

COEFICIENTES DE CULTIVO E NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA DO MILHO VERDE NAS CONDIÇÕES DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS¹; JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO²; JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS²; MAGNA SOELMA BESERRA DE MOURA³ E RENATO LEANDRO COSTA NUNES⁴

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN, wesley_ufersa@yahoo.com.br

²Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFERSA, Mossoró, RN, jespínola@ufersa.edu.br; jfmedeir@ufersa.edu.br.

³Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, magna@cptasa.embrapa.br.

⁴ Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, CE, renatoleandro.ce@hotmail.com.

1 RESUMO

O objetivo desse trabalho foi determinar as necessidades hídricas da cultura do milho verde e obter os coeficientes de cultura nas diferentes fases fenológicas. O experimento foi conduzido na fazenda experimental Rafael Fernandes no período de 1 de novembro de 2011 a 16 de janeiro de 2012, localizada na comunidade de Alagoinha, pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada pela equação de Penman-Monteih-FAO e a evapotranspiração da cultura (ET_c) e os coeficientes da cultura (K_c) foram determinados por meio de quatro lisímetros de pesagem e pela metodologia da FAO-56 (K_c dual). A evapotranspiração total da cultura (ET_c) do milho verde foi de 300,54 mm para um ciclo de 77 dias. Os K_c encontrados foram de 0,50; 0,64; 1,12 e 1,11 para as diferentes fases fenológicas, que tiveram duração de 16, 20, 27 e 14 dias respectivamente, para o milho verde AG 1051 irrigado por gotejamento nas condições edafoclimáticas de Mossoró/RN. Os valores dos K_c obtidos podem ser utilizados para o manejo de irrigação do milho verde cultivado em Mossoró/RN no período em que esse estudo foi desenvolvido.

Palavras-chave: evapotranspiração, milho, lisímetro de pesagem.

SANTOS, W. P.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F.; MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C.

CROP COEFFICIENT AND WATER REQUIREMENT OF GREEN MAIZE IN BRAZILIAN SEMI-ARID CONDITIONS

2 ABSTRACT

The objective of this study was to determine water requirement of green maize and crop coefficients in different phenological stages. The experiment was carried out at the Rafael Fernandes experimental farm in Alagoinha, a local community which belongs to the Rural Federal University of the Semi-Arid (UFERSA) from November 1st 2011 to January 16th 2012. Reference evapotranspiration (ET_o) was determined using the Penman-Monteih-FAO equation. Crop evapotranspiration (ET_c) and K_c's were determined by 4 weighing lysimeters and FAO-56 methodology (dual K_c). Total evapotranspiration of the green maize crop

(ETc) was 300.54 mm for a 77-day cycle. Values of kc 's were as follows: 0.50; 0.64; 1.12 and 1.11 for the different phenological phases and time duration of 16, 20, 27 and 14 days respectively, for drip-irrigated AG 1051 green maize in edaphoclimatic conditions of Mossoró/RN. Therefore, kc values obtained in this study can be used for irrigation management of green maize crop grown in Mossoró/RN in the period of this study.

Keywords: Evapotranspiration, maize crop, weighing lysimeters.

3 INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE a produção nacional do milho para o ano de 2014 deverá ser de 76,3 milhões de toneladas, sendo inferior em 5,3% em relação ao ano de 2013 (IBGE, 2011). A participação na produção nacional, para os estados da região Nordeste é de 8,8 % (2.812,1 mil toneladas), sendo Minas Gerais e o Rio Grande do Sul, os estados com maior participação na produção (Perfil do Agronegócio Brasileiro, 2014).

A cultura do milho é explorada em todos os municípios do Estado do Rio Grande do Norte, visando à produção de grãos maduros e do chamado “milho verde”. Contudo, segundo dados da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte) o rendimento médio da cultura nesse estado é extremamente baixo, em torno de 700 kg ha⁻¹, em relação à produção de grãos maduros cultivado em regime de sequeiro a 5.235 kg ha⁻¹ se irrigado (EMPARN, 2012).

Por razões essencialmente econômicas, o milho tem sido plantado principalmente no período chuvoso, uma vez que a cultura demanda um consumo mínimo de 350 a 500 mm para garantir uma produção satisfatória sem necessidade de irrigação. Em condições de clima quente e seco, a cultura do milho raramente excede um consumo de 3 mm dia⁻¹ de água, já no período que vai da iniciação floral à maturação, o consumo pode atingir de 5 a 7 mm dia⁻¹. As maiores produtividades têm ocorrido associadas a consumos de água entre 500 e 800 mm considerando todo o ciclo da cultura (EMBRAPA, 2012).

O conhecimento do consumo hídrico (evapotranspiração) de uma cultura durante seu ciclo é de grande importância para o dimensionamento de projetos e manejo dos sistemas de irrigação, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos. Com isso, esse trabalho teve como objetivo determinar as necessidades hídricas da cultura do milho verde e obter os seus respectivos coeficientes de cultura nas diferentes fases fenológicas nas condições edafoclimáticas de Mossoró, RN.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada em Alagoinha (5°03'37"S; 37°23'50"W e altitude de 72 m), pertencente à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), distante 20 km da cidade de Mossoró/RN. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, isto é, clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono, apresentando temperatura média anual de 27,4°C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

Segundo a classificação climática de Thornthwaite, que está baseada numa série de índices térmicos utilizando-se o balanço-hídrico da região, Mossoró apresenta um clima do tipo DdA'a', ou seja, Semi-árido, megatérmico com pouco ou nenhum excesso de água durante o ano (SANTOS, 2010).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (EMBRAPA, 1999).

Uma área de 0,27 ha foi cultivada na fazenda experimental Rafael Fernandes com a cultura do milho (*Zea mays* L.), híbrido AG 1051, que segundo Castro, (2010) é um híbrido duplo, semiprecoce, apresenta grão amarelo e dentado, alta resistência ao acamamento, altura de inserção da primeira espiga de 1,60 m e altura da planta de 2,60 m, desenvolvido para produção de grãos, silagem e espigas verdes. A configuração de plantio utilizada foi em fileiras duplas (1,3 x 0,2 x 0,2 m) sendo 0,2 m entre plantas, 0,2 m entre fileiras simples e 1,3 m entre fileiras duplas. O preparo do solo foi realizado por meio de aração com o arado fixo de discos e gradagem com grade niveladora. A semeadura manual foi realizada de 01 a 03/11/2011, semeando-se 2 sementes por cova, e entre 13 e 14 dias após a emergência de plântulas foi feito o desbaste, permanecendo apenas uma planta por cova, resultando numa população de aproximadamente 66.667 plantas ha⁻¹, sendo que foi realizado o replantio entre 4 e 5 dias após a emergência das plântulas.

A área foi irrigada com um sistema de irrigação localizada, por gotejamento, constando de 40 linhas laterais, uma linha lateral para cada fileira dupla de plantio, com comprimento de 45 m e emissores espaçados de 0,3 m, operando a uma pressão de 100 kPa e vazão de 1,5 L h⁻¹. A irrigação nos lisímetros foi feita através de um sistema independente, instalado próximo a cada lisímetro, utilizando-se espaguetes (microtubos) para distribuição de água às plantas, que simulava a irrigação por gotejamento.

Essa técnica foi utilizada, para obter um maior controle no volume de água que entrava no sistema (lisímetro), sendo que a lâmina de água aplicada foi calculada com base no tempo de irrigação aplicado na área experimental.

A evapotranspiração de referência foi determinada por meio da Equação de Penman-Monteith-FAO horária, (Equação 1). Os dados meteorológicos foram coletados de uma estação meteorológica instalada na área de plantio constituída por um datalogger (CR23X da Campbell Scientific), para aquisição dos dados medidos pelos sensores de radiação global, radiação líquida, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, velocidade e direção do vento e das células de carga.

As leituras dos dados meteorológicos foram realizadas com um intervalo de execução de 5 segundos e os dados de saída a cada 10 minutos, já as leituras das células de carga dos lisímetros foram programadas para serem realizadas a cada 10 segundos e os dados de saída a cada 10 minutos.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_{hr} + 273} V_2 (e^{\circ}(T_{hr}) - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34V_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_o - evapotranspiração de referência, mm hora⁻¹;

R_n - radiação líquida na superfície de referência, MJ m⁻² hora⁻¹;

G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² hora⁻¹;

T_{hr} - temperatura média do ar a 2 m de altura em cada hora, °C;

V_2 - velocidade do vento a 2 m de altura em cada hora, $m s^{-1}$;

$e^{\circ}(T_{hr})$ - pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a - pressão real de vapor, kPa;

$e^{\circ}(T_{hr}) - e_a$ - déficit de saturação do vapor, kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de vapor, $kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$;

γ - parâmetro psicrométrico, $kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$;

A densidade de fluxo de calor no solo, G foi estimada para o período diurno pela Equação 2 e para o período noturno pela Equação 3.

$$G = 0,1Rn \quad (2)$$

$$G = 0,5Rn \quad (3)$$

em que:

G – fluxo de calor do solo horário, ($MJ m^{-2} \text{ hora}^{-1}$);

Rn – saldo de radiação, $MJ m^{-2} \text{ hora}^{-1}$;

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), nos diversos estádios de desenvolvimento, foram utilizados quatro lisímetros (Lis 1, Lis 2, Lis 3 e Lis 4) de pesagem, idênticos tomados 2 a 2 (Lis 1 e Lis 2) com células de carga instaladas no braço de apoio das balanças mecânicas funcionando a uma proporção de 1:100, ou seja para uma variação de peso de 100 kg nos lisímetros 1 e 2 a célula de carga registrava um peso de 1 kg, já para os (Lis 3 e Lis 4) forma utilizadas células de carga funcionando a uma proporção de 1:50 com contra-pesos instalados ligado ao braço de apoio das balanças mecânicas, com o objetivo de aumentar a sensibilidade das células de carga. Os lisímetros foram instalados em posições estratégicas para minimizar os efeitos da advecção provocada pela área circundante do experimento.

Os lisímetros apresentavam dimensões de (1,5 m x 1,5 m), ou seja, de 2,25 m^2 de área e 1,0 m de profundidade, constituídos de chapa de aço de 3/16'', com uma saída para drenagem localizada no fundo e acima da caixa. A caixa interna de aço foi instalada em cima de uma balança mecânica que apresenta sistema de alavancas com braço de apoio ligado as células de carga para medida dos pesos.

As células de carga utilizadas foram da Alfa Instrumentos, modelos SV50, com capacidade nominal de 50 kg, sensibilidade de $2 \pm 0,2 \text{ mV/V}$ e temperatura de trabalho útil de (-5 a 60° C) e SV100-com capacidade nominal de 100 kg, sensibilidade de $2 \pm 0,2 \text{ mV/V}$ e temperatura de trabalho útil de (-5 a 60° C).

O horário de determinação da evapotranspiração da cultura por meio do balanço hídrico (Equação 4) no sistema lisímetro-milho-solo que apresentou o melhor ajuste diário foi das 5:00 às 18:00 horas, sendo que a ET_o também teve que ser ajustada para o mesmo horário.

$$ET_c = P + I - DP - \Delta \text{massa} \quad (4)$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura, (mm);

P = precipitação pluvial, (mm);

I = lâmina de água aplicada, (mm);

DP = drenagem profunda, (mm);

$\Delta_{\text{massa}} = ((L_{m18:00} - L_{m5:00}) \cdot f) / A$, (mm);

Em que:

$L_{m18:00}$ – Leitura média das células de carga no dia i , em mV às 18:00 horas

$L_{m5:00}$ – Leitura média das células de carga no dia i , em mV às 5:00 horas

f – Coeficiente de regressão para cada equação de regressão linear utilizada para calibração dos lisímetros

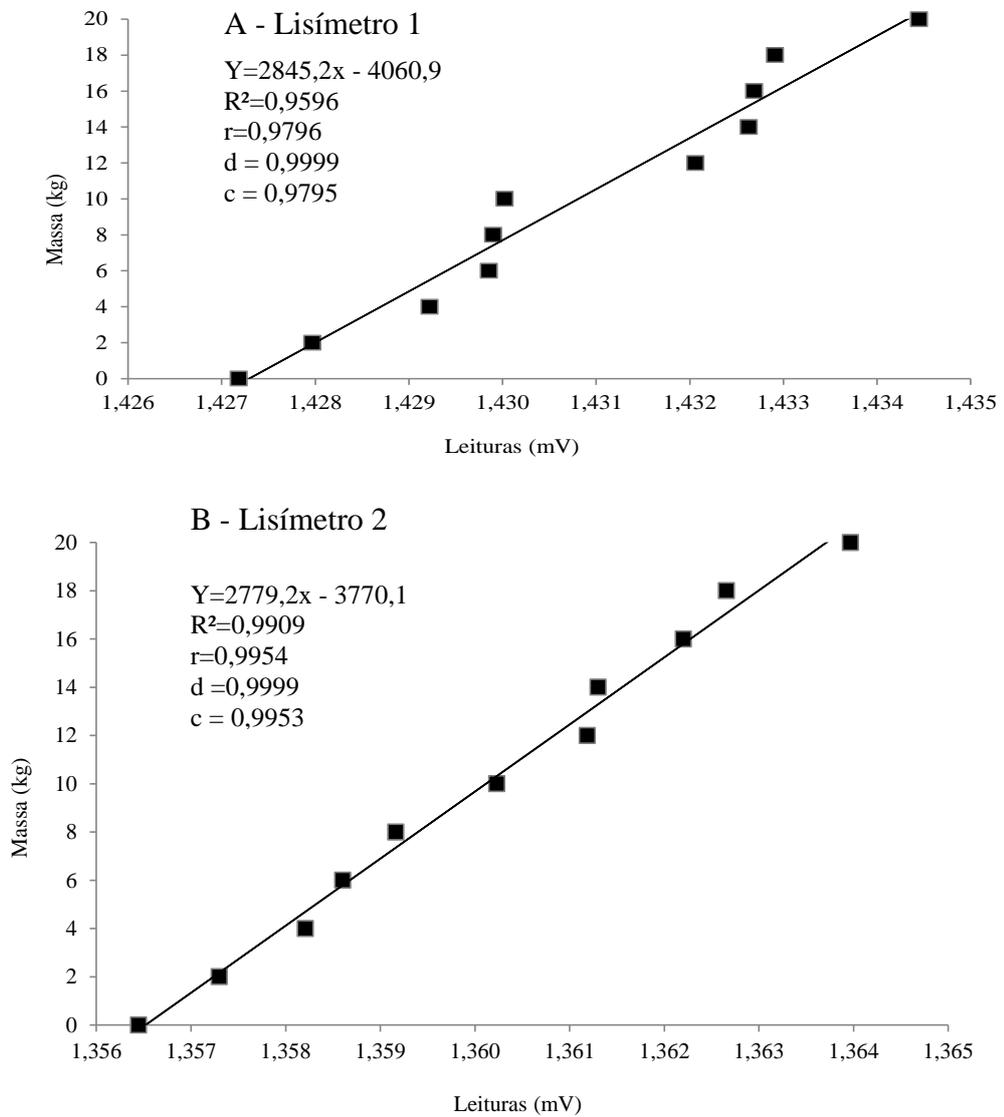
A – Área dos lisímetros – 2,25 m²

A calibração dos lisímetros foi realizada com o objetivo de estabelecer a conversão da leitura feita pelo datalogger, em milivolts (mV), para massa (kg). Para isto, foi realizada a adição unitária e sucessiva, e posterior subtração, de massas-padrão – (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 kg), sobre a superfície dos lisímetros, efetuando-se simultaneamente as medições com leituras correspondentes no sistema de aquisição de dados. Como a área do lisímetro era de 2,25 m² (1,5 x 1,5 m), cada quilograma colocado correspondeu a 0,44 mm de água. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão linear simples.

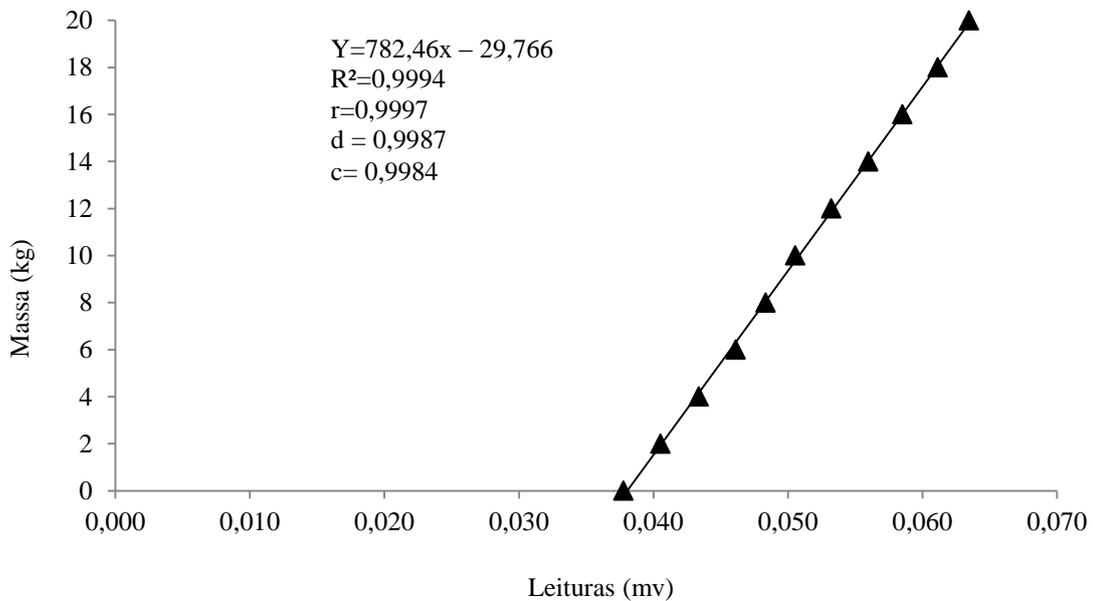
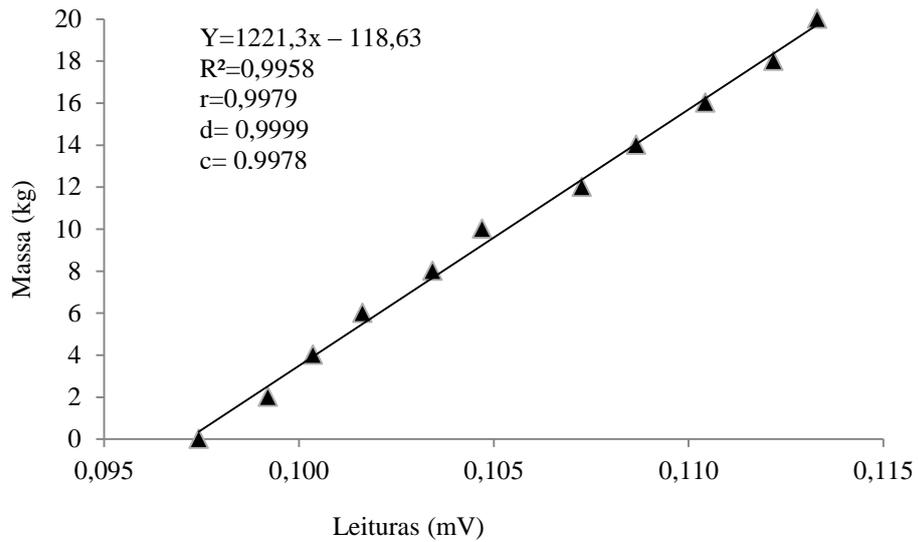
As equações de regressão médias obtidas para cada lisímetro com os seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) ao adicionar e subtrair os pesos padrões são apresentadas na Figura 1 em que y é a massa (kg) e x é a leitura (mV). Como a resolução das leituras era de 0,0001 mV/V no datalogger, o lisímetro 1 (Figura 1A) trabalhou fazendo leituras a cada 0,28452 kg de peso adicionado ou retirado, o lisímetro 2 (Figura 1B) a cada 0,27792 kg, o lisímetro 3 (Figura 1C) a cada 0,082357 kg e o lisímetro 4 (Figura 1D) a cada 0,078246 kg, o que implica dizer que os lisímetros têm resoluções de 0,12645, 0,12352, 0,03660 e 0,03478 mm, respectivamente, considerando que suas áreas são de 2,25 m², verificando-se, dessa forma, o efeito dos contra-pesos utilizados nos lisímetros 3 e 4, conferindo-lhes uma maior sensibilidade.

Devido à importância das medidas lisimétricas para determinar a demanda hídrica das culturas, faz-se necessário a utilização de indicadores estatísticos que são apresentados na Figura 1. O indicador estatístico r (coeficiente de correlação) indica a precisão, “ d ” de Willmott et al. (1985), expressa a exatidão das estimativas em relação aos valores observados, variando de 0 (zero) que indica a falta de concordância e 1 (um) que indica perfeita concordância (exatidão) e c o desempenho que é classificado conforme a Tabela 1.

Figura 1. Calibração dos lisímetros 1 (A), 2 (B), 3 (C) e 4 (D): leituras das células de carga de acordo com a adição e subtração de pesos-padrão, em Mossoró/RN, 2011.



C - Lisímetro 3



Para cada lisímetro apresentado na Figura 1 verifica-se que os valores de r , d e c são muito próximos de 1 (“desempenho ótimo”), podendo-se concluir que as medições foram realizadas sem o risco de ocorrer distorções nas leituras obtidas e estimadas em relação ao valor real. Resultados semelhantes foram obtidos por Melo (2009) nos mesmos lisímetros.

Tabela 1. Valores dos coeficientes de desempenho conforme Camargo & Sentelhas (1997).

Valor de “c”	Desempenho
>0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

Para a determinação dos Kc das fases fenológicas da cultura foi utilizado a metodologia do Kc dual, apresentada por Allen et al. (2006), conforme a Equação 5:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (5)$$

em que:

K_{cb} – coeficiente basal da cultura que se refere à transpiração da cultura;

K_e – coeficiente de evaporação do solo.

Os coeficientes de cultura basais recomendados por Allen et al. (2006) para a cultura do milho verde são 0,15; 1,10 e 1,00 para as fases inicial e intermediária e para o final do ciclo, respectivamente.

Para efeito do cálculo dos Kc, o ciclo da cultura foi dividido em quatro fases fenológicas, definidas por meio de observações em campo pelo acompanhamento do crescimento das plantas da forma descrita por Allen et al. (2006): I) fase inicial: do plantio até 10% de cobertura do solo - (semeadura-emergência); II) fase de crescimento: do final da fase inicial até 80% da cobertura do solo (pendoamento-florescimento); III) fase intermediária: de 80% de cobertura do solo até o início da maturação dos frutos, (produção-enchimento dos grãos); IV) fase final: do início da maturação até a colheita dos frutos (maturação-colheita).

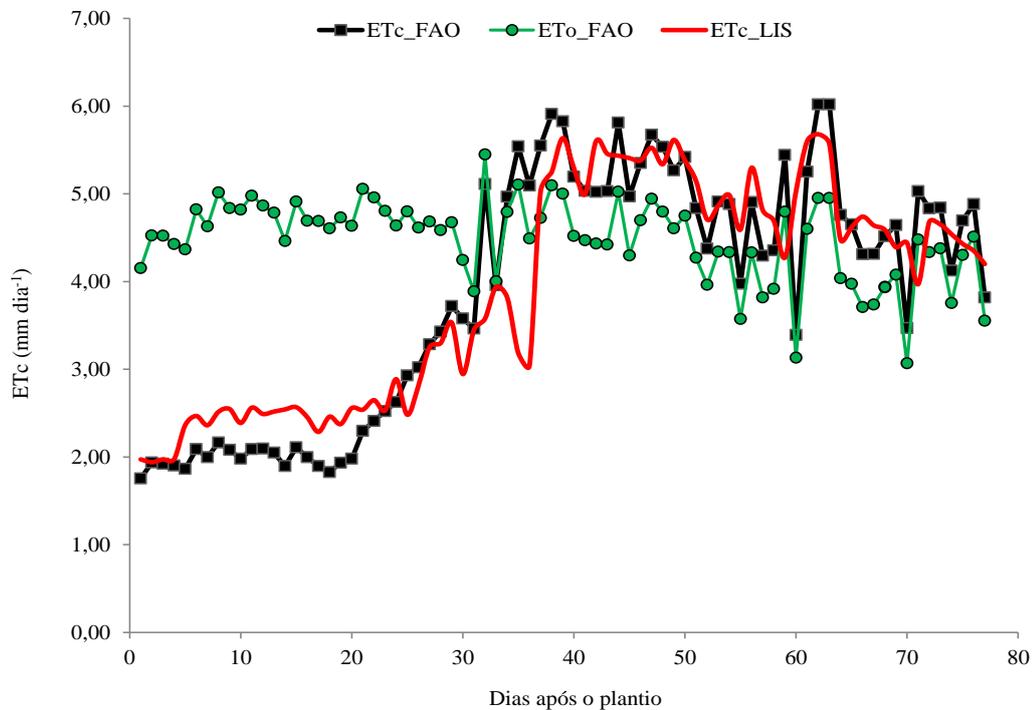
As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R Version 2.12.1 (2010) determinando o intervalo de confiança para média com 95% de probabilidade dos kc para o ciclo da cultura pelos lisímetros e pela metodologia da FAO-56.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 é apresentada a variabilidade da ETo estimada por meio dos dados meteorológicos, a ETc medida por lisimetria e a ETc estimada pela metodologia da FAO. A ETo durante o ciclo da cultura que durou 77 dias apresentou uma variabilidade com valor mínimo de 3,07 mm dia⁻¹ e máximo de 5,45 mm dia⁻¹, totalizando 344,90 mm durante o ciclo da cultura. A ETc apresentou uma variação de 1,94 mm dia⁻¹ a 5,68 mm dia⁻¹, totalizando no final do ciclo 300,54 mm medida pelos lisímetros. Pela metodologia da FAO, a variação foi de 1,76 mm dia⁻¹ a 6,02 mm dia⁻¹, totalizando no final do ciclo 298,68 mm.

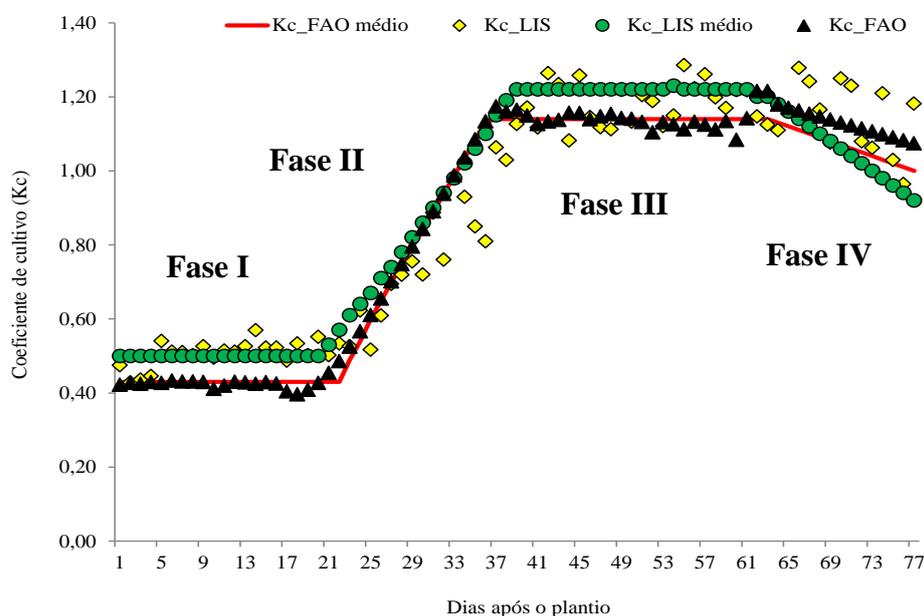
Soares & Klar (2006), ao avaliarem o desempenho de um conjunto de lisímetros para a cultura do milho, obtiveram uma ETC total medida pelos lisímetros de 276,64 mm, já pela metodologia da FAO foi 227,42 mm em Botucatu-SP. Souza et al. (2012) num estudo com evapotranspiração e coeficientes de cultura no cultivo do milho cultivar “Eldorado” usando lisímetros de pesagem para determinar a ETC por meio do balanço hídrico lisímetro-milho-solo com o ciclo da cultura apresentando duração de 115 dias obteve uma ETC total durante o ciclo de 394 mm em monocultivo, já em cultivo consorciado com mucuna-cinza (*Mucuna cinereum*) com duração do ciclo de 121 dias apresentou um consumo total de 437 mm no município de Seropédica-RJ.

Figura 2. Evapotranspiração de referência (ET_o_FAO), evapotranspiração da cultura medida (ET_c_LIS) e evapotranspiração da cultura estimada (ET_c_FAO) observada durante o ciclo do milho verde em, Mossoró-RN, 2011-2012.



A Figura 3 apresenta as curvas dos kc diários ao longo do ciclo da cultura obtidos por meio desse estudo.

Figura 3. Coeficiente de cultivo (K_c) durante o ciclo da cultura do milho verde, em Mossoró/RN, 2011-2012.



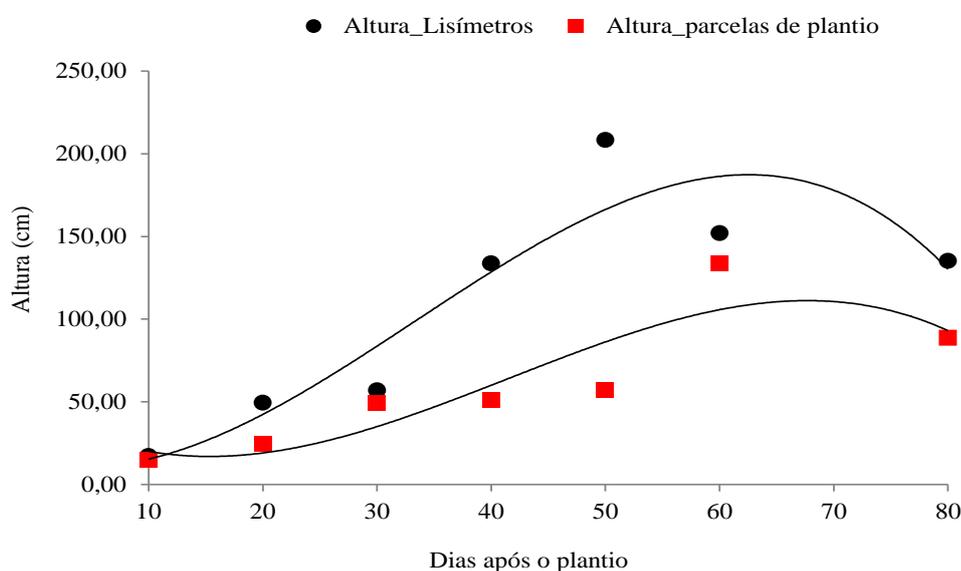
Os valores médios apresentados na Tabela 2 diferiram dos apresentados por Souza et al. (2012) no cultivo do milho irrigado por aspersão (fase I - 0,76; fase II - 0,82; fase III - 1,04; fase IV - 0,58) em Seropédica-RJ.

Bezerra & Oliveira (1999), ao utilizar o método do balanço hídrico e um sistema de irrigação por gotejamento para determinar o K_c do milho, no litoral cearense encontraram valores de 0,73, 1,11, 0,95 e 0,64.

Os valores dos k_c obtidos pelos lisímetros por meio do balanço hídrico lisímetro - milho - solo apresentaram-se próximos dos obtidos pela metodologia da FAO, em todas as fases fenológicas, apresentando maior variação nas fases I e II.

No que diz respeito à duração das fases fenológicas das plantas nos lisímetros e da área de plantio, estas não diferiram, no entanto, as plantas dos lisímetros em cada fase apresentaram-se com maior vigor (folhas mais largas e maiores, plantas mais altas (altura média durante o ciclo da cultura), pendão maior e espigas maiores em comprimento e diâmetro), conforme a Figura 4, devido à ocorrência do efeito buquê (plantas maiores nos lisímetros).

Figura 4. Altura das plantas nos lisímetros e nas parcelas de plantio ao longo do ciclo da cultura do milho verde em Mossoró/RN 2011-2012.



Na Tabela 2, são apresentados os valores médios dos kc obtidos por lisimetria e pela metodologia da FAO-56, já as Tabelas 3 e 4 apresentam os intervalos de confiança com 95% de probabilidade de confiança para os kc determinados por lisimetria e pela metodologia da FAO.

Tabela 2. Duração das fases fenológicas e kc médio obtidos pela metodologia da FAO e pelos lisímetros para a cultura do milho, híbrido AG 1051, para a região de Mossoró/RN, 2011-2012.

Fases	Duração	FAO-56	Lis 1	Lis 2	Lis 3	Lis4	LIS médio
I – Inicial	16	0,43	0,51	0,50	0,50	0,51	0,50
II – D. vegetativo	20	0,70	0,61	0,64	0,66	0,67	0,64
III – Floração	27	1,14	1,10	1,13	1,14	1,13	1,12
IV – M. fisiológica	14	1,13	1,09	1,11	1,10	1,12	1,11

D. vegetativo – desenvolvimento vegetativo

M. fisiológica – maturidade fisiológica

Tabela 3. Intervalo de confiança para a média dos kc pela metodologia da FAO e pelos lisímetros em cada fase fenológica da cultura, em Mossoró/RN, 2011-2012.

Fases	Duração (dias)	FAO	LIS
I – Inicial	16	$P(0,42 \leq \mu \leq 0,43) = 0,95$	$P(0,48 \leq \mu \leq 0,52) = 0,95$
II – D. vegetativo	20	$P(0,60 \leq \mu \leq 0,81) = 0,95$	$P(0,61 \leq \mu \leq 0,75) = 0,95$
III – Floração	27	$P(1,13 \leq \mu \leq 1,15) = 0,95$	$P(1,14 \leq \mu \leq 1,19) = 0,95$
IV – M. fisiológica	14	$P(1,11 \leq \mu \leq 1,14) = 0,95$	$P(1,08 \leq \mu \leq 1,17) = 0,95$

D. vegetativo – desenvolvimento vegetativo

M. fisiológica – maturidade fisiológica

μ - média do intervalo de confiança para os kc

Tabela 4. Intervalo de confiança para os kc determinados pelos lisímetros durante o ciclo da cultura do milho verde em escala diária e semanal, em Mossoró/RN, 2011-2012.

Fases	Diário	Semanal
LIS 1	$P(0,82 \leq \mu \leq 0,96) = 0,95$	$P(0,68 \leq \mu \leq 1,01) = 0,95$
LIS 2	$P(0,83 \leq \mu \leq 0,96) = 0,95$	$P(0,71 \leq \mu \leq 1,03) = 0,95$
LIS 3	$P(0,81 \leq \mu \leq 0,94) = 0,95$	$P(0,69 \leq \mu \leq 1,02) = 0,95$
LIS 4	$P(0,81 \leq \mu \leq 0,95) = 0,95$	$P(0,71 \leq \mu \leq 1,06) = 0,95$
LIS médio	$P(0,83 \leq \mu \leq 0,96) = 0,95$	$P(0,73 \leq \mu \leq 1,08) = 0,95$

D. vegetativo – desenvolvimento vegetativo

M. fisiológica – maturidade fisiológica

μ - média do intervalo de confiança para os kc

Os valores estimados para (Li - Limite inferior) e (Ls - Limite superior) indicam que a média dos Kc para as fases I, II, III e IV da população com 95% de probabilidade de confiança deve estar neste intervalo para a metodologia da FAO e para os lisímetros.

O intervalo de confiança para os kc determinados pelos lisímetros apresentou valores inferiores para as fases I e II, mas apresentaram valores próximos na fase III e superiores na fase IV dos valores determinados por Souza et al. (2012) em cada fase fenológica da cultura do milho utilizando lisímetros de pesagem (fase I – 0,60 a 0,65; fase II – 0,80 a 0,90; fase III – 1,00 a 1,20; fase IV – 0,52 a 0,70) em Seropédica/RJ.

6 CONCLUSÕES

A evapotranspiração total da cultura (ETc) do milho verde foi de 300,54 mm para um ciclo de 77 dias, com valor médio diário de 3,90 mm, valor mínimo de 1,94 mm e valor máximo próximo a 5,68 mm, valor esse obtido na fase de floração.

Os coeficientes de cultivo encontrados foram de 0,50; 0,64; 1,12 e 1,11 para as diferentes fases fenológicas, que tiveram duração de 16, 20, 27 e 14 dias respectivamente, para o milho verde AG 1051 nas condições edafoclimáticas de Mossoró/RN.

O intervalo de confiança para os kc com 95% de probabilidade de confiança durante cada fase fenológica da cultura foram I-(0,48 a 0,52), II-(0,61 a 0,75), III-(1,14 a 1,19) e IV-(1,08 a 1,17).

Os valores de coeficiente de cultivo (Kc) obtidos podem ser utilizados para o manejo de irrigação do milho verde cultivado sob sistema de irrigação por gotejamento, nas condições edafoclimáticas do Município de Mossoró/RN no período em que esse estudo foi desenvolvido.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Evapotranspiration del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.** Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estudio Riego e Drenaje Paper, 56).

BEZERRA, F. M. L.; OLIVEIRA, C. H. C. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultura para o milho em Fortaleza, CE. **Engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 8-17, 1999.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, nov. 1997.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995. 62 p. (Coleção Mossoroense, Série B).

CASTRO, R. S. de. **Rendimentos de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho**. 2010. 90 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia Área de Concentração Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Brasília, 1999. 412 p.

EMBRAPA Milho e Sorgo. 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/cultivos>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

EMPARN. Diretoria Executiva. Culturas alimentares na agricultura familiar, 2012. Disponível em: <<http://www.emparn.rn.gov.br - producao vegetal>>. Acesso em: 25 jun. 2012.

IBGE. 2011. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br - producao agricola>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

Secretária de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Subsecretaria do Agronegócio. Perfil do agronegócio brasileiro: julho de 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.mg.gov.br - conteudo, producao vegetal/>>. Acesso em: 18 jul. 2014.

MELO, T. K. de. **Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do melão gália irrigado com água de diferentes salinidades**. 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009.

R Development Core Team (2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

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

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

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E.; FEDDEMA, J. J.; KLINK, K. M.; LEGATES, D, R.; O' DONNEL, J.; ROWE, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8895-9055, Jan. 1985.