

NECESSIDADE HÍDRICA DA *Crotalaria juncea* L. EM RESPOSTA À SALINIDADE RESIDUAL DO SOLO

PEDRO RAMUALYSON FERNANDES SAMPAIO¹; NEYTON DE OLIVEIRA MIRANDA²; JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS²; ROZANA MARIA DE SOUSA LIMA³ E WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS²

¹Engenheiro Agrônomo, Doutorando, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ-USP, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Av. Pádua Dias, 11 - São Dimas, 13418-900, Piracicaba - SP, Brasil, prfsampaio@usp.br

²Engenheiros Agrônomos, Professores Doutores da Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UERSA, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Av. Francisco Mota, 572 - Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, Brasil, neyton@ufersa.edu.br; jfmedeir@ufersa.edu.br; wesley@ufersa.edu.br

³Tecnóloga em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestre em Irrigação e Drenagem. Instituto Agropolos do Ceará, Rua Barão de Aratanha, 1450 - CEP: 60.050-071 Fortaleza - CE, Brasil, rozanamaria@gmail.com

1 RESUMO

O trabalho realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semi-Árido em Mossoró, RN, objetivou avaliar a evapotranspiração e o consumo de água pela *Crotalaria juncea* L. após cultivos consecutivos de cucurbitáceas irrigadas com água de diferentes salinidades. Para isso, foi determinada a evapotranspiração da cultura (ETc) utilizando lisímetros de pesagem, estimou-se a evapotranspiração de referência diária por meio da equação de Penman-Monteith-FAO e, em seguida, foram determinados os coeficientes de cultura (Kc). As variáveis foram analisadas utilizando as médias de dados meteorológicos e dos Kc até a fase de florescimento da cultura. As ETc durante todo o período de 56 dias apresentaram valores de 228,55 e 189,53 mm para as salinidades de 0,6 dS m⁻¹ e 5,0 dS m⁻¹, respectivamente. O maior consumo de água pela *Crotalaria juncea* foi obtido com o menor nível de salinidade residual em todas as fases, com pequena diferença para o consumo no maior nível, indicando tolerância das plantas naquele nível de salinidade. Os Kc obtidos nas três fases de crescimento foram 0,34; 0,89 e 1,41, para a menor salinidade, e 0,29; 0,80 e 1,31 para a maior salinidade.

Palavras-chave: irrigação, evapotranspiração, adubo verde.

SAMPAIO, P. R. F.; MIRANDA, N. O.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, R. M. S.; SANTOS, W. O.

WATER REQUIREMENT OF *Crotalaria juncea* L. AS A RESPONSE TO SOIL RESIDUAL SALINITY

2 ABSTRACT

This work was carried out at the experimental farm of Federal Rural University of Semi-arid, at Mossoró, RN, Brazil, aiming at assessing evapotranspiration and water consumption by *Crotalaria juncea* L. after successive cycles of cucurbitaceae irrigated with water of different salinities. With this purpose, weighing lysimeters were used for crop evapotranspiration (ETc)

determination, Penman-Monteith-FAO was used for daily reference evapotranspiration estimation, followed by crop coefficient (K_c) determination. Analysis of variables was made using averages of weather data obtained and of K_c up to crop flowering stage, using electronic spreadsheet. During this 56 days period ET_c values of 228.55 and 189.53 mm day^{-1} were obtained for the lower (0.6 dS m^{-1}) and higher (5.0 dS m^{-1}) salinity levels applied, respectively. *Crotalaria juncea* presented the higher water consumption with the lower level of residual salinity in all phases, with little difference in relation to the higher level, indicating tolerance to that salinity level. K_c obtained in the three growth phases were 0.34, 0.89 and 1.41 for the lower salinity, and 0.29, 0.80 and 1.31 for the higher salinity.

Keywords: irrigation, evapotranspiration, green manure.

3 INTRODUÇÃO

A prática da adubação verde consiste no plantio e incorporação ao solo de espécies próprias de uma região ou trazidas de outras regiões, as quais podem ser cultivadas alternadamente ou simultaneamente com culturas de importância econômica, objetivando alcançar o equilíbrio entre os nutrientes absorvidos pelas culturas e os que necessitam ser repostos ao ambiente. Entre os benefícios proporcionados estão a promoção da estabilidade do sistema de produção, além de diminuição nos custos de produção (SOUSA, 2011).

As leguminosas são preferencialmente utilizadas para adubação verde por serem rústicas, apresentarem sistema radicular profundo e pela simbiose com bactérias que fixam o nitrogênio da atmosfera (N_2). As principais espécies utilizadas, além da fixação biológica do nitrogênio, possuem alta concentração de nutrientes na parte aérea, produzem grandes quantidades de matéria seca e se decompõe facilmente (SILVA & MENEZES, 2007). Entre elas, a Crotalária (*Crotalaria juncea* L.) está adaptada às regiões tropicais do planeta, apesar de sua origem na Índia. Ela apresenta bom desempenho em solos soltos, arenosos e com baixa fertilidade, mas não é tolerante ao alumínio do solo.

Entre as metodologias empregadas no Brasil para determinar consumo de água, evapotranspiração e coeficientes de cultura, o lisímetro de pesagem é muito empregado em estudos de culturas anuais de médio porte (MEDEIROS et al., 2003; CARVALHO et al., 2007; SANTOS et al., 2008). Para que os lisímetros obtenham precisão na medida da evapotranspiração, eles devem ser bem instalados e seu preenchimento ser realizado de forma correta. Desta maneira, as camadas de solo no seu interior irão apresentar características muito similares às do solo ao seu redor (SILVA, 2003).

Em contraposição aos lisímetros não pesáveis (volumétricos, de drenagem ou de compensação), os lisímetros de pesagem (gravimétricos) realizam as medidas por meio de dispositivos baseados em diferentes princípios, entre os quais balanças mecânicas. Nelas, um sistema de alavancas tem seu braço de apoio ligado a células de carga indicadoras de esforço, as quais medem a variação da massa do lisímetro quando uma corrente é alterada, variando sua resistência em resposta a micro deformações que ocorrem devido à variação da massa sendo medida (SANTOS, 2012).

O cultivo da crotalária na região semiárida é realizado no período de entressafra e depende de chuvas irregulares, pressupondo irrigações suplementares para as quais se deve conhecer a necessidade hídrica da cultura (ET_c e K_c). A determinação da demanda hídrica das culturas é necessária para que se maneje a irrigação, pois permite planejar o cultivo com o objetivo de atingir seu potencial produtivo, além de reduzir riscos e custos de produção como

também aumentar a eficiência de utilização da água, especialmente nas regiões ou épocas nas quais ocorre limitação na disponibilidade hídrica (HEINEMANN et al., 2001; BERGAMASCHI et al., 2004).

A evapotranspiração da cultura (ET_c), para ser determinada, exige que se estime a evapotranspiração de referência (ET_o), que se relaciona às características do clima do local, em conjunto com as características da morfologia e fisiologia da cultura. Estas características se refletem no coeficiente da cultura (K_c), que engloba os efeitos da evaporação do solo e características da planta (como o índice de área foliar), e que varia durante o ciclo em resposta à taxa de crescimento e, como consequência, à alteração na cobertura do solo (ALLEN et al., 2006).

A evapotranspiração de referência expressa o poder de evaporação da atmosfera em local e tempo específicos, sem considerar características da cultura e do solo. A FAO recomenda a utilização da equação de Penman-Monteith para o cálculo da ET_o, por ser o melhor método para estimar as necessidades de água para irrigação, quando se tem dados climáticos completos. O K_c é um indicador com importância física e biológica, pois é influenciado pela cobertura vegetal, que depende da arquitetura, da área foliar e da transpiração da planta (ALLEN et al., 2006).

Tendo em vista que as águas para irrigação contêm alguma concentração de sais, elas possuem potencial de salinizar o solo em condições de chuva e/ou drenagem insuficientes. O problema de salinização e sodificação é ainda mais grave em regiões áridas e semiáridas, onde as águas superficiais e subterrâneas apresentam maior concentração salina do que em regiões úmidas (MEDEIROS, 1998; FIGUEIRÊDO, 2008). Por isso, nas regiões semiáridas é essencial um eficaz manejo da água para diminuir os efeitos negativos da salinização sobre culturas e solo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a evapotranspiração e o consumo de água pela *Crotalaria juncea* L. utilizando lisímetros de pesagem em um solo sob efeito residual de níveis de salinidade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, RN, cujas coordenadas são 5°03'37"S; 37°23'50"W e a altitude é de 72 m em relação ao nível do mar. O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Argissólico franco arenoso (EMBRAPA, 2013).

O tipo de clima do local, segundo Carmo Filho e Oliveira (1995), é o BSwh' de Köppen, o qual é seco e muito quente, o que é indicado pela temperatura média anual de 27,4 °C e umidade relativa do ar de 68,9%. A precipitação pluviométrica anual, que é muito irregular, atinge média de 673,9 mm.

A evapotranspiração foi determinada em lisímetros de pesagem, em número de quatro, com dimensões de 1,5 m x 1,5 m e profundidade de 1,0 m, instalados em área de 60 x 45 m (0,27 ha), onde se estudou o efeito residual de cinco níveis de salinidade da água de irrigação e três doses de fertilizante nitrogenado, aplicado em fertirrigação, em vários cultivos consecutivos de cucurbitáceas. Os lisímetros foram instalados em dois blocos e nos tratamentos que tinham recebido água com salinidades S1 = 0,6 dS m⁻¹ e S5 = 5,0 dS m⁻¹ e a dose intermediária de nitrogênio (N2 = 100 kg ha⁻¹).

A semeadura foi executada em 22 de junho de 2012, utilizando-se três sementes em

cada cova. O plantio foi realizado em fileira dupla, com plantas espaçadas de 0,05 m, fileiras simples espaçadas de 0,2 m e fileiras duplas espaçadas de 1,8 m. O desbaste foi realizado oito dias após a emergência, permanecendo uma planta por cova.

O controle das plantas daninhas foi realizado manualmente durante o período crítico de competição, de 20 a 40 dias após emergência (DAE). Um sistema de irrigação independente foi utilizado para cada lisímetro, constituído por microtubos, os quais permitem maior controle do volume de água entrando no sistema (lisímetro). Devido à ocorrência de doença nas plantas do lisímetro 4, utilizou-se apenas os dados dos lisímetros 1, 2 e 3.

A determinação da ETo foi realizada por meio da Equação de Penman-Monteith, da FAO (Equação 1), conforme Allen et al. (2006), para fins de padronização dos cálculos. As variáveis meteorológicas foram obtidas com dados de estação climatológica automática localizada ao lado do experimento e que possuía sensores para determinar a umidade relativa do ar, a velocidade do vento a dois metros de altura, as temperaturas do ar e do solo e a radiação global, além da precipitação pluviométrica. Esses dados permitem determinar os coeficientes de cultivo mais reais possíveis para a cultura naquelas condições experimentais, bem como estimar com maior exatidão a evapotranspiração de referência (ETo) (ALLEN et al., 2006).

$$E_{To} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} V_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34V_2)} \quad (1)$$

Em que:

ETo - evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹;

Δ - declividade da curva de pressão de vapor, em kPa °C⁻¹;

Rn - saldo de radiação na superfície da cultura, em MJ m⁻² dia⁻¹;

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

γ - parâmetro psicrométrico, em kPa °C⁻¹.

T - temperatura média do ar a 2 m de altura, em °C;

V₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, em m s⁻¹;

e_s - pressão de saturação de vapor, em kPa; e

e_a - pressão real de vapor, em kPa;

Os sensores estavam conectados ao datalogger CR1000 (Campbell Sci. Inc.) no qual as médias dos dados tomados a cada segundo foram computadas a cada hora e armazenadas. O cálculo da ETo utilizou leituras de umidade relativa do ar e de temperatura médias, máximas absolutas e mínimas absolutas; velocidade do vento média e soma diária da radiação.

A instalação dos lisímetros foi realizada de maneira que fossem minimizados os efeitos da advecção devida à área em torno do experimento; em sua construção foram utilizadas chapas de aço de 1/8", havendo uma saída para drenagem no fundo da caixa e outra acima dela, constituída por tubulação de PVC, caso houvesse entupimento na drenagem do fundo do recipiente. A caixa interna de aço estava apoiada em balança mecânica que apresentava sistema de alavancas com braço de apoio ligado às células de carga para medida dos pesos.

Utilizaram-se células de carga da Alfa Instrumentos, modelo SV50, cuja capacidade nominal era de 50 kg, sensibilidade de 2 +/- 0,2 mV/V e temperatura de trabalho útil de -5 a 60° C, e o modelo SV100, com capacidade nominal de 100 kg, sensibilidade de 2 +/- 0,2

mV/V e temperatura de trabalho útil de -5 a 60° C. Externamente à caixa com solo foi instalada outra caixa, construída com o mesmo material e assentada numa laje de concreto de 15 cm de espessura, ficando ao redor de 5,0 cm espaçada da caixa interna.

O preenchimento dos lisímetros foi feito com solo retirado da mesma área, sendo escavadas quatro camadas de 0,25 m (1 m), as quais foram posteriormente separadas em camadas de 0-0,25, 0,25-0,50, 0,50-0,75 e 0,75-1,00 m. O preenchimento obedeceu à mesma ordem de retirada das camadas para ser mantida a sequência original de horizontes do solo.

Antes do preenchimento, o fundo das caixas com solo recebeu revestimento de brita nº 1, a qual foi disposta em camadas com 7 a 8 cm; acima dessas camadas foi colocada manta de poliéster (Bidin) com o objetivo de favorecer a drenagem da água sem que ocorresse entupimento no orifício de drenagem. Esse orifício foi revestido com tela fixada com a brita. Uma tubulação de 125 mm de diâmetro nominal foi instalada ao lado do orifício para, em caso de necessidade, realizar a drenagem por cima da caixa por meio de minibomba.

Os lisímetros foram calibrados para que o datalogger convertesse as leituras realizadas em milivolts (mV) para massa (kg). Esse procedimento constou da colocação sobre a parte superficial dos lisímetros de massas-padrão (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20 kg), uma por vez e sucessivamente, com sua posterior retirada, ao mesmo tempo em que se realizavam leituras no sistema de aquisição de dados, correspondentes às massas adicionadas ou retiradas. Tendo em vista que o lisímetro apresentava área de 2,25 m² (1,5 x 1,5 m), a um quilograma adicionado correspondia uma lâmina de água de 0,44 mm. Mas, considerando a área de 3,0 m² ocupada pelas plantas nos lisímetros (1,5 m x 2,0 m), 1 kg corresponde a 0,33 mm. As equações ajustadas para os lisímetros foram as seguintes:

$$P1 = 2500,7x - 4350,4; (R^2 = 0,99) \text{ para o lisímetro 1;} \quad (2)$$

$$P2 = 2606,2x - 4621,4; (R^2 = 0,95) \text{ para o lisímetro 2;} \quad (3)$$

$$P3 = 803,9x - 125,7; (R^2 = 0,98) \text{ para o lisímetro 3;} \quad (4)$$

Nas quais:

P1, P2 e P3 – massas estimadas a partir das leituras das células de carga, em kg;

x - leitura das células de carga, em mV;

O Kc foi determinado por meio do quociente entre ETc e ETo, como representado na Equação 5:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (5)$$

Em que:

Kc - coeficiente da cultura;

ETc – evapotranspiração da cultura, em mm dia⁻¹;

ETo - evapotranspiração de referência, em mm dia⁻¹;

Considerando-se que o melhor horário para determinação da ETc diária por meio dos lisímetros era entre 5 h e 18 h, a ETo diária também teve que ser ajustada para o mesmo horário para determinação do Kc. A ETc (mm) foi determinada para cada dia pelo balanço hídrico realizado entre as 5 h e 18 h utilizando a Equação 6:

$$ETC = \frac{Pi(5:00) - Pi(18:00) + I + D}{3,0} \quad (6)$$

Em que:

Pi - Massa estimada a partir da leitura da célula de carga;

I - Volume de irrigação em litros;

D - Volume drenado em litros;

Os dados de crescimento foram obtidos de 20 plantas em cada lisímetro. O fator de cobertura foi determinado medindo-se aleatoriamente o diâmetro da copa das plantas, enquanto que o fator de molhamento (FM) foi determinado (Equação 7) medindo-se a distância da superfície molhada pela irrigação a partir da base da planta. Os dados foram coletados semanalmente aos 28, 35, 42, 49 e 56 DAS, por meio de régua graduada e trena métrica, e dividindo o valor obtido por 200 cm, equivalente ao espaçamento de fileiras duplas.

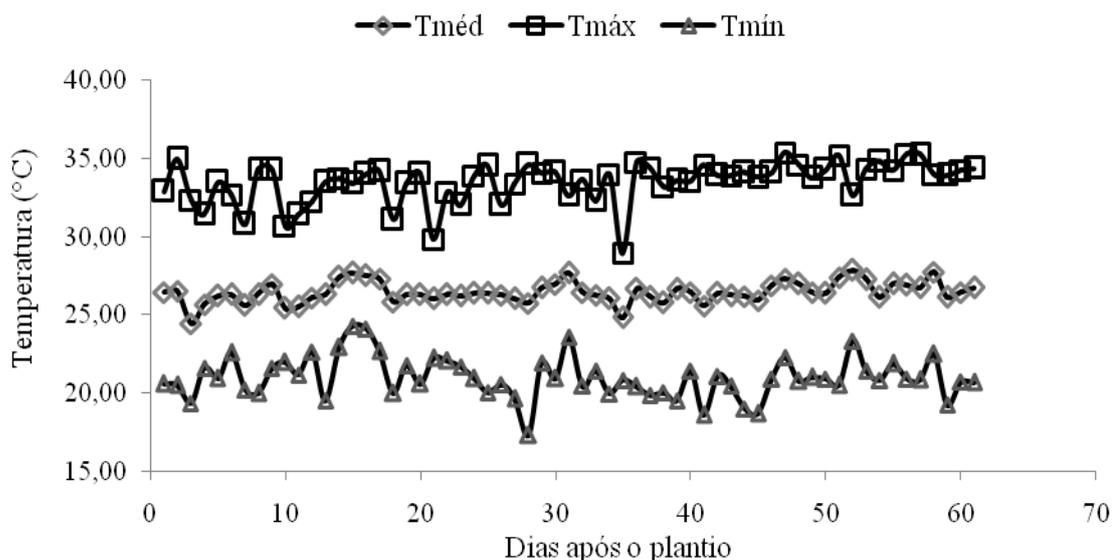
$$FM = \frac{\text{Largura média de molhamento}}{\text{Distância entre linhas laterais}} \quad (7)$$

A análise das variáveis avaliadas foi feita utilizando-se os dados meteorológicos e as médias dos Kc até o estágio de florescimento da cultura obtidos pelos lisímetros, por meio de planilha eletrônica. A comparação entre as médias de fator de cobertura e de molhamento foram realizadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média diária variou de 24,45 a 27,87 °C, com média geral de 26,39 °C (Figura 1), sendo inferior à temperatura média anual da região (27,4 °C) mencionada por Carmo Filho e Oliveira (1995). Os valores da temperatura máxima absoluta diária variaram entre 28,96 e 35,36 °C, com média geral de 33,89 °C, enquanto que a temperatura mínima variou entre 17,29 e 24,28 °C, apresentando média geral de 20,89 °C.

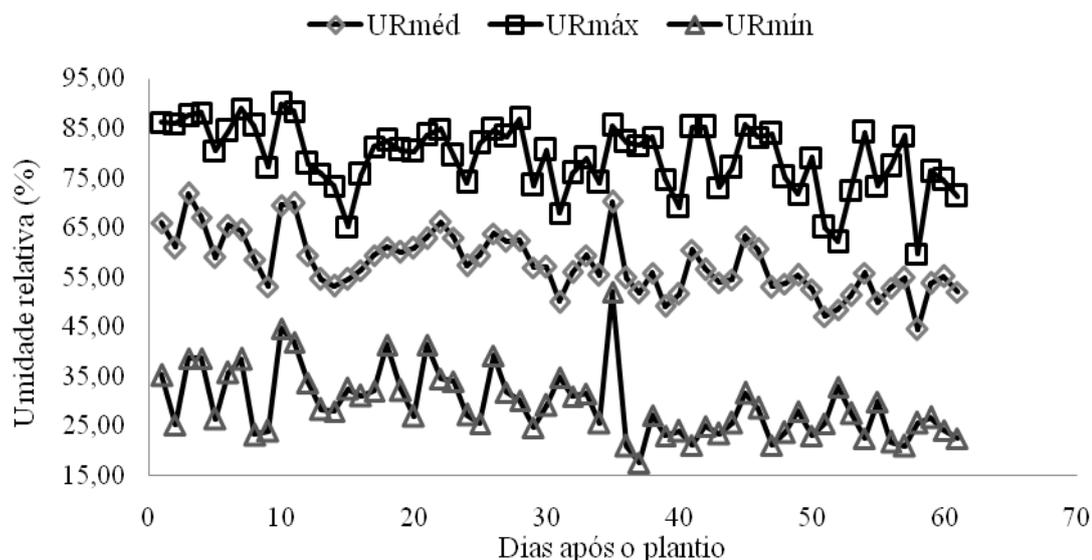
Figura 1. Temperaturas máxima, mínima e média do ar (Tmáx, Tmín e Tméd), observadas no período de desenvolvimento da *Crotalaria juncea* L., Mossoró, RN.



A diferença para mais dos valores observados, em relação aos normais de anos anteriores, se deve a que a precipitação pluviométrica para o período, que não foi registrada e esteve bem abaixo da média histórica. Santos et al. (2013) e Lima (2013) em experimentos realizados na mesma área experimental encontraram resultados semelhantes para temperatura máxima (33,56 e 33,32 °C), porém, superiores para a temperatura mínima (22,44 e 22,4 °C), respectivamente. Entretanto, esses autores realizaram seus experimentos nos últimos meses do ano, quando ocorrem as maiores temperaturas.

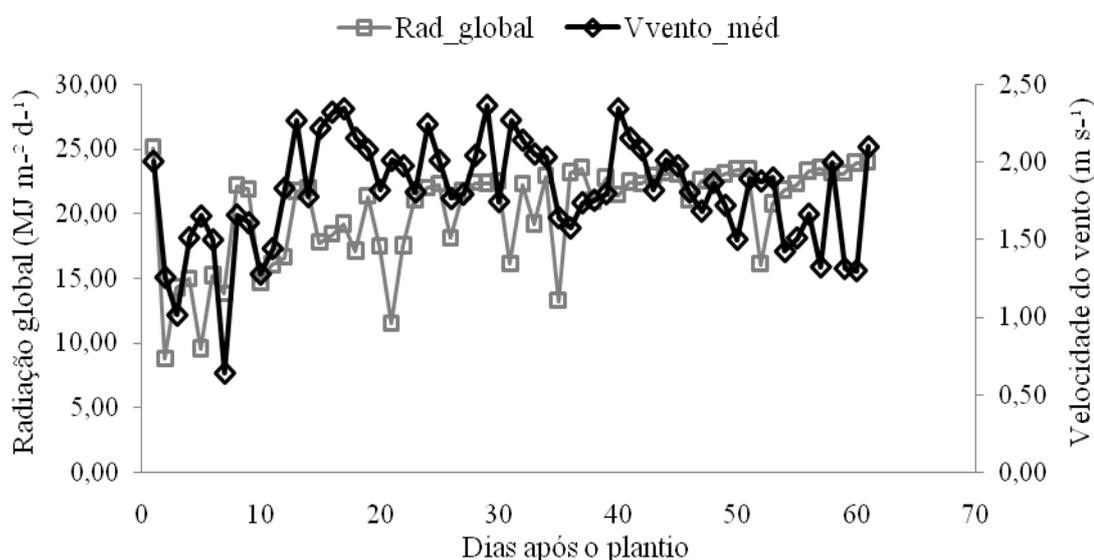
A umidade relativa do ar apresentou amplitude das médias diárias entre 44,54 e 71,78%, durante o período de cultivo, com média absoluta de 56,58%; tendo a média de umidade máxima atingindo 80,45% e a mínima de 27,94% (Figura 2). Essa umidade média absoluta foi menor do que as mencionadas por Carmo Filho e Oliveira (1995) para a região (68,9%), bem como por Figueirêdo et al. (2009) nos meses de fevereiro a abril, e Almeida (2012) nos meses de maio a agosto no mesmo local deste experimento, com valores de 76 e 65%, respectivamente. Melo et al. (2011) menciona que, em uma mesma umidade absoluta, à medida que a temperatura do ar diminui haverá aumento da umidade relativa e queda na evaporação, resultando assim na redução da evapotranspiração da cultura.

Figura 2. Umidades Relativas Médias (UR_{méd}), máximas (UR_{máx}) e mínimas (UR_{mín}), observadas durante o ciclo da *Crotalaria juncea* L., Mossoró, RN.



Os valores de radiação global (Figura 3) variaram entre 8,78 e 25,07 MJ m⁻² dia⁻¹ e a média foi de 21,87 MJ m⁻² dia⁻¹, caracterizando ambiente de grande potencial de transpiração das plantas, conforme Almeida (2012). A velocidade média do vento apresentou média de 1,82 m s⁻¹ com valores diários variando entre 0,64 e 2,36 m s⁻¹. Nesse aspecto, o mesmo autor obteve valores mínimo e máximo de 0,7 a 2,2 m s⁻¹, respectivamente, em trabalho com milho na mesma época do ano. A elevada radiação contribui, sobretudo, para o processo de evapotranspiração, porque quando a superfície do solo se mantém umedecida, podem-se desprezar os processos de aquecimento do ar e do solo (FIGUEIRÊDO et al., 2009). Porém, quando ocorre diminuição na velocidade do vento, a radiação global também tende a reduzir, podendo ser menos intensa a “saída” de calor do sistema, diferentemente dos dados obtidos nesta pesquisa.

Figura 3. Velocidade do vento média e radiação global observados durante o ciclo da *Crotalaria juncea* L., Mossoró, RN.



Entre os resultados obtidos na mesma área experimental, pode-se citar Santos (2012) que, em experimento com milho irrigado, observou umidade relativa média do ar de 61,90%, máxima de 89,19% e mínima de 23,66%. Os autores obtiveram variação na velocidade média do vento foi entre 1,11 m s⁻¹ e 3,48 m s⁻¹ no período de novembro de 2011 a janeiro de 2012, com média em torno de 2,56 m s⁻¹, máxima 7,34 m s⁻¹ e mínima de 0,04 m s⁻¹. Enquanto que Lima (2013), trabalhando com abóbora, observou umidade relativa média do ar de 61,41%, máxima de 79,73% e mínima de 34,71%. A velocidade média do vento ficou em torno de 3,00 m s⁻¹ e a radiação global 20,89 MJ m⁻² dia⁻¹. As variações observadas são devidas à diferença entre os períodos de cultivo, evidenciando diferentes condições climáticas.

Os valores do fator de cobertura apresentaram variações em todas as avaliações semanais e em todos os lisímetros (Tabela 1). No Tratamento S1, as épocas de avaliações estudadas diferiram estatisticamente, com exceção entre os períodos de 28 e 35 DAS. Aos 56 DAS, o tratamento S1 apresentou maior área coberta pela planta, com valor de 0,50. No tratamento S5, não houve diferença estatística nos 42 e 49 DAS, mas estes diferiram significativamente das demais épocas estudadas. A morte das plantas do Lisímetro 4 (S5), aos 35 DAS, impossibilitou sua avaliação. Entre os tratamentos, o nível residual de salinidade S1 diferiu do S5 aos 35, 42, 49 e 56 DAS, exceto nas primeiras semanas do ciclo da cultura, aos 28 DAS. A grande variação entre as avaliações pode ser devido às diferentes plantas, escolhidas aleatoriamente, que eram medidas a cada semana. De acordo com Sedyama et al. (1998), durante a fase vegetativa, ocorre variação na fração de cobertura da superfície do solo por vegetação, devido ao envelhecimento das plantas e sua maturação, do mesmo modo que o Kc varia devido ao crescimento e desenvolvimento da cultura. O fator de molhamento, que representa a área molhada pelo sistema de irrigação, também apresentou valores médios próximos entre si nas avaliações. Os dados obtidos aos 28 DAS diferiram das demais épocas estudadas para ambos os tratamentos, enquanto que, entre os níveis salinos, não houve diferença significativa para todas as avaliações (Tabela 1).

Tabela 1. Fator de cobertura e de molhamento avaliados semanalmente até o florescimento pleno da *Crotalaria juncea* L., em Mossoró, RN.

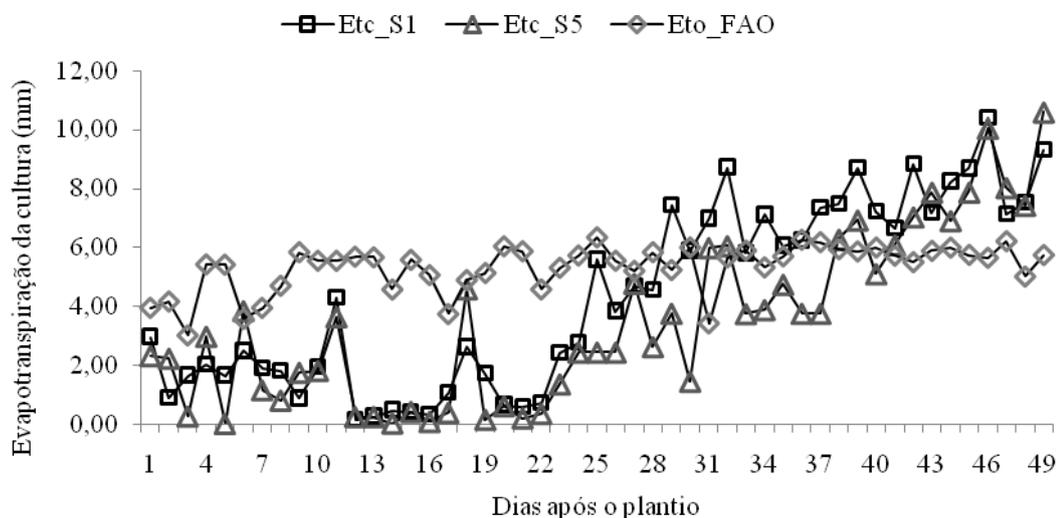
	28 DAS	35 DAS	42 DAS	49 DAS	56 DAS	
	Fator de Cobertura - (FC)					Média
S1	0,09 aA	0,12 aA	0,35 bA	0,44 cA	0,50 dA	0,30 A
S5	0,11 bA	0,07 aB	0,15 cB	0,17 cB	0,23 dB	0,15 B
Média	0,10 b	0,06 a	0,18 c	0,22 c	0,25 c	
	Fator de Molhamento - (FM)					Média
S1	0,07 aA	0,13 bA	0,14 bA	0,16 bA	0,16 bA	0,13 A
S5	0,07 aA	0,12 bA	0,13 bA	0,15 bA	0,14 bA	0,12 A
Média	0,07 a	0,12 b	0,13 bc	0,15 c	0,15 bc	

As médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem na linha e as seguidas por letras maiúsculas iguais não diferem na coluna pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de ETo obtidos para a *Crotalaria juncea*, em período seco do ano e sem precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura, variaram entre 3,03 e 7,02 mm dia⁻¹, com média de 5,33 mm dia⁻¹. Em trabalhos realizados na mesma área experimental, Melo et al. (2011) encontraram valores entre 4,84 e 7,32 mm dia⁻¹, quando cultivou melão Gália entre os meses de outubro e dezembro de 2008; Santos et al. (2013) obtiveram valores entre 3,07 e 5,45 mm dia⁻¹, para a cultura do milho, plantado entre novembro de 2011 e janeiro de 2012, e Lima (2013) encontrou valores entre 5,02 e 7,45 mm dia⁻¹, em cultivo de abóbora, no período de outubro a dezembro de 2012. Deve-se ressaltar que essas variações são devidas à época do ano e à ocorrência ou não de chuvas.

Estão apresentados na Figura 4 os valores de evapotranspiração da cultura para os níveis de salinidade residual S1 (ETc_S1) nos Lisímetros 2 e 3, e S5 (ETc_S5) no Lisímetro 1, bem como a evapotranspiração de referência pela metodologia da FAO (ETo_FAO) durante o cultivo da *Crotalaria juncea*. Segundo Lima (2013), a utilização da equação de Penman-Monteith para calcular a ETo pode levar a valores subestimados ou superestimados, apesar de seu forte embasamento na física. De acordo com Allen et al., (2006), a evapotranspiração de referência (ETo) relaciona-se às condições climáticas do local estudado e as características da fisiologia e morfologia da cultura são indicadas pelos coeficientes de cultura (Kc).

Figura 4. Evapotranspiração de referência (ET_o_FAO) e da cultura de *Crotalaria juncea* L. nos níveis de salinidade S1 (ET_c_S1) e S5 (ET_c_S5). Mossoró, RN.



Observa-se, no início do cultivo, valores próximos de ET_c para os dois níveis de salinidade, porém o efeito residual de S5 apresentou valores menores com maiores variações no início, estabilizando-se próximo ao nível S1 em torno de 22 dias após o plantio (DAP), período referente ao final da primeira fase da cultura. As principais perdas de água nos primeiros dias do ciclo devem-se, principalmente, à evaporação, devido à pequena cobertura do solo, resultando assim em pequena perda por transpiração, além do fato da salinidade inibir o crescimento na fase inicial, aumentando o ciclo. Almeida (2012) avaliou a evapotranspiração do milho sob a influência residual de níveis de salinidade e observou maiores perdas no nível S5 na primeira fase, decrescendo ao final do ciclo, comparado ao nível S1.

Aproximadamente aos 23 DAP, na segunda fase, verifica-se que no nível de menor salinidade residual (S1) os valores da evapotranspiração da cultura apresentaram tendência crescente até o final do ciclo, com valores inferiores para a maior salinidade (S5). Entretanto, aproximadamente aos 40 DAS, na terceira fase, os dois níveis atingiram valores próximos, estando a cultura em pleno florescimento.

O maior crescimento da cultura nos lisímetros com salinidade S1 proporcionou maiores valores de evapotranspiração até os últimos dias de cultivo, enquanto que na salinidade S5, os valores foram inferiores, justificados pelo efeito residual do nível salino e pela menor massa vegetal neste lisímetro, o que diminuiu a evapotranspiração. A diminuição na evapotranspiração da cultura, em resposta à salinidade, foi observada por Medeiros et al. (2003) e Figueirêdo et al. (2009) com diferentes culturas de interesse agrônomo. Em trabalho com melão irrigado em diferentes níveis de salinidade da água, Melo et al. (2011) observaram tendência para uma maior ET_c até 37 dias após transplante (DAT), no nível de salinidade de 4,5 dS m⁻¹, cujas plantas apresentaram-se maiores nesse período. Após 40 DAT, as plantas do nível S1 já se apresentavam com maior cobertura, e, portanto, maior transpiração.

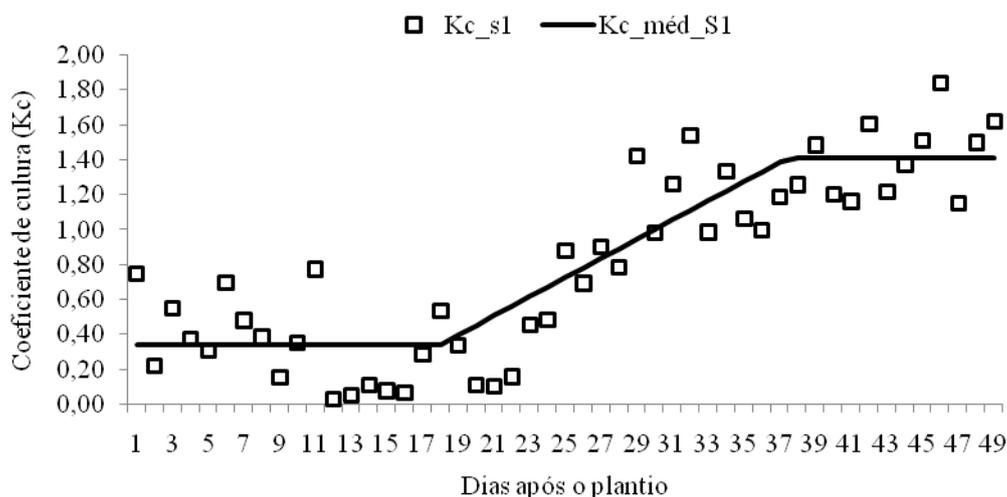
A ET_c da crotalaria até atingir o florescimento pleno, aos 56 DAS, foi de 225,89 e 183,93 mm para os tratamentos S1 e S5, respectivamente. Essa diferença entre os níveis salinos pode ser explicada pela menor disponibilidade da água para a cultura na presença de salinidade do solo, além da menor massa vegetal no lisímetro correspondente à salinidade S5,

o que reduziu a transpiração das plantas. Entretanto, apesar do menor desempenho da *Crotalaria juncea* no nível S5, pode-se considerá-la tolerante ao efeito da salinidade do solo.

Resultados semelhantes quanto à redução da evapotranspiração em resposta à maior salinidade foram obtidos na mesma área experimental, em cultivos anteriores, por Figueirêdo (2008) que, trabalhando com evapotranspiração em melão, verificou redução de 289,7 para 216,5 mm nos níveis S1= 0,55 e S5= 4,5 dS m⁻¹; enquanto que Melo et al. (2011), também trabalhando com melão, obtiveram valores da ETc variando entre 172,4 a 204,5 mm, para os níveis de salinidade de 0,65 e 4,73 dS m⁻¹; e, em melancia, Silva (2010) obteve valores de ETc iguais a 336,86 mm e 220,45 mm em resposta aos níveis salinos de 0,57 e 4,91 dS m⁻¹, respectivamente.

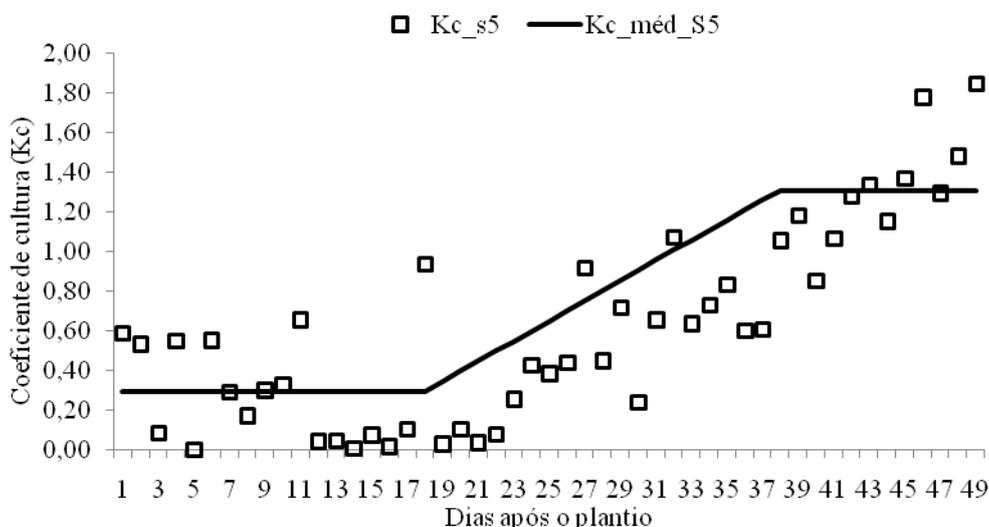
O efeito residual da salinidade S1 promoveu valores de Kc superiores ao nível S5, conforme se observa nas Figuras 5 e 6. No período inicial os valores eram próximos, com grandes variações diárias até os 19 DAP, o que se deve à superfície pouco vegetada e ao baixo consumo de água pela planta, sendo que as perdas por evaporação suplantam a transpiração da cultura.

Figura 5. Coeficiente de cultura da *Crotalaria juncea* L. do nível de salinidade S1. Mossoró, RN.



Em torno dos 23 DAP, maiores variações entre os Kc ocorreram em resposta à necessidade de irrigação para a cultura, correspondendo esse período à segunda fase de desenvolvimento das plantas. O período em que a cultura apresentou maior demanda de água ocorreu a partir de 38 DAP. Nessa fase de florescimento ocorreu a maior transpiração e os maiores valores de Kc para os dois níveis salinos, dos quais o maior nível de salinidade residual resultou em menor consumo de água pelas plantas.

Figura 6. Coeficiente de cultura da *Crotalaria juncea* L. do nível de salinidade S5. Mossoró, RN.



As médias de Kc da *Crotalaria juncea* L., nos três períodos avaliados, podem ser verificadas na Tabela 2, onde se observa que as médias para cada fase nos dois níveis de salinidade foram diferentes entre si, sendo os valores correspondentes ao tratamento S5 sempre inferiores aos do tratamento S1. Os Kc dos tratamentos S1= 0,34 e S5= 0,29 confirmam o menor consumo de água pela crotalária ocorrendo realmente no estágio inicial, no qual as perdas por evaporação suplantam a transpiração da cultura. No estágio de desenvolvimento e floração, os valores aumentaram conforme o consumo de água pela cultura, sendo superiores para o Kc S1, referente ao menor nível residual de salinidade.

Tabela 2. Valores de Kc (Kc S1, Kc S5) e de Kc médio (Kc S1_méd, Kc S5_méd) por estágio fenológico da *Crotalaria juncea* L..

Fases	Período – Dias		Kc			
	S1	S5	Kc S1	Kc S1_méd	Kc S5	Kc S5_méd
Inicial	18	18	0,34	0,34	0,29	0,29
Desenvolvimento	18	18	0,82	0,89	0,48	0,80
Floração	14	14	1,41	1,41	1,31	1,31

Esses resultados são corroborados por Almeida (2012), quando avaliaram o efeito residual salino em milho, e Lima (2013), quando testou níveis de salinidade em abóbora, os quais observaram menor o consumo de água devido a maior salinidade da água utilizada. Silva et al. (2006) mencionam que a variação nos valores de Kc é devida ao tipo de solo, disponibilidade de energia do local, cultivar plantada e idade da planta.

Os intervalos de confiança com 95% de probabilidade para cada estágio fenológico nos lisímetros estão apresentados na Tabela 3. Assim sendo, a média dos Kc nos lisímetros para as fases inicial e floração da população, com 95% de confiança, deve estar neste intervalo. Esses intervalos de confiança apresentaram valores inferiores para a fase I e superiores na fase III, quando comparados aos valores determinados no mesmo local por Santos et al. (2013) em cada uma destas fases fenológicas com a cultura do milho.

Tabela 3. Intervalo de confiança para a média dos Kc pelos lisímetros em cada estágio fenológico da *Crotalaria juncea* L..

Fases	Período – Dias	LIS S1	LIS S5
Inicial	18	$P(0,22 \leq \mu \leq 0,46) = 0,95$	$P(0,16 \leq \mu \leq 0,48) = 0,95$
Desenvolvimento	18	-	-
Floração	14	$P(1,27 \leq \mu \leq 1,55) = 0,95$	$P(1,13 \leq \mu \leq 1,49) = 0,95$

6 CONCLUSÕES

As plantas de *Crotalaria juncea* submetidas a um menor nível residual de salinidade (S1) no solo proporcionaram uma ETc 17,07% superior ao nível S5.

Os valores de Kc obtidos nas três fases de desenvolvimento comprovam o maior consumo de água pela cultura quando submetida a um menor nível de salinidade residual.

A *Crotalaria juncea* apresentou-se tolerante ao maior nível de salinidade residual (S5), demonstrando eficiência em sua utilização como adubação verde sem exigir um maior consumo hídrico e água de qualidade superior.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALMEIDA, B. M. **Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do milho sob condições de salinidade residual**. 2012, 82f. (Dissertação em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831- 839, set. 2004.

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

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M.; CRUZ, F. A.; SOUZA, A. P. Instalação, calibração e funcionamento de um lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.363- 372, mai./ago. 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF, 2013. 353 p.

FIGUEIRÊDO, V. B. **Evapotranspiração, crescimento e produção da melancia e melão irrigados com águas de diferentes salinidades**. 2008. 104f. (Doutorado em Agronomia -

Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.

FIGUEIRÊDO, V. B.; MEDEIROS, J. F.; ZOCOLER, J. L.; ESPINOLA SOBRINHO, J. Evapotranspiração da cultura da melancia irrigada com água de diferentes salinidades. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 172-338, abr./jun. 2009.

HEINEMANN, A. B.; SOUSA, S. A. V.; FRIZZONE, J. A. Determinação da lâmina ótima de água para cultura do milho doce na região de Sete Lagoas, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.147-151, jan./abr. 2001.

LIMA, R. M. S. **Evapotranspiração e produção da abóbora cultivar bárbaba sob diferentes níveis de salinidade e de adubação nitrogenada**. 2013. 86 f. (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

MEDEIROS, J. F. **Manejo da água de irrigação salina em estufa cultivada com pimentão**. 1998. 152p. (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

MEDEIROS, A. T.; SENTELHAS, P. C.; LIMA, R. N. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.1, p.31-40, set. 2003.

MELO, T. K.; MEDEIROS, J. F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; FIGUEIRÊDO, V. B.; PEREIRA, V. C.; CAMPOS, M. S. Evapotranspiração e produção do melão Gália irrigado com água de diferentes salinidades e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.12, p.1235–1242, set. 2011.

SANTOS A. O.; MAZIERO, J. V. G.; CAVALLI, A. C.; VALERIANO, M. M.; OLIVEIRA, H.; SANTOS, F. X.; RODRIGUES, J. V.; MONTENEGRO, A. A. A.; MOURA, R. F. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no Semi-Árido Nordeste. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.115-124, jan./mar. 2008.

SANTOS, W. O. **Necessidades hídricas, desenvolvimento e análise econômica da cultura do milho nas condições do semiárido brasileiro**. 2012. 105 f. (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

SANTOS, W. O.; NUNES, R. L. C.; GALVÃO, D. C.; PEREIRA, G. C.; MANIÇOBA, R. M.; LIMA, J. G. A.; VIANA, P. C. Evapotranspiração da cultura do milho verde, análise estatística. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 9, n. 1, p. 75-81, jan./mar, 2013.

SEDIYAMA, C. G.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relações clima – água – planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras/Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p. 46-85.

SILVA, L. D. B. **Evapotranspiração do capim tanzânia (*Panicum maximum* Jacq) e**

grama-batatais (*Paspalum notatum* Flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem. 2003. 93 f. (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SILVA, C. R.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, M. V.; CAMPECHE, L. F. S. M. Variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida 'Tahiti'. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.1, p.26-35, jan./mar. 2006.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II – Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 51-61, jan./fev. 2007.

SILVA, J. S. **Evapotranspiração e produção de melancia sob diferentes níveis de nitrogênio e da salinidade da água de irrigação.** 2010. 98f. (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

SOUSA, G. M. M. **Adubação orgânica e densidades de plantas em *Crotalaria juncea* antecedendo arroz.** 2011. 48f. (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.