima é semiárido muito quente, tipo Estepe, conforme a classificação de Köppen, e a caatinga hipoxerófila é a vegetação predominante da área (Montenegro & Montenegro, 2006).

As parcelas experimentais, delimitadas por alvenaria, apresentaram dimensões efetivas de 4,5 m de largura \times 11 m de comprimento, perfazendo uma área de 49,5 m², sendo a maior dimensão no sentido do declive. O solo foi classificado como Argissolo Amarelo eutrófico abrupto, com declividade de 5 %, cujas características físicas e químicas foram avaliadas por Santos (2010) e encontram-se no quadro 1.

O solo apresenta texturas franco-argilosa, nas camadas superficiais e subsuperficiais, e argilosa, nas camadas abaixo de 55 cm, exibindo camada de impedimento a 75 cm. A condutividade hidráulica média nas profundidades 30 e 40 cm é de 7,84 cm h⁻¹,

avaliada com Permeâmetro de Guelph. As umidades correspondentes à capacidade de campo e ao ponto de murcha, na profundidade de 20 cm, são de 0,161 e 0,096 cm³ cm⁻³; e, na profundidade de 40 cm, de 0,156 e 0,097 cm³ cm⁻³, respectivamente (Santos, 2010; Silva et al., 2012b).

Descrição do experimento

O experimento foi constituído por cinco parcelas correspondentes às distintas condições de cobertura do solo (Figura 1): solo descoberto (SD); cultivo do milho com cordão vegetativo de palma forrageira (P), no espaçamento de 0,25 \times 0,5 \times 3,0 m; solo com cobertura natural (CN); cultivo do milho em nível com barramento em pedras, com aproximadamente 8 cm de altura e 10 cm de largura, com distância de 1 m entre os barramentos, associado com cobertura morta (BCM); e cultivo do milho morro abaixo (MA), largamente utilizado pelos agricultores da região. O cultivo em nível foi realizado com a utilização de um nível de mangueira. A cobertura morta utilizada foi a palha do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), com taxa de aplicação de 7 t ha⁻¹, sendo aplicada aos 20 dias após plantio (DAP) do milho. As plantas de milho (*Zea mays* L.), Híbrido AG 1051, foram cultivadas no período de abril a julho de 2011 (estação chuvosa). Em cada parcela, oito tubos de acesso de PVC foram utilizados, com 50 mm de diâmetro, distanciados 2 m, para monitorar a umidade do solo nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, utilizando sonda de nêutrons.

O plantio do milho foi realizado em 10 de abril, sendo semeadas três sementes por cova, a 2,5 cm de profundidade, no espaçamento de 0,80 m entre as fileiras do milho e 0,40 m entre as plantas do milho. Realizou-se o desbaste aos 15 DAP, deixando-se somente uma planta por cova. O manejo da adubação mineral foi com base nos resultados da análise química do solo. No plantio, em cada cova, foram aplicados 45,45 kg ha⁻¹ de ureia, 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples e 17,24 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Aos 30 DAP, foram aplicados 90,90 kg ha⁻¹ de ureia e 17,24 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, em cada cova. A partir dos 30 DAP, e a cada 15 dias a partir dessa data, determinou-se a altura do colmo (ALT),

Quadro 1. Características físicas e químicas do Argissolo Amarelo eutrófico abrupto na área experimental

Prof.	Hor.	Areia	Argila	Silte	ADA	Dp	Ds	pH(H ₂ O) ⁽¹⁾	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H+Al	P	CO
cm		g kg ⁻¹			%	kg dm ⁻³			cmol _c kg ⁻¹				mg dm ⁻³ g kg ⁻¹		
0-12	Ap	448,5	231,5	320,0	11,20	2,64	1,48	6,07	2,08	0,65	0,43	0,27	2,39	0,53	2,08
13-27	A1	441,9	264,8	293,3	11,20	2,72	1,51	5,20	1,57	0,41	0,16	0,24	2,15	0,08	1,57
27-46	A2	315,2	324,8	360,0	15,20	2,64	1,45	5,43	0,81	0,29	0,18	0,23	2,12	0,08	0,81
46-69	AB	288,5	338,1	373,3	15,20	2,67	1,68	5,47	0,73	0,36	0,21	0,30	1,71	0,17	0,73
69-86	Bt	152,0	691,5	293,3	32,87	2,66	1,88	6,10	1,44	1,32	0,10	1,58	1,43	0,08	1,44

Prof.: profundidade; Hor.: horizonte; Dp: densidade das partículas; Ds: densidade do solo; e ADA: argila dispersa em água.

⁽¹⁾ Relação 1:2,5. CO: carbono orgânico. Fonte: Santos (2010).

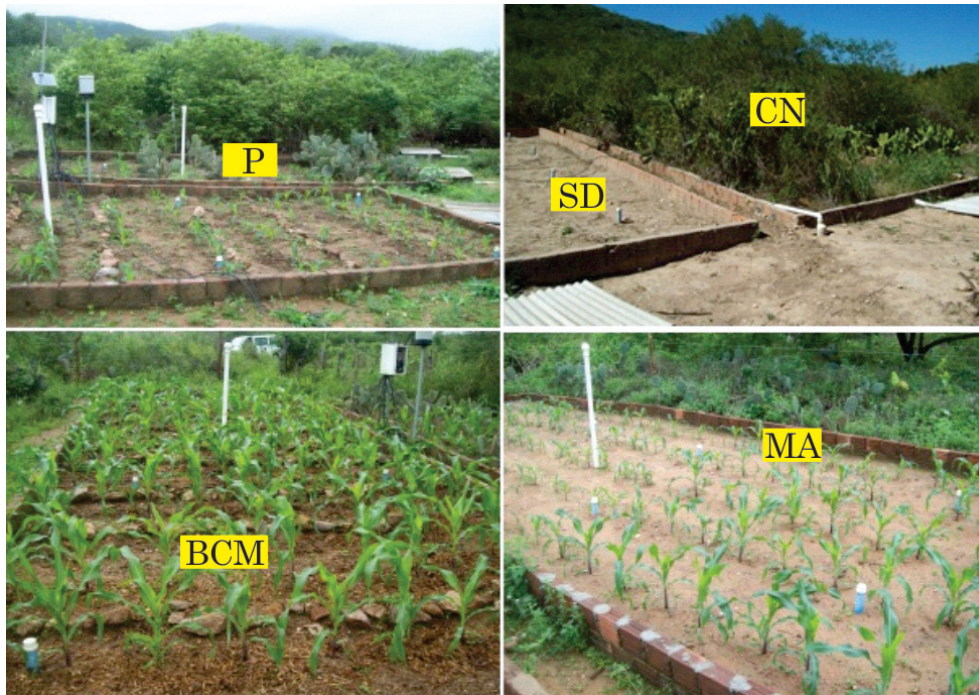


Figura 1. Fotos da área experimental tomadas aos 20 dias após o plantio do milho, apresentando os tratamentos utilizados nas parcelas experimentais. P: cultivo do milho com cordão vegetativo com palma forrageira; SD: solo descoberto; CN: cobertura natural; BCM: cultivo do milho em nível com barramento em pedras associado com cobertura morta; e MA: cultivo do milho morro abaixo.

utilizando-se trena, medindo-se 15 plantas escolhidas aleatoriamente em cada parcela. Também foram avaliados (aos 68, 90 e 96 DAP) a altura da inserção da primeira espiga (ALTE), o diâmetro basal do colmo (DC), o diâmetro da espiga com palha (DP) e sem palha (DS), o número de fileiras de grãos (FIL), o número de grãos (GR), o comprimento da espiga com palha (CP) e sem palha (CS), o peso da espiga com palha (PC) e sem palha (PS) e os pesos das matérias verde (MV) e seca (MS) do milho ralado. Na determinação da matéria seca, 15 espigas de cada uma das parcelas foram coletadas, raladas e colocadas em estufa, com circulação constante de ar, a 65 °C por 96 h e, em seguida, determinados os pesos da matéria seca. A colheita foi realizada manualmente aos 96 DAP, que compreendeu o período entre abril e julho de 2011. A vegetação que estava na parcela com palma, antes do cultivo do milho, era constituída de palma forrageira, enquanto nos tratamentos BCM e MA não existia vegetação.

A determinação da umidade do solo ocorreu a cada 15 dias, no período de janeiro a julho de 2011, utilizando-se sonda de nêutrons, modelo 503 DR *Hydroprobe Moisture Gauge*, de fabricação da CPN *International*. Conforme indicação de Andrade et al. (2001), após o posicionamento da sonda de nêutrons, as medições foram realizadas com duração de 30 s. O monitoramento dos tratamentos BCM e MA só foi realizado a partir do mês de abril em razão do cultivo do milho. Os dados foram tabulados e, em seguida,

as leituras foram convertidas para a base de volume. Posteriormente, utilizando equações de calibração previamente estabelecidas para a área em estudo, obteve-se a umidade no solo para as duas profundidades analisadas; consideraram-se as médias mensais de umidade nas duas profundidades do solo.

Para registro diário das chuvas ocorridas na área experimental, utilizou-se um pluviógrafo automático, modelo TB4-L *Rain Gauge da Campbell Scientific*, com precisão de 0,254 mm. Esse equipamento foi acoplado a um registrador eletrônico modelo CR1000, programado para registrar os eventos a cada 5 min (Santos et al., 2011). A bacia hidrográfica dispõe, também, de estação meteorológica automática modelo Campbell, permitindo o monitoramento das variáveis climatológicas por meio de sensores de temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e precipitação. A evapotranspiração de referência foi estimada por intermédio do Método de *Penman-Montheith* FAO-56 (Allen et al., 1998). Os dados de umidade e os resultados das variáveis de crescimento e produção da cultura do milho foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5 %, utilizando-se o programa computacional SAS - *Statistical Analytical System* (SAS, 1998). Além disso, calculou-se também a média móvel para a umidade do solo durante o cultivo do milho e os desvios-padrão da umidade do solo também para cada tratamento.

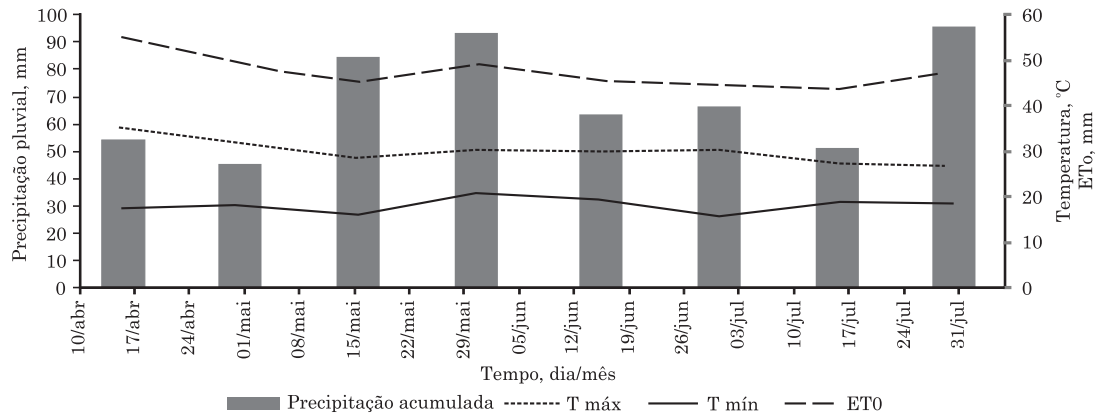


Figura 2. Distribuição temporal da precipitação pluvial total, temperaturas máxima e mínima e evapotranspiração (ETo) de referência, no período de abril a julho de 2011.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, é apresentado o comportamento temporal dos totais precipitados no período em estudo, a cada 15 dias, com lâmina total de 487 mm, que corresponde a 57,03 % da precipitação pluvial total de 2011, além de valores de temperaturas máxima e mínima, bem como da evapotranspiração de referência para períodos quinzenais. Os maiores índices pluviométricos concentraram-se nos meses de maio (161 mm) e julho (130 mm); enquanto abril e junho apresentaram os menores totais precipitados, 83 e 113 mm, respectivamente.

Investigou-se que durante o desenvolvimento da cultura a lâmina precipitada foi inferior à considerada ideal por Magalhães & Durães (2006), que constataram que a quantidade de água consumida pelo milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais.

Para a área experimental, as temperaturas máximas do ar variaram entre 34,5 e 27,6 °C, enquanto as mínimas entre 15,9 e 18,6 °C. A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, é de 24 a 30 °C; as temperaturas acima de 35 °C, por períodos prolongados, podem prejudicar a polinização, formando espigas mal granadas em razão do calor excessivo.

Na figura 3, apresenta-se a variação da umidade do solo com seus respectivos desvios-padrão, para as profundidades de 20 e 40 cm, no período de janeiro a julho de 2011, a partir de monitoramento realizado quinzenalmente e agrupado mensalmente. Analisando-se o efeito dos tratamentos conservacionistas BCM e P, em relação aos demais, observou-se que esses produziram os maiores incrementos de umidade durante a maior parte do tempo (abril a julho), evidenciando-se, assim, maior disponibilidade hídrica para atendimento das necessidades da cultura do milho. A diferença da cobertura do solo é um fator que influencia o processo de infiltração, que determina a quantidade de água disponível para as plantas. Sendo

assim, o tratamento BCM contribuiu para maior infiltração da água no perfil do solo, tanto nas camadas superficiais quanto nas mais profundas.

Verifica-se no quadro 2, referente à avaliação da umidade do solo em razão dos diferentes tipos de cobertura, que ocorreram, na quase totalidade dos casos, diferenças significativas ($p < 0,05$) na umidade do solo para os diferentes tratamentos analisados, ao comparar as parcelas em que foi cultivado o milho (BCM, P e MA). Observou-se que a umidade do solo nas parcelas com BCM e P foi superior em relação à com MA. Para o monitoramento da umidade no dia 28 de abril, notou-se que ocorreram os menores incrementos do conteúdo de água no solo em todos os tratamentos, para as duas profundidades, em decorrência da menor lâmina precipitada nos 7º e 15º dias que antecederam à avaliação da umidade.

A camada mais profunda do perfil do solo, 40 cm, de modo geral, apresentou elevados valores de umidade, em relação à de 20 cm, corroborando os resultados encontrados por Santos et al. (2010). Isso se justificou porque em camadas mais profundas há maior teor de argila, promovendo maior retenção e armazenamento de água no solo em maior período de tempo. Resultado semelhante foi obtido por Souza et al. (2013), também no semiárido pernambucano.

Como a umidade no perfil do solo está diretamente relacionada à precipitação antecedente e à sua permanência nos diferentes tipos de cobertura na superfície do solo, com o aumento da precipitação no mês de maio, observou-se que a umidade, em cada tratamento, foi superior em 184 % (CN), 69 % (P e BCM), 86 % (MA) e 68 % (SD), em relação ao monitoramento realizado no mês de abril, na camada de 0-20 cm. Na profundidade de 20-40 cm, constatou-se que o conteúdo de água foi 115, 58, 31, 54 e 42 % maior, nos tratamentos CN, P, MA, BCM e SD, respectivamente. Averiguou-se, portanto, que maiores incrementos de umidade coincidiram com os meses que ocorreram as maiores precipitações. Dessa forma, segundo Paiva & Araújo (2012), a utilização das

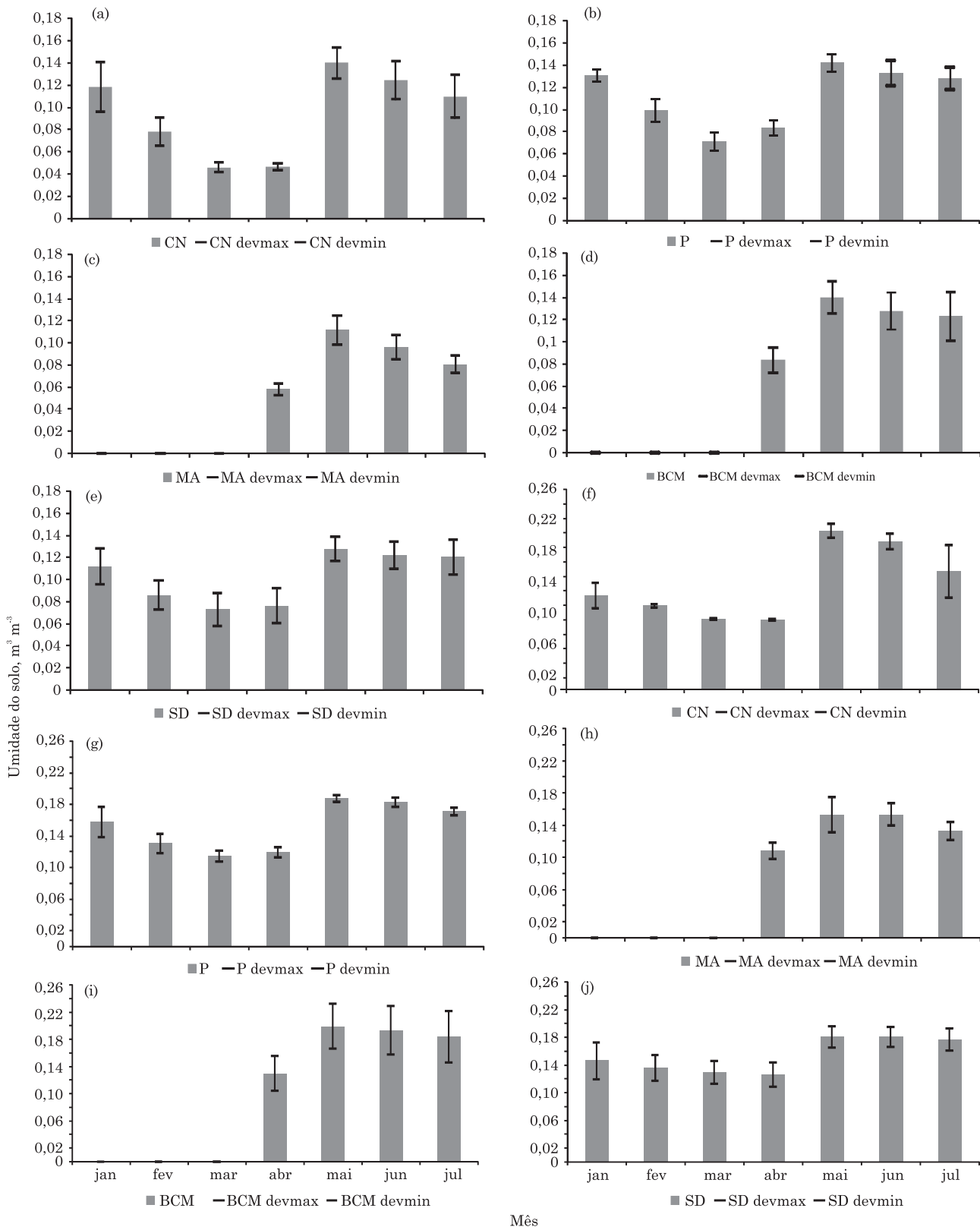


Figura 3. Variação da umidade do solo para o Argissolo Amarelo eutrófico abruptico nos tratamentos, de janeiro a julho de 2011. Na profundidade de 20 cm: (a) Cobertura natural (CN); (b) Palma (P); (c) Morro abaixo (MA); (d) Barramento com cobertura morta (BCM); e (e) Solo descoberto (SD); na profundidade de 40 cm: (f) Cobertura natural (CN); (g) Palma (P); (h) Morro abaixo (MA); (i) Barramento com cobertura morta (BCM); e (j) Solo descoberto (SD).

Quadro 2. Variação na umidade do Argissolo Amarelo eutrófico abruptico nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de acordo com a data e os diferentes tipos de cobertura do solo

Data	Umidade no solo					Precipitação antecedente	
	CN	P	MA	BCM	SD	7 dias	15 dias
	$m^3 m^{-3}$					mm	
	20 cm						
28/abr	0,0464 b	0,0831 a	0,0582 b	0,0837 a	0,0763 a	7	14
12/mai	0,1319 a	0,1404 a	0,1085 b	0,1414 a	0,1282 a	51	98
26/mai	0,1470 a	0,1423 a	0,1149 b	0,1390 a	0,1273 ab	37	83
8/jun	0,1177 ab	0,1289 a	0,0978 b	0,1246 a	0,1197 a	14	37
21/jun	0,1303 a	0,1355 a	0,0941 b	0,1310 a	0,1246 a	19	70
29/jul	0,1095 a	0,1281 a	0,0809 b	0,1229 a	0,1204 a	20	63
	40 cm						
28/abr	0,0907 a	0,1196 a	0,1080 a	0,1297 a	0,1262 a	7	14
12/mai	0,1949 a	0,1886 a	0,1411 b	0,1996 a	0,1794 a	51	98
26/mai	0,2175 a	0,1869 ab	0,1652 b	0,1990 ab	0,1823 ab	37	83
8/jun	0,1897 ab	0,1809 ab	0,1571 b	0,1922 a	0,1800 ab	14	37
21/jun	0,1947 ab	0,1842 ab	0,1489 b	0,1955 a	0,1811 a	19	70
29/jul	0,1537 ab	0,1714 ab	0,1325 b	0,1839 a	0,1767 a	20	63

CN: cobertura natural; P: palma; MA: morro abaixo; BCM: barramento com cobertura morta; e SD: solo descoberto. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha não diferem entre si, a 5 %, pelo teste de Tukey.

práticas conservacionistas destaca-se por favorecer maior aproveitamento das águas das chuvas, evitando-se perdas excessivas por escoamento superficial. Além disso, evita que o solo esteja susceptível a constantes ciclos de umedecimento e secagem e a grandes oscilações de temperaturas. Esses resultados também foram verificados por Montenegro et al. (2013), em solos de Coimbra, Portugal, com cobertura de palha.

Os tratamentos BCM, P e CN, no mês de maio, na profundidade de 20 cm, apresentaram valores de umidade da ordem de 0,1414, 0,1404 e 0,1319 $m^3 m^{-3}$, respectivamente (Quadro 2). Já na profundidade de 40 cm, observou-se que o tratamento CN destacou-se com valor de 0,2175 $m^3 m^{-3}$, seguido pelos tratamentos BCM (0,1990 $m^3 m^{-3}$) e P (0,1869 $m^3 m^{-3}$). A presença da cobertura morta e do barramento em pedra contribuiu para o processo de infiltração e para melhor aproveitamento da água da chuva, além de reduzir a perda por evaporação. Segundo Lyra et al. (2010), o capim pode ser usado como cobertura morta, interceptando e armazenando parte da água precipitada, que pode ser perdida diretamente para a atmosfera por evaporação, ou saturar a cobertura e infiltrar-se no solo.

Santos et al. (2012) verificaram o efeito benéfico da cobertura morta na produtividade e qualidade da cebola por causa da maior manutenção da umidade do solo, bem como da redução da amplitude térmica desse. Já Peres et al. (2010) observaram que, na camada de 0-20 cm, houve redução dos valores da umidade volumétrica do solo de 0,103 % por dia, na condição com palha, e de 0,223 % por dia, na condição

sem palha, praticamente o dobro daquela verificada na condição de cobertura do solo. As parcelas com BCM e P foram muito eficientes na manutenção de água no solo, pois além de permitir o crescimento das plantas proporcionaram adequada produção de milho em condições de cultivo em sequeiro.

Na análise da média móvel da umidade do solo durante o período experimental (Figura 4), pôde-se observar a variação temporal da umidade, para as duas profundidades, constatando-se o efeito dos tratamentos na manutenção da água no solo, principalmente para o BCM. Esses valores indicaram que em todos os tratamentos houve acréscimo gradual da umidade do solo em razão do aumento da precipitação antecedente de 7 e 15 dias.

Esses resultados comprovaram que a presença da cobertura vegetal, nos tratamentos BCM e P em relação ao MA, é de suma importância para favorecer a infiltração e, conseqüentemente, o armazenamento de água no solo.

No quadro 3, são apresentadas as médias das avaliações agronômicas realizadas aos 68 e 90 DAP, em razão de diferentes tipos de cobertura do solo, podendo-se observar que ocorreu diferença entre os tratamentos para altura do colmo (ALT) das plantas, diâmetro basal do colmo (DC) e altura da primeira espiga (ALTE). O tratamento BCM foi significativamente melhor em relação ao MA, porém não houve diferença estatística em relação a P, exceto nas avaliações do DC. A redução no crescimento das plantas é consequência de mecanismo de defesa nas condições de estresse hídrico, como pôde-se observar no tratamento MA, favorecendo a exposição do solo e

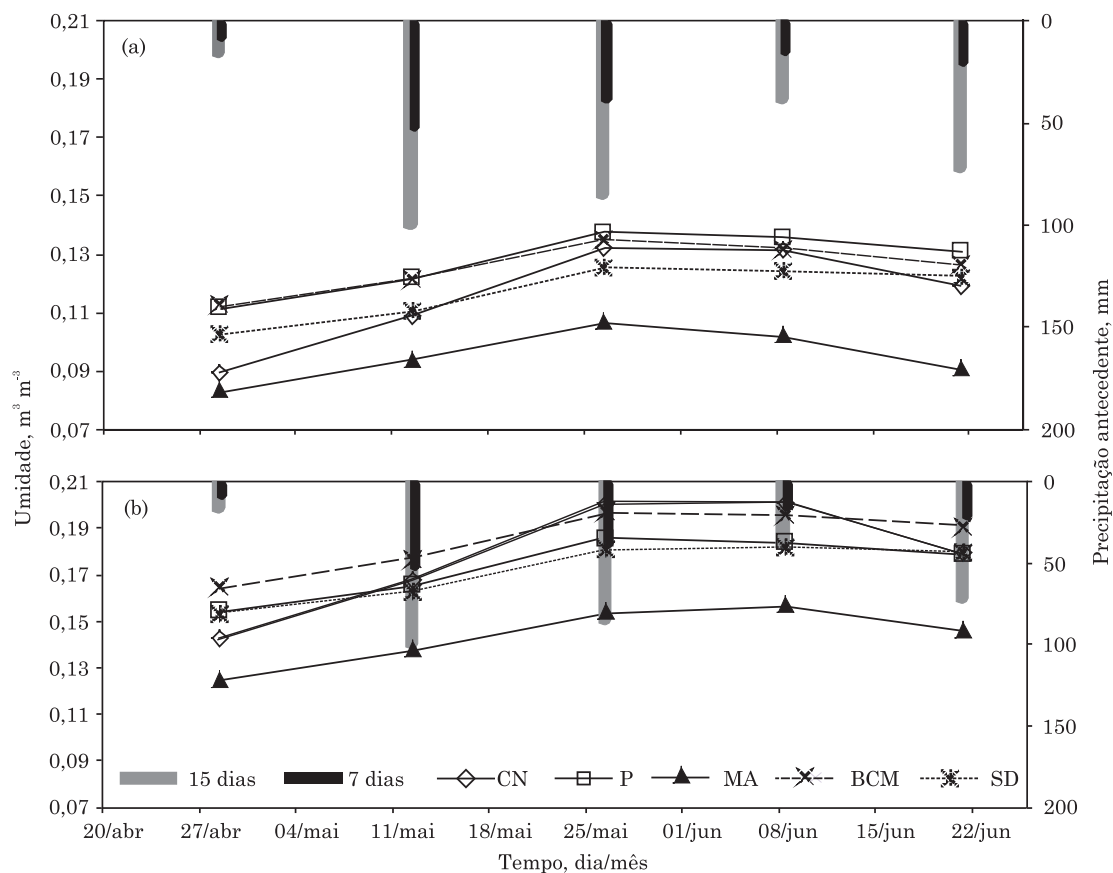


Figura 4. Média móvel da umidade do solo para os tratamentos e precipitação antecedente de 7 e 15 dias, no período de abril a julho de 2011, para as profundidades de 20 cm (a) e 40 cm. (b). CN: cobertura natural; P: palma; MA: morro abaixo; BCM: barramento com cobertura morta; e SD: solo descoberto.

Quadro 3. Médias das avaliações agrônômicas realizadas aos 68 e 90 dias após o plantio (DAP), em razão de diferentes tipos de tratamento conservacionista

Tratamento	68 DAP			90 DAP		
	ALT	DC	ALTE	ALT	DC	ALTE
	cm					
BCM	148,93 a	8,38 a	81,40 a	183,27 a	8,49 a	88,27 a
P	137,53 a	7,39 b	81,93 a	170,83 a	7,41 b	84,37 a
MA	69,60 b	6,92 b	5,07 b	139,57 b	6,97 c	57,03 b

BCM: barramento com cobertura morta; P: palma; MA: morro abaixo; ALT: altura do colmo; DC: diâmetro basal do colmo; e ALTE: altura da inserção da primeira espiga. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si, a 5 %, pelo teste de Tukey.

aumentando, assim, as possibilidades de perda de água por escoamento superficial.

No quadro 4, são apresentadas as médias das avaliações agrônômicas realizadas na espiga de milho, em razão de diferentes tipos de cobertura do solo, aos 96 DAP, correspondente à fase de colheita. Verificou-se que tanto o tratamento BCM como o P foram significativamente melhores em relação ao MA. Com isso, observou-se que a utilização das práticas conservacionistas intercepta, direciona e favorece o

aproveitamento da água da chuva, melhorando o potencial produtivo do solo. Não houve diferença significativa entre os tratamentos BCM e P para a avaliação do peso da espiga com (PC) e sem palha (PS), matéria verde (MV) e seca do milho ralado (MS), aos 96 DAP.

As práticas conservacionistas BCM e P possibilitaram valores superiores na umidade do solo, em relação ao MA, nas profundidades de 20 e 40 cm, uma vez que funcionam como barreira ao escoamento

Quadro 4. Médias dos atributos das espigas de milho, em razão de diferentes tipos de cobertura do solo, aos 96 dias após o plantio

Tratamento	DP	DS	FIL	GR	CP	CS	PC	PS	MV	MS
	cm	cm	n ^o	n ^o	cm	cm	g	g	g	g
BCM	18,86 a	13,39 a	30,60 a	452,53 a	29,61 a	18,11 a	382,94 a	200,10 a	112,34 a	26,64 a
P	19,81 a	14,79 a	31,87 a	574,47 a	28,31 a	18,05 a	356,12 a	199,89 a	123,42 a	30,04 a
MA	16,23 a	22,41 a	30,07 a	457,73 a	27,09 a	16,41 a	241,61 b	141,90 b	64,84 b	8,22 b

BCM: barramento com cobertura morta; P: palma; MA: morro abaixo; ALT: altura do colmo; DC: diâmetro basal do colmo; ALTE: altura da inserção da primeira espiga. DP: diâmetro da espiga com palha; DS: diâmetro da espiga sem palha; FIL: número de fileiras de grãos; GR: número de grãos; CP: comprimento da espiga com palha; CS: comprimento da espiga sem palha; PC: peso da espiga com palha; PS: peso da espiga sem palha; MV: peso da matéria verde; e MS: peso da matéria seca do milho ralado. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna não diferem entre si, a 5 %, pelo teste de Tukey.

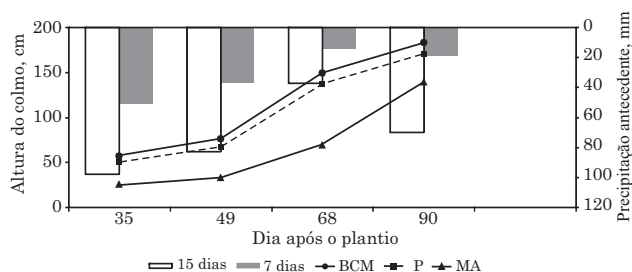


Figura 5. Variação da altura do colmo do milho, durante o ciclo da cultura, para os tratamentos de cobertura com palma (P), plantio morro abaixo (MA) e barramento com cobertura morta (BCM) e da precipitação antecedente (15 e 7 dias) ao monitoramento

superficial, contribuindo com o processo de infiltração da água e possibilitando maior extração de água por meio das raízes das plantas, permitindo assim que o ciclo fenológico da cultura pudesse ser plenamente completado, com reflexos significativos para matéria seca de grãos (MS). A redução no crescimento das plantas, observada na parcela MA, representa um mecanismo de defesa das plantas em condições de estresse hídrico.

O milho cultivado nos tratamentos BCM e P, mesmo apresentando algumas características que não diferiram em relação ao tratamento MA, exibiu condições adequadas para agregar valor ao produto e permitir boa aceitação no mercado *in natura*. Com efeito, Valentini & Shimoya (2008) afirmaram que a espiga deve apresentar grãos tipo dentados (moles) e espigas uniformes, bem empalhadas, que proporcionam melhor proteção aos grãos contra a perda de umidade e maior tempo para comercialização. Já o tratamento MA apresentou valores para MS inferiores em relação aos tratamentos BCM e P, que foram mais sensíveis às práticas conservacionistas utilizadas.

Durante o período experimental (96 DAP), observou-se que a condição de superfície influenciou expressivamente no desenvolvimento da cultura do milho (Figura 5). Verificou-se que a utilização da palma forrageira, do cultivo em nível, do barramento com pedras e da cobertura morta influenciaram no

crescimento da planta, evidenciando-se como práticas vantajosas e economicamente viáveis em vários aspectos para a cultura do milho, principalmente em regiões em que a precipitação é baixa e irregular. Paiva & Araújo (2012) afirmaram que o uso da cobertura morta evita a perda excessiva de água do solo por evaporação, contribuindo assim com as condições adequadas para o desenvolvimento das plantas.

Notou-se que a altura das plantas dos tratamentos BCM e P, aos 68 DAP, foi aproximadamente duas vezes maior em relação ao tratamento MA. Já aos 90 DAP, esses mesmos tratamentos conservacionistas (BCM e P) foram aproximadamente 1,5 vez superior em relação ao tratamento MA. A produtividade da matéria verde de grãos (MV), em kg ha⁻¹, foi de 2950 para o tratamento BCM; de 3240, para P; e 1700, para o MA, enquanto a da matéria seca de grãos foi de 697, 789 e 216 kg ha⁻¹, para os tratamentos BCM, P e MA, respectivamente. Comparando esses valores com a produtividade média para o Estado de Pernambuco, na safra 2011/2012, que foi de 333 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012), verificou-se que os dados para os tratamentos BCM e P foram superiores em 109 e 137 % ao valor referencial do Estado, respectivamente. No entanto, o tratamento MA apresentou redução de 35 % em relação à produtividade média de Pernambuco.

Portanto, observou-se que os valores obtidos das características agrônômicas e da umidade foram expressivamente diferenciados em razão da presença ou ausência das práticas conservacionistas, nos tratamentos analisados.

CONCLUSÕES

1. O cultivo do milho em nível com barramento em pedras, em regiões semiáridas, associado com cobertura morta e também utilizando cordão vegetativo de palma forrageira atua eficientemente no cultivo em sequeiro, contribuindo para melhor aproveitamento da água da chuva, quando comparado ao cultivo morro abaixo, que não deve ser adotado.

2. Os tratamentos conservacionistas possibilitaram maiores incrementos no armazenamento de água no solo durante a maior parte do tempo, em regime sequeiro, promovendo assim maior umidade do solo, nas camadas de 20 e 40 cm de profundidade.

3. A produtividade de grãos dos tratamentos com práticas conservacionistas foi superior em relação ao tratamento com cultivo do milho morro abaixo, no semiárido pernambucano.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. & SMITH, M. Crop and evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma, FAO, 1998. 297p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ANDRADE, A.R.S.; JADOSKI, S.O.; GUERRA, H. C. & GUERRINI, I.A. Influência do tempo de contagem na determinação da densidade de nêutrons. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 5:411-415, 2001.
- BRITO, L.T.L.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A.S. & PEREIRA, L.A. Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. Eng. Agríc., 32:102-109, 2012.
- CAVALCANTI, N.B. & RESENDE, G.M. Avaliação de barreiros e finalidade da água armazenada na região semi-árida da Bahia. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 5:568-570, 2001.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. 11º levantamento. Brasília, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Produção de milho na agricultura familiar. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 42p. (Circular Técnica, 159)
- KIZITO, F.; DRAGILA, M.; SE'NE, M.; LUFABA, A.; DIEDHIOU, I.; DICK, R.P.; SELKER, J.S.; DOSSA, E.; KHOUMA, M.; BADIANE, A. & NDIAYE, S. Seasonal soil water variation and root patterns between two semi-arid shrubs co-existing with Pearl millet in Senegal, West Africa. J. Arid Environ., 67:436-455, 2006.
- LE HOUÉROU, H. N. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. J. Arid Environ., 33:135-159, 1996.
- LYRA, G. B.; SOUZA, J.L.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; MOURA FILHO, G. & ARAÚJO JÚNIOR, R. F. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na Região de Arapiraca-Al. R. Irriga, 15:173-183, 2010.
- MAGALHÃES, P.C. & DURÃES, F.O.M. Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica, 76) Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_76.pdf>. Acesso em: 10 set. 2012.
- MOMOLI, R.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; BORGES, T.K.S.; SANTOS, T.E.M. & MONTEIRO, A.L.N. Avaliação da erosão do solo sob diferentes condições de cobertura e chuva natural no semiárido. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 10., Foz do Iguaçu, 2012. Anais... Foz do Iguaçu, 2012. CD-ROM
- MONTENEGRO, A.A.A. & MONTENEGRO, S.M.G.L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 10:30-37, 2006.
- MONTENEGRO, A.A.A.; ABRANTES, J.R.C.B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P. & SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. Catena, 109:139-149, 2013.
- OLIVEIRA, J.R.; PINTO, M.F.; SOUZA, W.J.; GUERRA, J.G.M. & CARVALHO, D.F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 14:140-147, 2010.
- PAIVA, A.Q. & ARAÚJO, Q.R. Fundamentos do manejo e da conservação dos solos na região produtora de cacau da Bahia. In: VALLE, R.R., ed. Ciência, tecnologia e manejo do cacauero. 2.ed. Brasília, Ceplac/CEPEC/SEFIS, 2012. p.115-134.
- PERES, J.G.; SOUZA, C.F. & LAVORENTI, N.A. Avaliação dos efeitos da cobertura de palha de cana-de-açúcar na umidade e na perda de água do solo. Eng. Agríc., 30:875-886, 2010.
- SANTOS, T.E.M. Dinâmica espacial e temporal da umidade do solo em bacia experimental do semiárido pernambucano. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010. 68p. (Dissertação de Mestrado)
- SANTOS, S.S.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A. & RIBEIRO, R.L.D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. Hortic. Bras., 30:549-552, 2012.
- 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). R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 15:670-679, 2011.
- SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D. & MONTENEGRO, A.A.A. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of the Pernambuco State. R. Bras. Ci. Solo, 34:1733-1741, 2010.
- SAS Institute. The SAS System for Windows: Release version: 6.8. 3.ed. Cary, 1998.
- SHEN, J.Y.; ZHAO, D.D.; HAN, H.F.; ZHOU, X.B. & LI, Q.Q. Effects of straw mulching on water consumption characteristics and yield of different types of summer maize plants. Plant Soil Environ., 4:161-166, 2012.
- SILVA, C.C.F. & SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. R. Elect. Vet. - REDVET, 7:1-13, 2006.
- SILVA, M.A.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; AVANZI, J.C. & LEITE, F.P. Sistemas de manejo em plantios florestais de eucalipto e perdas de solo e água na região do Vale do Rio Doce, MG. Ci. Flor., 21:765-776, 2011.

- SILVA, M.R.R.; VANZELA, L.S.; VAZQUEZ, G.H. & SANCHES, A.C. Influência da irrigação e cobertura morta do solo sobre as características agronômicas e produtividade de milho. Irriga, 170-180, 2012a. (Edição Especial)
- SILVA, J.R.L.; MONTENEGRO, A.A.A. & SANTOS, T.E.M. Caracterização física e hidráulica de solos em bacias experimentais do semiárido brasileiro, sob manejo conservacionista. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 16:27-36, 2012b.
- SOUZA, C.F. & MATSURA, E.E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 6:63-68, 2002.
- SOUZA, C.; ANDRADE, A.P.; LIMA, J.R.S.; ANTONINO, A.C.D.; SOUZA, E.S. & SILVA, I.F. Balanço hídrico da cultura da mamona sob condições de sequeiro. R. Bras. Eng. Agríc. Amb., 17:3-10, 2013.
- VALENTINI, L. & SHIMOYA, A. Informações básicas para a cultura do milho verde. Pesagro - Rio, nº 11, Niteroi - RJ, 2008. Disponível em: <<http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/infonline/online11.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2012.
- WANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.A.; BATISTA, A.M.V.; VÉRAS, A.S.C.; BISPO, S.V.; SILVA, F.M. & SANTOS, V.L.F. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. R. Bras. Saúde Prod. Anim., 13:444-456, 2012.