

## INFLUÊNCIA DA COBERTURA MORTA NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO, COEFICIENTE DE CULTIVO E EFICIÊNCIA DE USO DE ÁGUA DO MILHO CULTIVADO EM CERRADO

HIPÓLITO MURGA-ORRILLO<sup>1</sup>; WELLINGTON FARIAS ARAÚJO<sup>2</sup>; CARLOS  
ABANTO-RODRIGUEZ<sup>3</sup>; ROBERTO TADASHI SAKAZAKI<sup>4</sup>; RICARDO  
MANUEL BARDALES-LOZANO<sup>5</sup> E ANA ROSA POLO-VARGAS<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Auxiliar, Universidad Nacional Autónoma de Chota, (UNACH), Jr. Gregorio Malca N° 875- Campus Colpa Matara, Chota, Perú. leohmurga@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Prof. Dr. Associado da UFRR/CCA, Boa Vista, RR. wellington.araujo@ufr.br

<sup>3</sup>Engenheiro Florestal, Investigador no Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Carretera Federico Basadre, Km 12,400, Yarinacocha, Ucayali, Perú. carforestal24@hotmail.com

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando na UFRR/CCA, Boa Vista, RR. sakazakitadashi@gmail.com

<sup>5</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutorando na UFRR/Bionorte, Boa Vista, RR. rbardaleslozano@yahoo.es

<sup>6</sup>Engenheira Agrônoma, Graduada na Universidad Nacional de Cajamarca, (UNC), Av. Atahualpa N° 1050- Carretera Cajamarca-Baños del Inca, Cajamarca, Perú. polovargas@gmail.com

### 1 RESUMO

A irrigação consome grande quantidade de água, sendo importante um adequado manejo da cultura para minimizar esse consumo, maximizando a produção. No intuito de obter informações para o manejo da irrigação, objetivou-se com o presente trabalho determinar a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) e a eficiência do uso de água (EUA<sub>g</sub>) da cultura de milho, em solo com e sem cobertura, durante os diferentes estádios de desenvolvimento, utilizando lisímetros de drenagem. O experimento foi conduzido no campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima, entre 19/04/2014 e 07/08/2014, em Boa Vista, RR. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada pelo método de Penman-Monteith FAO. Os resultados da ET<sub>c</sub> do milho, durante o ciclo da cultura, em solo sem e com cobertura foram de 421,5 e 351,0 mm, respectivamente. As médias diárias de ET<sub>c</sub> foram de 4,1 mm dia<sup>-1</sup> para solo sem cobertura e 3,4 mm dia<sup>-1</sup> para solo com cobertura. A cobertura do solo propiciou valores diferentes de K<sub>c</sub>'s para o milho, nos mesmos estádios, em comparação aos K<sub>c</sub>'s do solo descoberto. Para o solo descoberto, os K<sub>c</sub>'s observados para os estádios fenológicos I, II, III, e IV, foram de 0,40; 0,84; 1,59 e 0,81, respectivamente. Já para solo com cobertura, os K<sub>c</sub>'s pelos mesmos estádios em menção foram 0,28; 0,64; 1,49 e 0,48, respectivamente. A EUA<sub>g</sub> para solo com cobertura foi 1,77 kg m<sup>-3</sup> e para solo sem cobertura foi 1,65 kg m<sup>-3</sup>. Estes resultados mostram que a cobertura morta no solo influenciou no consumo hídrico do milho durante todo seu ciclo.

**Palavras-chave:** *Zea mays*. Irrigação. Solo coberto. Consumo hídrico.

MURGA-ORRILLO, H.; ARAÚJO, W. F.; ABANTO-RODRIGUEZ C.; SAKAZAKI,  
R. T.; BARDALES-LOZANO R. M.; POLO-VARGAS, A. R.  
MULCH INFLUENCE ON EVAPOTRANSPIRATION, CROP COEFFICIENT AND  
WATER USE EFFICIENCY OF CORN GROWN IN THE SAVANNAH

## 2 ABSTRACT

Irrigation consumes large amounts of water, and minimizing consumption and maximizing the production are important to a proper crop management. In order to obtain information for irrigation management, the aim of the present study was to determine evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), crop coefficient (K<sub>c</sub>) and water use efficiency (WUE) of maize grown in soil with and without cover, during the various stages of development, using drainage lysimeters. The experiment was conducted in Cauamé campus of the Federal University of Roraima, from 19/04/2014 to 08/07/2014, in Boa Vista, RR. The reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) was estimated by the Penman-Monteith method. The results of the corn ET<sub>c</sub> during the crop cycle in soil with and without coverage were 421.5 and 351.0 mm, respectively. The daily average of ET<sub>c</sub> were 4.1 mm day<sup>-1</sup> for bare soil and 3.4 mm day<sup>-1</sup> for soil with cover. The ground cover led to different values of K<sub>c</sub>'s for corn in the same stages as compared to K<sub>c</sub>'s from the bare ground. For bare soil, the K<sub>c</sub>'s observed for the phenological stages I, II, III, and IV were 0.40; 0.84; 1.59 and 0.81, respectively. As for covered soil, the K<sub>c</sub>'s in the same stadiums mentioned were 0.28; 0.64; 1.49 and 0.48, respectively. The WUE to soil with cover was 1.77 kg m<sup>-3</sup> and ground without cover was 1.65 kg m<sup>-3</sup>. These results show that soil mulching influences maize water consumption throughout its cycle.

**Keywords:** *Zea mays*. Irrigation. Ground covered. Water consumption.

## 3 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos cereais mais amplamente cultivados e utilizados no mundo, devido a sua extensa aplicação, principalmente na alimentação humana, ração animal, bicomustível (MELO et al., 2010; SANTOS et al., 2014), e na indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis (MARTINS, 2013). A produtividade média do milho no Brasil, considerando o ano agrícola de 2014, foi de 5.170 kg ha<sup>-1</sup>, de 2.700 kg ha<sup>-1</sup> para a região Norte e 2.483 kg ha<sup>-1</sup> para Roraima (IBGE, 2015). Estas variações na produtividade podem ser atribuídas as diferenças nas condições de cultivo e de manejo, especialmente no manejo de água e nutrientes.

Em Roraima, as precipitações pluviárias concentram-se de abril a setembro, período em que é realizado a maioria dos cultivos; entretanto, mesmo nesse período pode ocorrer o aparecimento de veranicos, podendo ocasionar perdas de produtividade às culturas (ARAUJO et al., 2001).

Nesse contexto, a irrigação e o emprego de técnicas de manejo para aumentar a eficiência do uso da água e, conseqüentemente, minimizar as perdas hídricas pelas culturas devem ser adotadas para bons rendimentos. Dentro dessas técnicas, destaca-se o uso da cobertura do solo.

A cobertura do solo com materiais sintéticos ou orgânicos tem trazido benefícios para a agricultura, pela maior proteção contra erosão, menor amplitude térmica, aumento da atividade microbiana, além da maior conservação de água e nutrientes (SAMPAIO; ARAUJO, 2001). Notadamente, há diminuição da evaporação, devido a cobertura do solo, com destaque, principalmente na fase inicial da cultura; entretanto, pode apresentar a desvantagem de interceptar e armazenar parte da água precipitada pela chuva ou irrigação, sendo posteriormente perdida por evaporação (SILVA et al., 2006; LYRA et al., 2010).

Pesquisas envolvendo o uso de cobertura do solo na cultura do milho podem ser encontrados na literatura, visando o conhecimento do consumo de água pela cultura (PETRY et al., 2007) e o coeficiente de cultivo do milho nas várias fases fenológicas (ALVES, 2013; SANTOS et al., 2014). Entretanto, os trabalhos apresentam resultados diferentes a depender das condições edafoclimáticas locais, do cultivar e do sistema de irrigação utilizado. Nesse sentido, o conhecimento do consumo hídrico e do coeficiente de cultivo sob as condições locais pode contribuir para o dimensionamento de projetos de irrigação e o manejo da cultura irrigada, minimizando os recursos hídricos e maximizando a produção.

Assim objetivou-se com o presente trabalho determinar a evapotranspiração da cultura (ETc), os coeficientes de cultivo (Kc) nas várias fases fenológicas e a eficiência do uso de água (EUA<sub>g</sub>) do milho híbrido BRS 1010, nas condições edafoclimáticas de Boa Vista, Roraima, em solo com e sem cobertura morta, usando o método de Penman-Monteith FAO na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os dias 19/04/2014 e 07/08/2014, em Boa Vista, Roraima, campus Cauamé, pertencente a Universidade Federal de Roraima, cujas coordenadas geográficas de referência são: 2° 52'17" N de latitude, 60° 42'46" W de longitude a 90 m de altitude.

Segundo Araujo et al. (2001), o clima da região é do tipo *Aw*, a temperatura média do ar é de 27,4 °C; a evaporação média anual é de 1.940,3 mm; a umidade relativa média é de 74% e a pluviosidade média anual é de 1.685,6 mm; com uma estação chuvosa, de abril a setembro, e outra seca, de outubro a março. Abaixo na (Tabela 1), apresenta-se os valores médios climáticos obtidos durante os meses de experimentação.

**Tabela 1.** Condições ambientais durante o desenvolvimento dos estádios fenológicos do milho. Boa Vista, Roraima, 2014

Mês	Rn (Wm <sup>-2</sup> )	Pp (mm)	U <sub>2</sub> (ms <sup>-1</sup> )	Tm (°C)	UR (%)
Abr	180,4	34,0	2,4	28,5	65,6
Mai	189,1	67,0	2,1	28,5	67,9
Jun	158,7	406,8	0,9	26,3	83,5
Jul	190,7	288,2	1,0	26,6	80,3
Ago	188,3	273,6	1,0	26,6	81,0
Média	181,4	-	1,5	27,3	75,7

Rn - somatória da radiação solar; Pp - precipitação acumulada; U<sub>2</sub> - Velocidade média do vento; Tm - Temperatura média do ar; UR - umidade relativa média do ar.

A área total do experimento foi de 140,94 m<sup>2</sup> (14,50 m x 9,72 m), onde foram instalados dois lisímetros de drenagem, cuja rede de drenagem, foi um tubo de PVC de 32 mm de diâmetro, com prolongação de 7,0 m até um registro. Os lisímetros foram preenchidos na ordem de uma camada de 0,10 m de pedregulho, um geotecido de 5,5 mm, e finalmente a terra obedecendo aos perfis originais do solo do local. A área de cada lisímetro foi de 1,60 m<sup>2</sup>, por 0,74 m de profundidade, fazendo uma área total cultivada de 75,69 m<sup>2</sup> (14,50 m x 5,22 m), devido à ampla bordadura, evitando a advecção de calor sensível e efeito oásis na área interna dos lisímetros.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo Distrófico, textura média (Tabela 2). Antes do plantio foi realizada a calagem de acordo com a análise de solo e a necessidade da cultura. A adubação de plantio constituiu-se de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N, 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, com duas adubações complementares de cobertura de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, à emissão da quarta e oitava folha, respectivamente. Utilizou-se como fonte a ureia, superfosfato simples e o cloreto de potássio.

**Tabela 2.** Características físicas e químicas do solo do experimento na camada de 0,0-0,2 m de profundidade

Prof. (m)	pH	Complexo sortivo <sup>(1)</sup>								V	m	P	C
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	S	t	T				
		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								----- % -----		mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>
0-0,2	5,18	0,81	0,25	0,02	1,6	2,26	1,08	2,68	3,34	32,34	59,70	5,05	10,01

<sup>(1)</sup> pH em água (1:2,5); Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>: extrator KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup> e P: extrator mehlich-1; H+Al: extrator SMP; M.O.: matéria orgânica – oxidação Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10N; S: soma de bases trocáveis; t: capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: índice de saturação por bases; m: índice de saturação por alumínio.

O espaçamento de semeadura foi de 0,8 m entre linhas e 6 sementes por metro linear, resultando numa população final de 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As sementes do milho utilizadas foram o híbrido simples BRS 1010. Após a semeadura, o experimento foi dividido em duas áreas iguais de 37,85 m<sup>2</sup> (7,25 m x 5,2 m) cada, onde contendo um lisímetro e bordadura: área 1 com lisímetro sem cobertura no solo (Figura 1a), e área 2 com cobertura morta no solo (Figura 1a) de 0,05 m de espessura feitas com palhas secas de milho cortado em fragmentos de 0,10 m de comprimento.

Ao final do experimento, o milho foi colhido de forma manual e determinada a umidade dos grãos. A produção por área foi obtida, procedendo-se a correção da umidade dos grãos para 13%, e posteriormente, feita a estimativa da produtividade em kg ha<sup>-1</sup>.

A estimativa da ETo, em mm dia<sup>-1</sup>, foi determinada pelo método de Penman-Monteith FAO (ALLEN et al., 1998), cujos dados foram obtidos da Estação Meteorológica Automática, modelo *Imetos*, instalada a 500 m do experimento. Na estimativa da ETo utilizou-se a Eq. 1.

$$ETo^{PM} = 0,408\Delta(R_a - G) + \gamma \left( \frac{900}{T} + 273 \right) U_2 (e_s - e_a) / \Delta + \gamma(1 + 0,34U_2) \quad (1)$$

Em que: ETo<sup>PM</sup> - evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>); R<sub>a</sub>- radiação no topo da atmosfera (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); G - fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>); T - temperatura do ar a 2 m de altura (°C); U<sub>2</sub> - velocidade média diária do vento à altura de 2 m (m s<sup>-1</sup>); (e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>) - déficit de pressão de vapor (kPa); Δ - declividade da curva de pressão de vapor de saturação (kPa °C<sup>-1</sup>); γ - Constante psicrométrica (kPa °C<sup>-1</sup>).

A estimativa da ETc foi determinada a partir do balanço hídrico, que tem seu fundamento na lei da conservação das massas, seguindo a equação (Eq. 2) apresentada por Reichardt (1985).

$$P + I - D - ETc = \pm \Delta h \quad (2)$$

Em que: P - precipitação natural (mm); I - irrigação (mm); D - drenagem profunda (mm); ETc - evapotranspiração da cultura (mm);  $\Delta h$  - variação da armazenagem da água no solo dentro dos lisímetros (mm).

Durante a condução do experimento, a área foi irrigada por um sistema de irrigação de aspersão convencional, com lâmina média de água de  $9 \text{ mm h}^{-1}$  e frequência de rega a cada dois dias, nas horas do dia de menor velocidade do vento. Quando ocorria precipitação natural, a irrigação foi complementar em alguns casos ou suspensa em função da quantidade precipitada. O tempo de irrigação era definido em função da intensidade de precipitação gerada pelos aspersores e da umidade do solo nos lisímetros. Nesse sentido, a lâmina de irrigação era calculada conforme a expressão 3, sendo que a lâmina de irrigação ( $\vartheta$ ) era estimada pela diferença de leitura da umidade do solo a capacidade de campo ( $\theta_{cc} = 0,3 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) subtraído da umidade do solo antes da irrigação, obtido por meio da leitura do medidor eletrônico de umidade do solo HydroFarm 2010 (Falker automação agrícola, Porto Alegre, RS), que utiliza a medição da umidade pelo sistema de impedância do solo em alta frequência.

A lâmina de irrigação foi obtida pela Eq. 3.

$$\vartheta = (\theta_2 - \theta_1)Z ef^{-1} \quad (3)$$

Em que:  $\vartheta$  - lâmina de irrigação, mm;  $\theta_2$  - a umidade média no solo na capacidade de campo ( $\theta_{cc} = 0,3 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ );  $\theta_1$  - a umidade média no solo em volume antes da irrigação; Z - profundidade adotada no balanço (mm), 500 mm;  $ef^{-1}$  - eficiência do sistema de irrigação, adotado 70%.

A água drenada em cada lisímetro era coletada em baldes com capacidade para 20 L, sendo, posteriormente, convertidos em mm.

A variação da armazenagem da água no solo ( $\Delta h$ ) dentro de cada lisímetro foi contabilizada pela Eq. 4.

$$\Delta h = (\theta_2 - \theta_1) Z \quad (4)$$

em que:  $\Delta h$  - variação de armazenamento de água no solo, mm;  $\theta_2$  - a umidade média no solo em volume do dia anterior;  $\theta_1$  - a umidade média no solo em volume no ano dia da irrigação; Z - profundidade do sistema radicular, mm.

Para a obtenção da profundidade do sistema radicular abordado na equação anterior, um sulco ao lado de uma planta, na área de bordadura, foi feito procedendo-se, então, a medição de sua profundidade. Tal procedimento ocorreu cada 7 dias na fase vegetativa e cada 15 dias na fase reprodutiva da cultura.

Valores diários de ETc e ETo foram utilizados para a estimativa do Kc, calculando-se Kc's pelos diferentes estádios fenológicos do milho, pela equação (Eq. 5) apresentada por Doorenbos; Pruitt (1977):

$$Kc = ETc/ETo \quad (5)$$

Em que: Kc - coeficiente de cultivo; ETc - evapotranspiração da cultura (mm); ETo - evapotranspiração de referência (mm).

Para determinar os valores de Kc do milho (*Zea mays* L.) híbrido BRS 1010, o ciclo da cultura foi dividido em quatro subperíodos de desenvolvimento conforme recomendado pela FAO, decididos por meio de observações em campo e acompanhamento do crescimento da cultura, considerando as seguintes fases: Inicial (I): do plantio até 10% de cobertura do solo (semeadura-emergência). Desenvolvimento (II): do final da fase inicial até 80% da cobertura do solo (pendoamento-florescimento). Intermediária (III): de 80% de cobertura do solo até o início da maturação dos grãos, (produção-enchimento dos grãos). Final (IV): do início da maturação até a colheita (maturação-colheita). Observa-se na Figura 1 imagens dos subperíodos da cultura durante seu desenvolvimento.

**Figura 1.** Lisímetros de drenagem com a cultura do milho nos estádios de desenvolvimento: a) Inicial (10% de cobertura), b) Desenvolvimento (70% da cobertura do solo), c) Intermediária (início da maturação dos grãos), d) Final (maturação). Boa Vista-RR, 2014.



Para calcular a eficiência do uso de água ( $EUA_g$ ), determinou-se a produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das 12 plantas de milho que continham cada lisímetro e a quantidade de água consumida pela cultura nas áreas dos lisímetros (Figura 1a). A  $EUA_g$  foi obtida por meio da Eq. 6, de acordo com Lima et al. (2011):

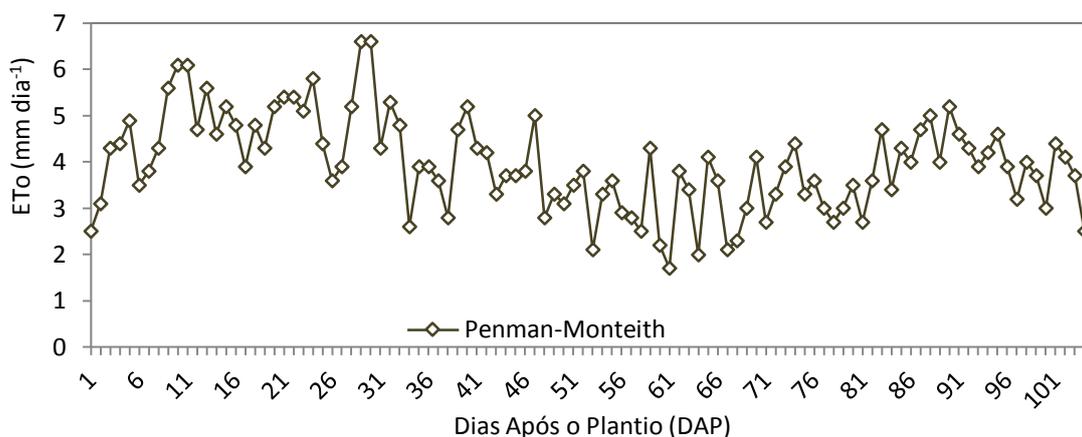
$$EUA_g = \frac{Pd}{ET_c} * 0,1 \quad (6)$$

em que:  $EUA_g$ - eficiência do uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ ); Pd- Produção de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ );  $ET_c$ - Evapotranspiração da cultura (mm). O fator 0,1 foi usado para transformar os resultados da  $EUA_g$  para  $\text{kg m}^{-3}$ .

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 2, o comportamento dos valores da evapotranspiração de referência obtidos pelo método de estimativa, Penman-Monteith FAO ( $ET_o^{PM}$ ), os quais ao longo do desenvolvimento do milho variaram entre 1,7 e 6,6  $mm\ dia^{-1}$ . Os valores acumulados da  $ET_o^{PM}$  por estágio de desenvolvimento do milho foram de 53,3; 147,0; 148,6 e 63,3 mm, totalizando 412,2 mm para todo o ciclo da cultura (Tabela 3). A média geral da  $ET_o^{PM}$  foi 4,0  $mm\ dia^{-1}$ .

**Figura 2.** Valores médios da  $ET_o$  ( $mm\ dia^{-1}$ ) por Penman-Monteith FAO ( $ET_o^{PM}$ ) ao longo dos Dias Após o Plantio. Boa Vista-RR, 2014.



**Tabela 3.** Duração dos estádios fenológicos do milho BR1010 para os diferentes estádios inicial (I), crescimento (II), reprodutivo (III) e final (IV) e a evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith FAO ( $ET_o^{PM}$ ), Boa Vista-RR, 2014

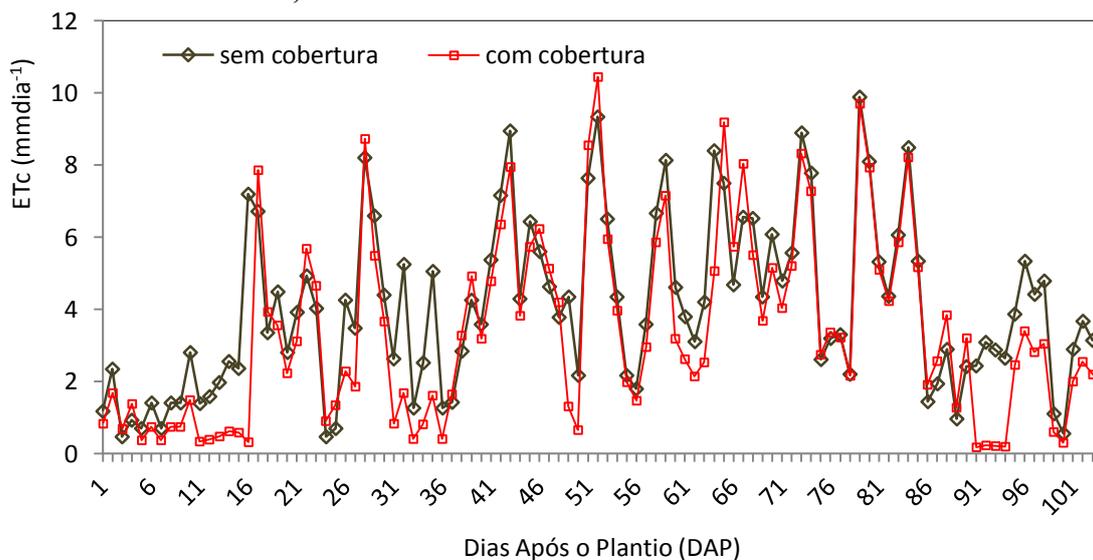
Parâmetros	Estádios fenológicos				Total
	I	II	III	IV*	
Duração (dias)	12	32	44	16	104
$ET_o^{PM}$ (mm)	53,3	147,0	148,6	63,3	412,2
$ET_o^{PM}$ ( $mm\ dia^{-1}$ )	4,4	4,6	3,4	4,0	4,0

\*I: do plantio até 10% de cobertura do solo; II: do final do estágio I até 80% de cobertura do solo; III: de 80% de cobertura do solo até o início da maturação; IV: do início da maturação até a colheita.

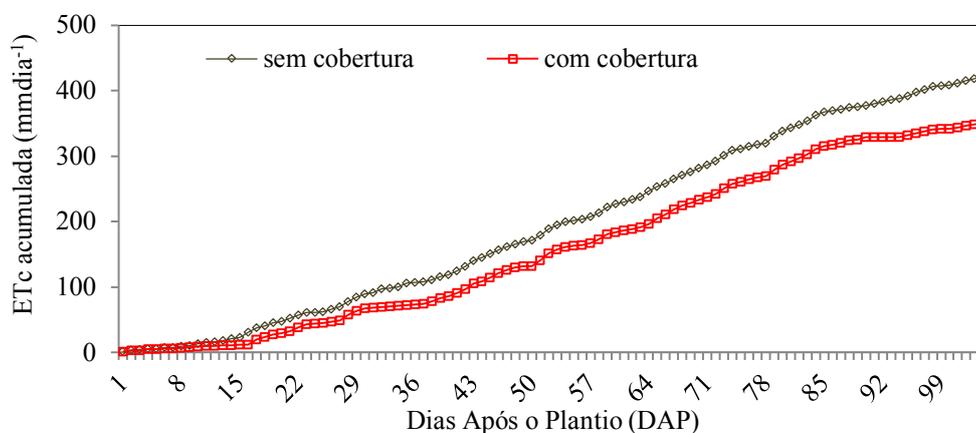
Os resultados de evapotranspiração da cultura de milho obtidos em condições de solo sem cobertura morta ( $ET_{csc}$ ) e em solo com cobertura morta ( $ET_{ccc}$ ) apresentam mesma tendência de comportamento (Figura 3). Entretanto, os valores de  $ET_{ccc}$  mostraram-se inferiores aos valores do solo descoberto desde os instantes iniciais de cultivo até o fim do ciclo da cultura (Figura 3 e Figura 4). Os valores da  $ET_c$  pelo ciclo do milho (Tabela 4) em solo com e sem cobertura foram 351,0 e 421,5 mm respectivamente, estimou-se nestes valores que o consumo em solo sem cobertura foi 16,7% maior ao consumo em solo coberto. Estes resultados mostram que a cobertura morta no solo influenciou no consumo hídrico da cultura de milho durante todo seu ciclo. Supostamente, a palhada promoveu uma barreira mecânica e térmica ao solo, propiciando uma melhor conservação da água e reduzindo as perdas por evapotranspiração. Similar aos resultados, Lyra et al. (2010), em Arapiraca, AL, trabalhando com milho BR 106, determinaram uma evapotranspiração no sistema convencional maior em 35% que no sistema com cobertura do solo na entre linha de cultivo. A variação na

evapotranspiração pela cobertura morta pode ser atribuída ao fato de que a cobertura inicialmente atua como uma barreira mecânica reduzindo a incidência de luz, a amplitude térmica nas camadas superficiais no solo e evitando a evaporação direta para a atmosfera (OLIVEIRA, 2011), posteriormente no processo de decomposição dos resíduos vegetais, a matéria orgânica fornece nutrientes e aumenta a disponibilidade de água no solo (SILVA, 2012). Silva et al. (2006) comentam inclusive que a capacidade de reter maior umidade pode variar com o material utilizado na cobertura e com a espessura dessa camada, o que pode influenciar também na dinâmica de uso de água pela planta. Contrariamente, Petry et al. (2007) encontraram maior consumo de água pelo milho no sistema convencional em comparação ao cultivo em semeadura direta e tal diferença foi atribuída a maior área foliar das plantas daquele sistema em relação a este. O sistema de semeadura direta não remove o solo, e os resíduos vegetais presentes formam cobertura morta ocasionando uma menor evaporação. Entretanto, esse fator pode variar em função do clima e das características do solo, principalmente textura e estrutura. Além disso, o maior armazenamento de água no solo pode não representar maior disponibilidade de água à cultura pelas limitações físicas do solo, causando, conseqüentemente, restrições ao sistema radicular das plantas (PETRY et al. 2007).

**Figura 3.** Valores médios comparados da ET<sub>c</sub> de milho em condições com cobertura morta (ET<sub>c<sub>cc</sub></sub>) e sem cobertura morta (ET<sub>c<sub>sc</sub></sub>) no solo ao longo dos Dias Após o Plantio. Boa Vista-RR, 2014.



**Figura 4.** ETc acumulada da cultura do milho, para condições sem cobertura morta (ETc<sub>sc</sub>) e com cobertura morta (ETc<sub>cc</sub>) no solo ao longo dos Dias Após o Plantio. Boa Vista, RR, 2014.



Trabalhos que envolvem o consumo de água pelo milho cultivado de forma convencional são mais comuns. Alves (2013), trabalhando com milho var. Potiguar, na Chapada do Apodi, RN, determinou um consumo de 480,8 mm, para um ciclo da cultura de 107 dias. Santos et al. (2014), trabalhando com 'milho verde' em Mossoró, RN, determinaram um consumo de 300,5 mm para um ciclo 77 dias. Esses valores variam em função do cultivar, condições edafoclimáticas, espaçamento e até do sistema de irrigação adotado nos experimentos.

**Tabela 4.** Duração dos estádios fenológicos, inicial (I), crescimento (II), reprodutivo (III) e final (IV) da cultura do milho, ETc sem cobertura (ETc<sub>sc</sub>) e com cobertura (ETc<sub>cc</sub>) no solo. Boa Vista-RR, 2014

Parâmetros	Estádios fenológicos				Total
	I	II	III	IV*	
Duração (dias)	12	32	44	16	104
ETc <sub>sc</sub> (mm)	17,3	122,0	231,4	50,8	421,5
ETc <sub>sc</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )	1,4	3,8	5,3	3,2	4,1
ETc <sub>cc</sub> (mm)	10,0	92,5	218,9	29,8	351,0
ETc <sub>cc</sub> (mm dia <sup>-1</sup> )	0,8	2,9	5,0	1,9	3,4

\* I: do plantio até 10% de cobertura do solo; II: do final do estágio I até 80% de cobertura do solo; III: de 80% de cobertura do solo até o início da maturação; IV: do início da maturação até a colheita.

Outras pesquisas apresentaram valores diferentes da ETc observadas no trabalho. Soares e Klar (2006), em Botucatu, SP, avaliando quatro lisímetros a profundidades do lençol freático de 50, 60, 70 e 80 cm, obtiveram valores de 244,7; 276,6; 251,8 e 219,2 mm respectivamente. Souza et al. (2010), em Arapiraca, AL, avaliaram o consumo hídrico pelas épocas de semeadura de 06/05, 19/05, 10/06 e 30/06, determinou valores de 381,65; 386,6; 385,42 e 434,35 mm respectivamente. Essa variação de evapotranspiração pode ser atribuída a cultivar utilizada, ao tipo de manejo adotado, condições climáticas e a densidade populacional das plantas (MATZENAUER, BERGAMASCHI E BERLATO 1998).

As médias gerais da ETc durante o ciclo do milho foram de 4,1 mm dia<sup>-1</sup> em solo sem cobertura e de 3,4 mm dia<sup>-1</sup> para o solo com cobertura (Tabela 4). Lyra et al. (2010) realizaram uma pesquisa com milho BR 106, em Arapiraca, em solo com e sem cobertura

morta e obtiveram médias pelo ciclo da cultura da  $ET_{csc}$  de  $2,9 \text{ mm dia}^{-1}$  e da  $ET_{ccc}$  de  $1,9 \text{ mm dia}^{-1}$ . Outros trabalhos em milho em solo sem cobertura, determinaram valores análogos da  $ET_{csc}$ , Souza, Lima e Carvalho (2012), em Seropédica, RJ, com milho cv. Eldorado, verificaram média geral de  $3,46 \text{ mm dia}^{-1}$ , Alves, (2013), em Chapada do Apodi, RN, com milho var. Potiguar, obtivera um valor de  $4,85 \text{ mm dia}^{-1}$ .

A  $ET_{csc}$  nos estádios fenológicos do milho I, II, III, e IV, foram de 1,4; 3,8; 5,3 e  $3,2 \text{ mm dia}^{-1}$ , respectivamente, com valor máximo de  $5,3 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio III, e mínimo de  $1,4 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio I. Ao mesmo tempo os valores da  $ET_{ccc}$  foram 0,8; 2,9; 5,0 e  $1,9 \text{ mm dia}^{-1}$ , sendo os máximo e mínimo de  $5,0 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio III, e  $0,8 \text{ mm dia}^{-1}$  no estágio I, respectivamente.

**Tabela 5.** Estádios fenológicos: inicial (I), crescimento (II), reprodutivo (III) e final (IV), Kc's médios em solo sem cobertura ( $K_{csc}$ ) e com cobertura ( $K_{ccc}$ ), e desvio-padrão (DP), obtidos pelo método Penman-Monteith, Boa Vista-RR, 2014

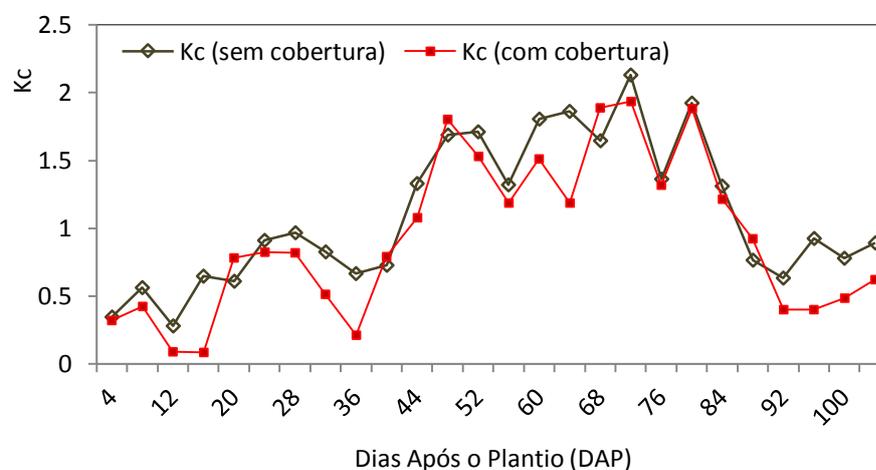
Estádios	Dias	$K_{csc}$	DP	$K_{ccc}$	DP
I*	12	0,40	0,15	0,28	0,17
II	32	0,84	0,24	0,64	0,34
III	44	1,59	0,38	1,49	0,35
IV	16	0,81	0,13	0,48	0,10

\* I: do plantio até 10% de cobertura do solo; II: do final do estágio I até 80% de cobertura do solo; III: de 80% de cobertura do solo até o início da maturação; IV: do início da maturação até a colheita.

Os resultados das variações dos valores dos Kc's médios em solo com cobertura morta ( $K_{ccc}$ ) e sem cobertura morta ( $K_{csc}$ ) apresenta-se para os diferentes estádios de desenvolvimento e ciclo do milho na Tabela 5 e Figura 5.

Considerando os estádios de desenvolvimento e valores dos Kc's da cultura de milho apresentado na Tabela 5, para condições de solo com e sem cobertura morta, obteve-se diferenças percentuais. Deste modo determinou-se que os Kc's estimados em solo sem cobertura foram maiores em 29,9; 23,6; 6,6 e 40,9% aos Kc's estimados em solo coberto.

**Figura 5.** Variações dos  $K_{csc}$  e  $K_{ccc}$  obtidos pela estimativa da ETo do método Penman-Monteith FAO ao longo dos Dias Após o Plantio.



Resultados similares de Kc's aos apresentados na Tabela 5 foram obtidos por outros autores para solo sem cobertura em milho sob irrigação. Alves (2013) trabalhou com milho var. Potiguar em Apodi, RN, e obteve valores médios do Kc de 0,72; 1,11; 1,49 e 1,09 para estádios de 25, 28, 23, e 32 dias, com ciclo da cultura de 108 dias. Souza, Lima e Carvalho (2012), em Seropédica-RJ, obtiveram valores de 0,76; 0,82; 1,04; 0,58 para estádios de duração de 18, 34, 57, e 10 dias e ciclo total de 115 dias. Do mesmo modo Santos et al., (2014), em Mossoró-RN, avaliaram milho verde AG 1051, os Kc's encontrados foram 0,50; 0,64; 1,12 e 1,11 para estádios de 16, 20, 27, 14 dias, com ciclo da cultura de 77 dias. Esta diferença de Kc's e de fases fenológicas deve-se a cultivar utilizada, formas de cultivo, densidade de plantas e, sobretudo, as condições climáticas, que interferem diretamente no ciclo fenológico da cultura.

A produtividade estimada do milho foi de 6.955,9 kg ha<sup>-1</sup> na área sem cobertura no solo, e 6.228,5 kg ha<sup>-1</sup> na área com solo coberto. Os valores obtidos foram maiores que a média nacional registrada em 2014 que foi de 5.170 kg ha<sup>-1</sup> e a média de Roraima que foi de 2.483 kg ha<sup>-1</sup> no mesmo ano (IBGE, 2015). O rendimento também foi similar aos obtidos pelo cultivar durante os testes efetuados na região para sua recomendação que foi de 6.359 kg ha<sup>-1</sup> (VILARINHO, 2007).

A eficiência no uso de água (EUA<sub>g</sub>) para solo com cobertura foi 1,77 kg m<sup>-3</sup>, sendo 6,8% maior que para solo sem cobertura, o qual teve um valor da EUA<sub>g</sub> de 1,65 kg m<sup>-3</sup>. Esta diferença porcentual de EUA<sub>g</sub> foi devido, principalmente, a influência da cobertura morta na evapotranspiração do milho. Moreira et al. (2011), em Sete Lagoas-MG, trabalhando com milho verde, no sistema de plantio direto, utilizaram 0%, 50%, 100% níveis de cobertura no solo, obtiveram valores da EUA<sub>g</sub> de 3,2; 4,0 e 4,9 kg m<sup>-3</sup> respectivamente. Já em condições de solo sem cobertura, Souza et al. (2011), trabalhando em sistemas de cultivos exclusivos e consorciados de milho e feijão-caupi, submetidos a diferentes lâminas de irrigação (0%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETo), encontraram no milho exclusivo valores da EUA<sub>g</sub> de 46,3; 58,6; 67,8; 72,5; e 77,3 kg m<sup>-3</sup> respectivamente, nas condições do município de Petrolina (PE). Também Minuzzi; Lopes (2015) estimaram valores da EUA<sub>g</sub> do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil, encontraram para as condições atuais valores de 2,8 kg m<sup>-3</sup> (Catalão-GO), 2,61 kg m<sup>-3</sup> (Rio Verde-GO), 2,99 kg m<sup>-3</sup> (Ponta Porã-MS), 2,91 kg m<sup>-3</sup> (Invinhema-MS), e 2,43 kg m<sup>-3</sup> (Diamantino-MT).

## 6 CONCLUSÕES

O milho híbrido BRS 1010 cultivado em solo com cobertura morta apresenta menores valores de evapotranspiração e coeficiente de cultivo quando comparado aos valores obtidos quando cultivado em solo descoberto.

Os valores da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo da cultura de milho híbrido BRS 1010, determinados em solo com cobertura morta, nas condições edafoclimáticas do estado de Roraima, podem ser utilizados no planejamento da irrigação da cultura visando à otimização de uso do recurso hídrico.

A eficiência de uso de água do milho em solo coberto foi superior em 6,8% com relação ao solo sem cobertura.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Processo 575587/2008-3) e ao Banco Santander pelo auxílio financiamento à pesquisa.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998, 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES, A. S. **Necessidades hídricas da cultura do milho sob irrigação suplementar nas condições edafoclimáticas da Chapada do Apodi.** 66 f. Dissertações em Irrigação e Drenagem -Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JUNIOR, A. S. D.; MEDEIROS, R. D. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. 2. ed. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil – FEV. 2015/** [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa\\_201502.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/lspa_201502.pdf) - Rio de Janeiro: IBGE. Acesso em: 9/4/2015.
- LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; LIRA, C. A. B. O; SOUZA, E. S.; SILVA, I. D. F. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão-caupi sob condições de sequeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 65-74, 2011.
- LYRA, G. B.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; MOURA FILHO, G.; FERREIRA JUNIOR, R. A. Conteúdo de água no solo em cultivo de milho sem e com cobertura morta na entrelinha na região de Arapiraca. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 2, p.173-183, 2010.
- MARTINS, J. D. **Modelagem técnica e econômica da irrigação deficitária para diferentes métodos de aplicação de água na cultura do milho.** 2013. 157 f. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola -Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração da cultura do milho. II-Relações com a evaporação do tanque classe “A”, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1998.
- MELO, T. M.; WOTTRICH, I.; LOUZADA J. A. E HELFER, F. Avaliação do atendimento da demanda hídrica da cultura do milho através da subirrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 4, p. 226-233, 2010.
- MINUZZI, B. R.; LOPES, Z. F. Desempenho agrônômico do milho em diferentes cenários climáticos no Centro-Oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.8, p.734–740, 2015.

MOREIRA, A. M. J. A.; STONE, L. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Eficiência de uso de água pela cultura do milho (*Zea mays*) em função da cobertura do solo pela palhada no sistema plantio direto. **Cadernos de Agroecologia**, Fortaleza, v 6, n. 2, p. 1-3, 2011.

OLIVEIRA, F. M. D. **Fontes e doses de adubação orgânica no cultivo da mamoneira irrigada com e sem cobertura morta**. 2011. 92 f. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

PETRY, M. T.; ZIMMERMANN, F. L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C. J.; KUNZ, J. H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.31, n.3, p. 531-539. 2007

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera – Conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, p.478, 1985.

SAMPAIO, R. A.; ARAÚJO, W. F. Importância da Cobertura Plástica do Solo sobre o Cultivo de Hortaliças. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 22, n.1/2, 2001.

SANTOS, W. D. O; SOBRINHO, J.E.; MEDEIROS, J.F.; MOURA, M.S.B.; NUNES, R.L.C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014.

SILVA, F. A. M.; PINTO, H.S.; SCOPEL, E.; CORBEELS, M.; AFFHOLDER, F. Dinâmica da água nas palhadas de milho, milheto e soja utilizadas em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.5, p 717-724, 2006.

SILVA, J. J. D. N. **Dotações hídricas e cobertura morta na cultura da mamona em Neossolo Flúvico no semiárido pernambucano**. 2012. 81 f. Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

SOARES, M. C. F.; KLAR, A. E. Avaliação do desempenho de um conjunto de lisímetros com uma cultura de milho (*Zea Mays* L.). **Irriga**, Botucatu, v. 6, n. 2, p. 90-99, 2006.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.7, n. 1, p. 142-149, 2012.

SOUZA, J. L.; MEDEIROS, R. P.; LYRA, G. B.; FERREIRA JÚNIOR, R. A.; TEODORO, I.; BRITO, J. E. D. Evapotranspiração do milho em quatro épocas de semeadura, na região de Arapiraca, Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010. 1 CD-ROM

SOUZA, L. D.; MOURA, M. D.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. D. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 715-721, 2011.

VILARINHO, A.A. **Dois novas opções de milho híbrido para Roraima: BRS 1010 e BRS 3003**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_2/MilhoHibrido/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/MilhoHibrido/index.htm)>. Acesso em: 9/4/2015.