

MANEJO DE ÁGUA PARA PRODUÇÃO DE ALFACE EM AMBIENTE PROTEGIDO

VERÔNICA DIAS DA SILVA¹ E SÉRGIO OLIVEIRA PINTO DE QUEIROZ²

¹ Mestre em Horticultura Irrigada, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Av Edgard Chastinet, s/n, CEP: 48905-680, Juazeiro, BA; veronicadiass@gmail.com;

² Prof. Titular, Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais, UNEB, Av Edgard Chastinet, s/n, CEP: 48905-680, Juazeiro, BA, e-mail: sopqueiroz@gmail.com

1 RESUMO

A produção de alface exige preciso manejo da irrigação em função do ciclo curto das cultivares, especialmente em ambiente protegido, pelo elevado custo de produção. O presente trabalho objetivou contribuir para o desenvolvimento de um sistema de produção de alface, em ambiente protegido, adequado às condições climáticas do Submédio do Vale do São Francisco. Foram realizados dois experimentos, no primeiro avaliou-se o desempenho produtivo de cultivares de alface dos grupos crespa, lisa e americana, sob manejo de irrigação por tensiometria, adotando delineamento experimental em blocos casualizados com nove cultivares de alface, repetidas cinco vezes. No experimento subsequente, as três cultivares selecionadas no experimento anterior foram produzidas sob cinco manejos de irrigação. Adotou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo cinco manejos de irrigação nas parcelas: reposição de água em 100%, 120% e 140% de evaporação do tanque classe A, evaporímetro de piche e tensiometria, e as cultivares nas subparcelas: Kaiser, Mônica e Elizabeth, repetidas sete vezes. Nos dois experimentos as variáveis analisadas foram: altura de plantas, massa da matéria fresca da parte aérea, número de folhas, diâmetro de roseta, massa da matéria seca da parte aérea, acrescentando-se no segundo produtividade e eficiência no uso da água. Observou-se que o maior valor obtido para eficiência no uso da água ocorreu no manejo por tanque classe A com reposição de água em 140% da lâmina de água evaporada, além de uma relação crescente com a elevação da lâmina de água aplicada para todas as variáveis analisadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa*, L.; manejo de água; evapotranspiração.

da SILVA, V. D.; de QUEIROZ, S. O. P.

WATER MANAGEMENT FOR PRODUCTION OF LETTUCE IN GREENHOUSE

2 ABSTRACT

The production of lettuce requires precise irrigation management due to the short cycle of production, especially in protected environment, because of the high production cost. This study aimed to contribute to the development of a system to grow lettuce in a protected environment suitable to the climatic conditions of the Lower Basin of the São Francisco Valley in Brazil.

Was carried two experiments, in the first was evaluated the productive performance of lettuce crisp, smooth and american cultivars groups, under irrigation management by tensiometry, adopting randomized complete block design with nine varieties of lettuce, repeated five times. In the second experiment, the three cultivars used in the previous experiment were grown under five irrigation managements. It was adopted a completely randomized design in a split plot, with five irrigation management in the plots: replacement of water by 100%, 120% and 140% from evaporation of the class A tank, piche evaporimeter and tensiometry, and three cultivars in subplots: Kaiser, Monica and Elizabeth, repeated seven times.

In both experiments the variables analyzed were: plant height (AP), the fresh mass of shoots (MMFPA), number of leaves (NF), roseter diameter (DR), dry mass of shoots (MMSPA) and was add to the second experiment the productivity (PROD) and water use efficiency (EUA). It was observed that the highest value obtained for efficient use of water occurred on the management using class A tank with 140% of water replenishment from the amount of water evaporated, and a correlation increase with increase of applied water to all variables.

KEYWORDS: *Lactuca Sativa*, L., water management, evapotranspiration.

3 INTRODUÇÃO

A alface é a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, sendo uma das hortaliças preferidas para saladas por ser refrescante, de sabor agradável e de fácil preparo, o que assegura à cultura expressiva importância econômica. Apresenta elevados teores de vitaminas, destacando-se seu teor de vitamina A (LOPES et al., 2003) e de sais minerais, indispensáveis na dieta alimentar, além de possuir baixo teor de calorias, aconselhável nas dietas por ser de fácil digestão (YURI et al., 2002).

A produção de alface, na região do Vale do Submédio do São Francisco exige escolha adequada de cultivares adaptadas à região e adequado manejo das condições edafo-climáticas e da água, em função do ciclo curto, do fato de constituir-se de alto percentual de água e pelo fato de ser uma cultura originária de clima temperado. Assim, para a região, a produção da cultura sob ambiente protegido constitui-se numa possibilidade de produção durante o ano inteiro devido à minimização de fatores climáticos. Mas conforme Dias et al. (2005); Queiroz et al. (2009) o manejo inadequado da irrigação pode trazer como consequência a salinização dos solos, prejudicando o rendimento de culturas sensíveis.

Dantas & Escobedo (1998), concluíram que os ambientes protegidos comparados ao ambiente natural no verão oferecem, para a região de Botucatu, SP, melhores condições energéticas para o crescimento, desenvolvimento e rendimento de cultivares de alface. Santana et al. (2009) constataram maior altura de plantas em tratamento conduzido em casa de vegetação com 50% de sombreamento, já o tratamento pleno sol obteve menores valores para o mesmo parâmetro. Radin et al. (2004) observaram que o cultivo em estufa acelera os parâmetros de crescimento de diferentes cultivares de alface, refletindo na antecipação da colheita. Palomino Montes (2008) observou menor evapotranspiração e maior eficiência no uso da água em alface cultivada dentro de ambiente protegido quando comparada ao cultivo fora do ambiente protegido em Viçosa, MG. Segovia et al. (1997) constataram que as plantas de alface cultivadas no interior da estufa apresentaram valores mais elevados dos parâmetros de crescimento de área foliar, massa verde da parte aérea, massa seca das folhas, do caule e das raízes.

A aplicação adequada da lâmina de irrigação proporciona elevação de produtividade e qualidade final do produto. O manejo da irrigação propicia tal adequação, podendo basear-se em dados climáticos ou do substrato de crescimento, utilizando metodologias diversas; todavia, o comprometimento de área produtiva deve ser considerado na escolha da metodologia a adotar, em função do elevado custo de produção em condições de ambiente protegido.

Assim foram avaliadas metodologias capazes de realizar o manejo da irrigação com exatidão, sem contudo, comprometer grande área para instalação de equipamentos, como evaporímetros instalados em ambiente atmosférico, como é o caso do tanque classe A, que devido à sua facilidade de operação, custo relativamente baixo e, principalmente, a possibilidade de instalação próximo à cultura a ser irrigada é bastante utilizado (VOLPE & CHURATA-MASCA, 1988). Evaporímetros que ocupam pequeno espaço e que podem ser instalados na parte interna da casa de vegetação, a exemplo, do Evaporímetro de Piche, que tem custo de aquisição muito baixo em relação a outros equipamentos meteorológicos (FERNANDES et al., 2011), é simples e barato, mas dificilmente representante da evaporação do solo (PELÁEZ, 2007) e a tensiometria, que tem sido utilizada por apresentar custo relativamente baixo (TORRE NETO, 1996), fácil instalação e bons resultados para manejo da água em culturas irrigadas, instalados diretamente no substrato de crescimento das plantas (AZEVEDO & SILVA, 1999).

A utilização de materiais genéticos de elevada produtividade, associada ao manejo de irrigação podem garantir a sustentabilidade do sistema de produção de alface, em condições de ambiente protegido. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de genótipos de alface, associando-o a estratégias de irrigação compatíveis com a produção de alface em ambiente protegido.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos, no primeiro avaliou-se o desempenho produtivo de cultivares de alface dos grupos crespa, lisa e americana, sob manejo de irrigação por tensiometria, adotando delineamento experimental em blocos casualizados com nove cultivares de alface, repetidas cinco vezes. No experimento subsequente, as três cultivares selecionadas no experimento anterior foram produzidas sob cinco manejos de irrigação. Adotou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, tendo cinco manejos de irrigação nas parcelas: reposição de água em 100%, 120% e 140% de evaporação do tanque classe A, evaporímetro de piche e tensiometria, e as cultivares nas subparcelas: Kaiser, Mônica e Elizabeth, repetidas sete vezes.

A primeira fase do experimento foi conduzida no período de dezembro de 2010 a março de 2011, em ambiente protegido, com sombrite de 50% de sombreamento, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS), Campus III, da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Juazeiro – BA, com 9° 25' S de latitude e 40° 30' W de longitude e altitude de 375,5m.

De modo a garantir o controle local, adotou-se delineamento em blocos casualizados, com cinco blocos e nove tratamentos, representados pelas cultivares de alface, com uma planta, repetição, por bloco, totalizando quarenta e cinco recipientes plásticos.

Avaliou-se cultivares de alface crespa: Cristina, Mônica, Simpson, Isabela e Elba; cultivar de alface lisa: Elizabeth, deste grupo utilizou-se apenas uma cultivar em função da

dificuldade em encontrar sementes de cultivares desde grupo na região; cultivares americanas: Kaiser, Irene e Tainá.

O semeio foi realizado em bandejas de poliestireno de 200 células, preenchidas com substrato comercial a base de casca de pinus, irrigadas duas vezes ao dia até o transplante após 30 dias, quando as plantas apresentam de cinco a seis folhas definitivas. O substrato foi acondicionado em recipientes plásticos com altura de 20 cm, diâmetro 21 cm e com capacidade para 7L.

O substrato de crescimento das plantas foi composto de solo coletado no Campus III da UNEB, da camada superficial do solo, 0-20 cm, sendo então peneirado, ao qual se adicionou húmus de minhoca na proporção de 8:1 e posto para secar ao ar livre. Posteriormente os recipientes foram preenchidos com o substrato e levados à balança para pesar o conteúdo de substrato objetivando manter a mesma densidade de solo e a uniformidade de peso de todos os vasos para garantir condições semelhantes de armazenamento de água.

A adubação foi realizada de acordo com recomendação de Bahia (1989), baseando-se em análise química completa. Para a adubação de plantio foram utilizados $18 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de uréia (45% de N), $222 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do adubo super simples (18% de P_2O_5) e $333 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de nitrato de potássio (12% de K_2O). Em cobertura, foram aplicados por vez, $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de sulfato de amônia (20% de N), aos 15 e 30 dias após o transplante.

O manejo de água baseou-se na tensiometria, sendo a curva característica de água do solo obtida a partir do uso de três recipientes plásticos de volume conhecido e um conjunto de três tensiômetros inseridos no substrato acondicionado no mesmo, um em cada recipiente. Inicialmente foi feita a saturação do solo por ascensão capilar, imergindo o recipiente plástico em bandeja contendo água, em valores próximos ao equilíbrio dinâmico entre potencial gravitacional e matricial. O mesmo foi pesado, quando então se iniciou a mensuração das tensões e teor volumétrico de água, através do uso de um tensiômetro digital de punção e balança com precisão de 0,01 g. Assim obteve-se a curva de retenção de água no solo, confeccionada a partir de uma equação potencial (Figura 1), representando o intervalo de tensão entre 8 e 53 kPa.

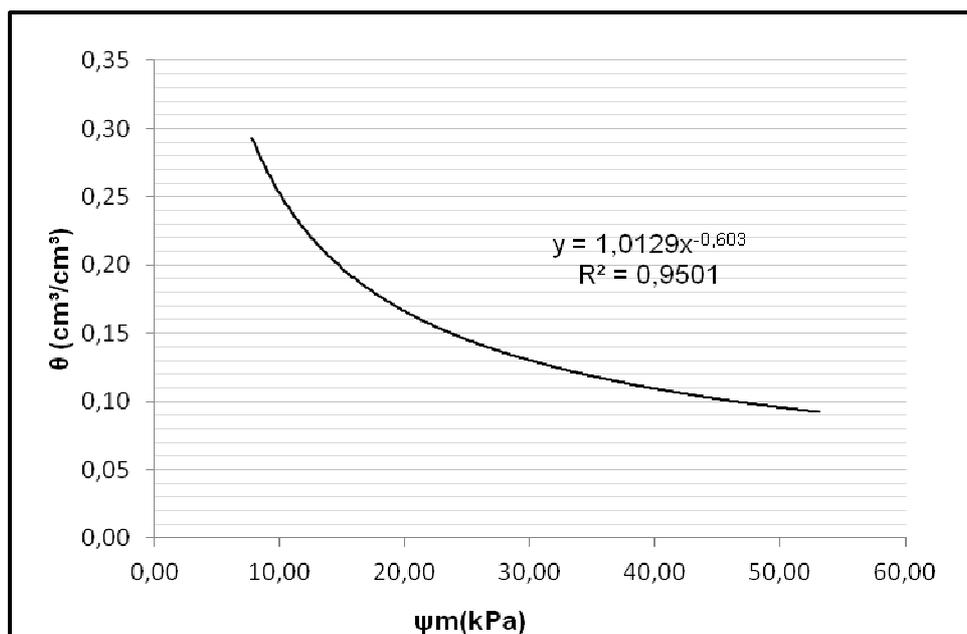


Figura 1. Curva de retenção de água para o solo utilizado na 1ª fase do experimento.

Após o transplante de mudas, foram instalados sete tensiômetros em vasos escolhidos aleatoriamente, depois da saturação em ambiente protegido. A tensão inicial adotada foi de 10 kPa, correspondente à Cc e a de reposição, de 30 kPa para indicar o momento de irrigar. O preparo e instalação dos tensiômetros foram feitos de acordo com as recomendações de Marouelli (2008), mantidas as mesmas condições de densidade e composição do substrato, além da profundidade de inserção dos tensiômetros, viabilizando o uso da curva característica obtida na fase anterior.

As variáveis avaliadas foram: altura de plantas (AP), massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA), número de folhas (NF), diâmetro de roseta (DR) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), sendo os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A fase subsequente foi também realizada no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais (DTCS), em ambiente protegido, com iguais condições de sombreamento, porém com características construtivas mais homogêneas.

O período experimental ocorreu de oito de junho de 2011 a doze de agosto de 2011, meses de inverno, em que as temperaturas costumam ser amenas se comparadas aos demais meses do ano na região e oscilam entre 22,1°C e 26,5°C (Embrapa, 2011).

A partir dos resultados obtidos no Experimento I foram selecionadas as três cultivares com melhor desempenho produtivo, nos três grupos avaliados, para condução em ambiente protegido, sendo os tratamentos adotados como manejos de irrigação água baseados em: tanque classe A 100%, 120% e 140% de reposição da lâmina de água evaporada; evaporímetro de Piche e tensiometria.

Adotou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, tendo os cinco manejos de irrigação nas parcelas e as três cultivares de alface: Elizabeth, Mônica e Kaiser nas subparcelas, com sete repetições.

O procedimento para obtenção da curva característica de água do solo foi realizado para o solo coletado no DTCS/UNEB, para a qual também foi realizada nova análise química. Os dados coletados permitiram a elaboração da curva de retenção, conforme descrito para o experimento I (Figura 2), com valores iniciais de tensão de 5 kPa até a tensão de 60 kPa.

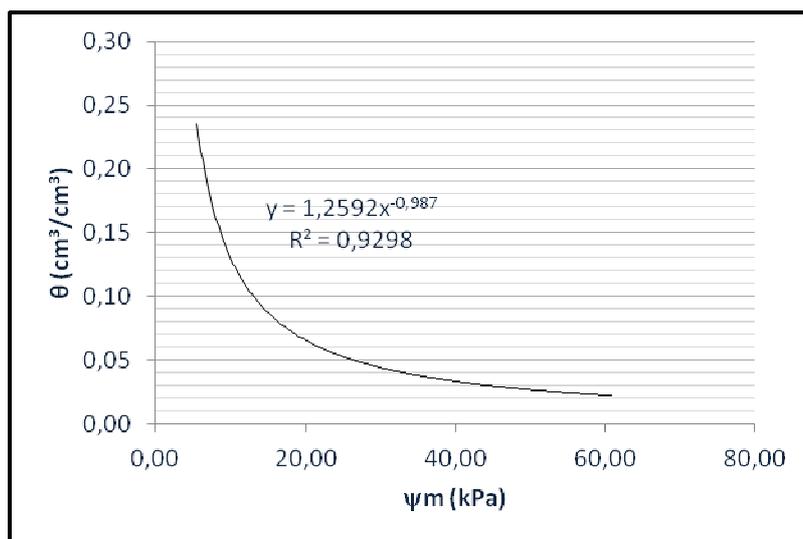


Figura 2. Curva de retenção de água para o solo utilizado na 2ª fase do experimento.

O semeio foi realizado no dia oito de junho de 2011, nas mesmas condições do experimento I, assim como a obtenção do substrado, com apenas uma modificação, a proporção do solo com húmus de minhoca foi de 16:1.

A adubação foi realizada conforme recomendado em Bahia (1989), baseada na análise química e para a adubação de plantio foram utilizados 18 kg.ha⁻¹ de uréia (45% de N), 222 kg.ha⁻¹ do adubo super simples (18% de P₂O₅) e 333 kg.ha⁻¹ de nitrato de potássio (12% de K₂O). Em cobertura, foram aplicados por vez, 200 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônia (20% de N), aos 15 e 30 dias após o transplântio.

Durante a primeira semana após o transplântio, os tratamentos receberam a mesma lâmina de irrigação, objetivando a uniformização do desenvolvimento inicial das plantas.

Nesta etapa estabeleceu-se a tensão em 15 kPa como tensão limite para reposição da lâmina de irrigação, utilizando a curva característica de água no solo.

As leituras do tanque classe A foram obtidas na estação meteorológica do campus III, sendo a medida da evaporação observada diariamente e multiplicada pelo coeficiente do tanque (Kp), o que resultou na evapotranspiração de referência (ET₀), sendo esta multiplicada pelo coeficiente da cultura (Kc), resultando na evapotranspiração da cultura (ETc). A lâmina de irrigação foi calculada diariamente com 100%, 120% e 140% de reposição da evaporação determinada no tanque Classe A.

O Evaporímetro de Piche foi instalado a 1,5 m do solo, consistindo em um tubo de vidro calibrado e fechado numa das extremidades, com comprimento de 350 mm, com diâmetro externo de 15 mm, escala em 300 divisões que corresponde à décimo de milímetro de altura de água evaporada e diâmetro do disco de papel de aproximadamente 3,25 mm. O tubo é preenchido com água destilada, fechado com um papel de filtro circular que é fixado na extremidade superior com uma presilha. A água evapora através do papel umedecido, baixando o nível dentro do tubo. As medições foram realizadas a cada 24 horas, de acordo com as Normas da OMM (Organização Meteorológica Mundial) e permitiram calcular a água evaporada de um dia para outro, conseqüentemente a quantidade de água a ser repostada em mm diariamente.

Para a aplicação da água, nas duas etapas, em todos os tratamentos utilizou-se uma proveta de 500 mL, calculando-se o volume a ser aplicado de acordo com a área do vaso e a evapotranspiração observada diariamente.

A colheita foi realizada 45 dias após o transplântio, quando se procedeu as avaliações de massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA), massa da matéria seca da parte aérea (PMSPA), com o mesmo procedimento da fase anterior, acrescido da determinação de produtividade (PROD) e eficiência no uso da água (EUA).

A eficiência no uso da água (EUA) foi calculada pela relação entre produtividade (kg.ha⁻¹) e lâmina de água aplicada (mm).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações realizadas ao final da fase inicial do experimento estão apresentados na Tabela 1, observando-se quanto à variável diâmetro de roseta, que todas as cultivares, com exceção das cultivares Simpson e Irene, apresentaram resultados estatísticos semelhantes entre si, sendo que estas apresentaram os menores diâmetros por não formarem

roseta definida, devido à exposição às altas temperaturas da região, denotando que, com exceção das duas, as demais demonstraram ser adequadas ao cultivo na região.

Tabela 1. Valores médios de diâmetro de roseta (DR), número de folhas por planta (NF), altura de plantas (AP), massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) de cultivares de alface submetidas a diferentes manejos de irrigação em ambiente

CULTIVARES	DR (cm)	NF	AP (cm)	MMFPA (g)	MMSPA (g)
CRESPAS					
Cristina	23,4 a	15,2 b	16,5 b	45,8 b	4,8 b
Mônica	24,3 a	17,0 b	17,2 b	55,4 b	5,6 a
Simpson	17,4 b	16,2 b	31,9 a	38,0 b	4,2 b
Isabela	23,2 a	19,0 b	15,4 b	54,0 b	6,2 a
Elba	22,8 a	19,2 b	15,6 b	44,2 b	4,0 b
LISA					
Elizabeth	26,8 a	32,4 a	20,9 b	66,4 a	7,4 a
AMERICANAS					
Kaiser	22,8 a	16,6 b	17,7 b	66,6 a	6,0 a
Irene	18,0 b	14,8 b	18,1 b	51,8 b	3,8 b
Tainá	21,4 a	16,2 b	16,0 b	73,6 a	5,8 a
CV %	14,39	16,83	19,87	30,8	31,51

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para número de folhas, a cultivar Elizabeth do grupo lisa apresentou resultado estatístico superior às demais. Figueiredo et al. (2004) observaram maior número de folhas em cultivares do grupo lisa, porém obtiveram maiores valores de massa seca e fresca da parte aérea em cultivares do grupo americana e maiores médias de volume de plantas em cultivares do grupo crespa, resultados semelhantes aos obtidos neste experimento, entretanto para massa da matéria fresca da parte aérea, as cultivares americanas Tainá e Kaiser e a lisa Elizabeth apresentaram valores superiores, considerando que a alface americana vem se destacando, principalmente, para atender às redes de “fast food” (BUENO, 1998) por apresentar folhas externas de coloração verde-escura, folhas internas de coloração amarela ou branca, imbricadas, semelhantes ao repolho e crocantes (MOTA et al., 2003). E a tipo lisa, conforme Filgueira (2008), é uma cultivar que é adaptada para as condições climáticas do semiárido do nordeste.

Para massa da matéria seca da parte aérea as cultivares crespas Mônica e Isabela apresentaram desempenho estatístico semelhante às americanas Kaiser e Tainá e à lisa Elizabeth. Andreani Júnior & Martins (2002) obtiveram elevada produção de massa de matéria seca na região de Fernandópolis (SP) em cultivo de verão para a cultivar Tainá, indicando o cultivo da mesma nessa estação e da cultivar Simpson na primavera.

Quanto à altura de plantas, a cultivar que apresentou resultado superior foi a Simpson, sendo que esta não é uma característica desejável, pois é função do pendoamento e

florescimento precoces, características comuns a cultivar quando exposta a altas temperaturas como relatado por Léo et al., (2000) em trabalho realizado no Acre e Ferreira et al. (2009), os quais verificaram que essa cultivar mostra-se menos adaptada ao cultivo sob temperatura elevada.

Observa-se que os resultados foram estatisticamente semelhantes, porém um dos objetivos desse experimento era selecionar uma cultivar de cada grupo para o experimento subsequente, sendo esta escolha baseada em diferenças de desempenho para massa da matéria fresca da parte aérea e diâmetro de roseta, assim no grupo de alface crespa a cultivar Mônica foi selecionada para a segunda fase do experimento.

A cultivar lisa Elizabeth foi selecionada para a fase subsequente do experimento, ressaltando que a mesma se destacou positivamente dentre todos os grupos de cultivares e, segundo Filgueira (2008), cultivares do tipo lisa apresentam resistência ao calor e ao pendoamento, tornando-se uma opção de cultivo para o semiárido nordestino e, finalmente, dentre as cultivares americanas a Kaiser se destacou pelo desempenho nas variáveis analisadas.

Na fase subsequente do experimento a ET_0 baseada na utilização do tanque classe A, apresentou uma variação diária entre 2,8 mm e 6,0 mm, não sendo este um dos dias em que se observou elevada temperatura do período, associada a baixa umidade relativa do ar e alta velocidade do vento, fatores determinantes para a evapotranspiração, sendo a evapotranspiração média diária observada de 5,07 mm.

Tabela 2. Dados de evapotranspiração (ET_0), evaporação do evaporímetro de piche (Epi), temperatura (T), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (Vv), observados nos meses de julho a agosto de 2011.

Data	ET_0 (mm)	Epi (mm)	T °C	UR %	Vv (km.dia ⁻¹)
15\07\11	5,1	6,4	24,3	55,6	189,4
16\07\11	5,5	7,5	24,6	53,7	216,6
17\07\11	5,3	6,6	23,7	48,9	216,0
18\07\11	4,2	5,4	22,8	56,2	179,9
19\07\11	5,2	6,1	23,7	63,7	202,7
20\07\11	6,0	7,4	23,6	54,4	217,9
21\07\11	5,2	6,5	23,9	55,5	230,7
22\07\11	4,6	6,6	23,7	58,5	207,8
23\07\11	5,8	7,2	24,2	57,8	275,6
24\07\11	5,9	8,9	24,7	49,7	301,9
25\07\11	4,8	5,7	23,4	65,2	318,5
26\07\11	5,0	7,9	23,0	58,2	235,5
27\07\11	4,1	5,5	22,6	56,4	254,1
28\07\11	5,7	5,0	22,4	67,7	263,3
29\07\11	5,1	5,2	23,2	62,2	191,7
30\07\11	5,1	7,4	24,8	56,2	197,3
31\07\11	2,8	4,5	23,7	80,0	237,2
01\08\11	5,8	5,5	24,8	61,2	186,4
02\08\11	5,2	6,5	24,5	56,4	132,3
03\08\11	4,8	7,3	24,4	46,8	131,1
04\08\11	5,9	6,1	26,0	49,2	148,8
05\08\11	5,2	7,9	25,2	50,9	252,1
06\08\11	4,7	5,5	24,7	62,1	218,5
07\08\11	4,8	7,4	24,1	55,0	217,6
Total	121,8	156	576,0	1381,5	5222,9
Média	5,075	6,5	24,0	57,7	217,6

Os dados de evapotranspiração de referência (ET_0) estimados a partir dos valores de evaporação do Tanque Classe A (TCA), no período de condução do experimento, totalizaram 121,7 mm, enquanto a evaporação determinada no Evaporímetro de Piche (Epi) totalizou 156 mm, com valores médios diários respectivamente de $5,07 \text{ mm.dia}^{-1}$, e $6,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, denotando que a maior evaporação máxima da cultura no período foi obtida no manejo por evaporímetro de piche, sendo esta 22% superior à menor evapotranspiração observada no tanque classe A.

Estes dados não condizem com a afirmação de Ferreira et al., (2009) de que a evaporação do tanque é maior que a do abrigo (Evaporímetro de Piche), isto se deve, provavelmente, ao fato de que em abrigos meteorológicos o instrumento encontra-se mais protegido de fatores meteorológicos como o vento e a radiação solar do que em casa de vegetação e ao fato de que, conforme Duarte et al., (2003), nos meses de outono e inverno a Epi excede a evaporação do Tanque Classe A (ECA), devido a atenuação no período de inverno do poder evaporativo do ar, ou seja, do poder do ar ambiente em absorver vapor d'água.

A maior evapotranspiração máxima da alface, baseada na Epi foi de 8,9 mm, dia em que a evapotranspiração no tanque classe A também foi alta, de 5,9 mm, com temperatura de $24,7^\circ\text{C}$, UR de 49,7% e velocidade do vento em $301,9 \text{ km.dia}^{-1}$, resultando na maior lâmina de reposição de água no decorrer do experimento.

O maior valor obtido para eficiência do uso da água (EUA) foi observado no manejo correspondente à aplicação de 140% da lâmina de água ECA (Tabela 3), tendência também observada por Cuppini et al., (2010) avaliando o efeito da irrigação na produção da cultura da alface em ambiente protegido no Rio Grande do Sul, mas em discordância com o observado por Andrade Júnior & Klar (1997), em Botucatu, SP, quando a EUA diminuiu com o acréscimo da lâmina de água, demonstrando que sob condições ambientais diversas, a eficiência no uso da água pode variar para uma mesma cultura.

Tabela 3. Valores médios de produtividade, lâmina de água aplicada e eficiência do uso da água obtidos de cultivares de alface submetidas a diferentes manejos de irrigação, em ambiente protegido.

Manejos	Produtividade (t.ha^{-1})	Lâmina aplicada (mm)	EUA ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$)
TENS	12,02d	123,16	97,60
T 100%	10,94e	121,19	90,27
T 120%	15,39c	145,53	105,75
EVAP	17,41b	154,42	112,74
T 140%	21,84a	154,78	141,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Analisando os resultados de EUA e lâmina de água aplicada, verifica-se que em média, a lâmina aplicada foi maior no manejo de irrigação por tensiometria do que no T 100%, assim como a produtividade média (Tabela 3) na tensiometria ($12,02 \text{ kg ha}^{-1}$) também

foi maior do que no T 100% (10,94 kg ha⁻¹), resultando em maior EUA para o tratamento tensiometria. Isso indica que a maior disponibilidade de água no solo ao longo do ciclo da cultura, proporcionada pelo manejo de irrigação baseado na tensiometria, levou ao aumento relativo da lâmina aplicada as plantas, resultando em maior produtividade e aumento da EUA, para a cultura em questão.

Estes resultados estão em conformidade com dados obtidos por Bandeira et al. (2011) que obtiveram maior EUA para o manejo que aplicou maior lâmina de água, para condições de clima semiárido, tal eficiência esteve relacionada ao manejo por tensiometria quando comparado ao T 100%. Porém, quando se aumentou o percentual de água evaporada do Tanque classe A, observou-se um aumento linear tanto na produtividade quanto na EUA, denotando que esse aumento de lâmina de água aplicada foi benéfico para a produção da cultura na região. Resultado também observado nas condições edafoclimáticas de Viçosa (MG) por Pelúzio (1992) utilizando alface cv. 'Vitória', evidenciaram que a EUA aumentou à medida que cresceu o nível de água aplicado, sendo que a eficiência máxima foi obtida com a aplicação do nível 1,4 da ECA.

As plantas que foram irrigadas com base nos manejos por Tanque classe A, 120% e 140%, e por Evaporímetro de Piche apresentaram maior diâmetro de roseta, sendo estatisticamente semelhantes e superiores aos demais, ou seja, os manejos em que se aplicou as maiores lâminas de água foram os que promoveram maior diâmetro de roseta, sendo esta uma das principais características procuradas pelos produtores de alface. Este fato confirma que para se obter um produto final de qualidade superior, para as condições do Submédio do Vale do São Francisco, faz-se necessário adotar estratégias de manejo adequadas para reposição de água, o que é reforçado pelo fato de a alface ser uma folhosa constituída por 94% de água.

Tabela 4. Valores médios de diâmetro de roseta (DR), altura de plantas (ALT), número de folhas por planta (NF), massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA) e massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) de cultivares de alface submetidas a diferentes manejos de irrigação, em ambiente protegido.

Manejos	DR (cm)	ALT (cm)	NF	MMFPA (g)	MMSPA (g)
TENS	26,86 b	14,69 c	16,14 c	48,10 c	4,17 c
T 100%	25,72 b	14,53 c	16,95 c	43,76 c	4,76 c
T 120%	31,24 a	15,88 b	20,67ab	61,57 bc	6,52 b
EVAP	31,05 a	16,21 b	19,76 b	69,66 ab	7,14 b
T 140%	33,65 a	18,50 a	21,80 a	87,38 a	8,52 a
CV %	9,9	5,56	8,53	28,94	16,89
Cultivares					
Mônica	27,58 B	15,24 B	14,60 B	54,38 B	5,73 B
Elizabeth	32,39 A	16,94 A	27,08 A	62,64 AB	6,79 A
Kaiser	29,00 B	15,62 B	15,32 B	69,29 A	6,21 AB
CV%	9,36	7,66	9,19	16,31	18,29

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores de altura de plantas variaram entre 14,7 cm e 18,5 cm, sendo que a cultivar lisa apresentou maior altura, seguida da americana e da crespa. Chaves et al. (2004), Negreiros et al. (2002) e Soundy et al. (2005) obtiveram valores inferiores; contudo Bezerra Neto (2005) avaliando telas de sombreamento no Rio Grande do Norte obtiveram valores superiores aos encontrados neste experimento. Quanto aos manejos foi obtido melhor resultado no manejo por tanque classe A, com reposição equivalente a 140%, que foi estatisticamente superior aos demais.

O menor número de folhas foi obtido no manejo por tensiometria e o maior no manejo por tanque classe A 140%, sendo este igual ao manejo por tanque classe A 120% e ambos superiores aos demais. A cultivar lisa apresentou desempenho superior às demais. Em concordância com relato de Maggi (2006). Chaves et al.,(2004) também observaram variação no número de folhas entre cultivares, enquanto Radin et al. (2004) verificaram que cultivares de alface produziram maior número de folhas quando produzidas em estufa, se comparadas à produção em ambiente atmosférico.

Os valores de massa da matéria fresca da parte aérea (MMFPA) foram inferiores aos obtidos por Cardoso & Klar (2009) ao estudarem potenciais de água no solo na produção de alface, onde obtiveram valores de MMFPA variando de 60 a 180 g.planta⁻¹ de massa fresca, porém, assemelham-se aos obtidos por Araújo et al.,(2010).

Santos & Pereira (2004) verificaram que plantas submetidas à tensão de 15 kPa e com uma lâmina total de água igual 152,7 mm obtiveram máximo peso da matéria fresca da parte comercial de 661,72 g em Lavras, MG, sendo neste trabalho o máximo peso obtido da matéria fresca da parte comercial com uma lâmina total de 154,78 mm. Vilas Boas et al. (2008) obtiveram produção comercial máxima para cultivares de alface Verônica e Hortência com aplicação de uma lâmina total de 244,9 mm para condições de Lavras, MG. Silva et al. (2008) obtiveram produtividade máxima para cultivar americana com lâmina total de 208,03 mm em Lavras – MG.

A massa da matéria fresca da parte aérea foi superior nas plantas submetidas ao manejo por tanque classe com reposição de 140% da lâmina de água evaporada e no manejo por Evaporímetro de Piche, sendo estes estatisticamente iguais. Este resultado é semelhante ao obtido por Araújo et al. (2010) que estudando o comportamento da cultivar Verônica em ambiente protegido com lâminas de tanque classe A correspondente a 20%, 40%, 60%, 80%, 100% e 120%, observaram que aplicação da lâmina de irrigação equivalente até 120% da ECA proporciona um aumento linear na produção da alface cultivada em ambiente protegido. Isto mostra que, como afirmam estes autores, a alface é uma cultura que responde a elevadas lâminas de irrigação, pois a água, além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência (SANTOS & CARLESSO, 1998) e conforme Taiz & Zeiger (1991) o déficit hídrico pode causar decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da senescência e abscisão das folhas.

Por outro lado Andrade Júnior & Klar (1997) obtiveram melhores resultados de massa da matéria fresca e produtividade com a aplicação de 75% da ECA e Cuppini et al. (2010) trabalhando com alface “pira roxa” em ambiente protegido, manejada através do tanque classe A afirmam que a lâmina de irrigação de 50% da ECA é tão eficiente quanto as lâminas de 75%, 100% e 125%, pois resultam em uma boa produtividade, além de economizar água, fato que não foi observado neste trabalho.

Os valores obtidos de massa da matéria seca da parte aérea foram semelhantes aos obtidos por Chaves et al. (2004) e Grangeiro et al. (2006). O manejo por Tanque classe A 140% foi superior a todos os manejos, sendo que o Tanque classe A 120% e o evaporímetro foram inferiores aquele, mas superiores ao ECA e a tensiometria.

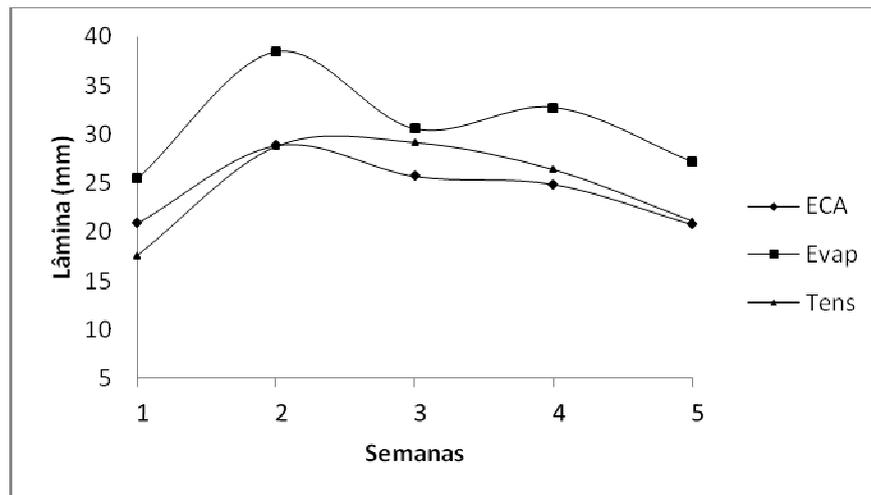


Figura 3. Valores de lâminas de água aplicada através de tensiometria, tanque classe A e Evaporímetro de Piche.

Pode-se observar na Figura 3 que a curva de lâmina de água baseada no tanque classe A apresenta tendência semelhante à curva de reposição de água aplicada baseando-se no Evaporímetro de Piche. Já a curva de reposição de água aplicada baseada na tensiometria apresenta comportamento diferente. As lâminas estimadas no ambiente interno não foram sempre inferiores às estimadas no ambiente atmosférico, como observado por Fernandes et al. (2004) e Farias et al. (1994) dentro de casas de vegetação a ET_0 é sempre inferior a ET_0 em ambiente atmosférico.

6 CONCLUSÕES

Para as condições ambientais é possível concluir que:

1. A cultivar Elizabeth do grupo lisa apresentou o melhor desempenho produtivo;
2. O manejo por Tanque Classe A com reposição de 140% da lâmina de evaporação proporcionou maior rendimento produtivo;
3. A eficiência no uso da água se elevou com o acréscimo na lâmina total de água aplicada.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; KLAR, A.E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque classe A). **Scientia. Agrícola**, Piracicaba, v.54, n. 1-2, p.31-38, 1997.

ANDREANI JUNIOR, R.; MARTINS, DR. Avaliação de cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) para plantio na primavera-verão na região de Fernandópolis-SP. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.2, 2002.

ARAÚJO, W.F.; SOUZA, K.T.S.; VIANA, T.V.A.; AZEVEDO, B.M.; OLIVEIRA, G.A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. **Caatinga**, Mossoró, v.23, n.4, p.115-120, 2010.

AZEVEDO, J.A.; SILVA, E.M. **Tensiômetro**: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 33p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 001). 1999.

BAHIA. Comissão Estadual de Fertilidade do solo, Salvador-BA. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 2ª ed. ver. aument. Salvador. 1989. CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL.

BANDEIRA, G.R.L.; PINTO, H.C.S.; MAGALHÃES, P.S.; ARAGÃO, C.A.; QUEIROZ, S.O.P.; SOUZA, E.R.; SEIDO, S.L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, p.237-241, 2011.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R.C.C.; NEGREIROS, M.Z.; ROCHA, R.H.; QUEIROGA, R.C.F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2, p.189-192, 2005.

BUENO, R.C. **Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido**. Lavras: UFLA. 54p. (Dissertação mestrado). 1998.

CARDOSO, G.G.G.; KLAR, A.E. Potenciais de água no solo na produção de alface. **Irriga**, Botucatu, v.4, n.2, p.170-179, 2009.

CHAVES, S.W.P.; MEDEIROS, J.F.; NEGREIROS, M.Z.; SILVA, A.K.M.; FREITAS, K.K.C. Rendimento de alface em função da cobertura do solo e frequência de irrigação. **Caatinga**, Mossoró, v.17, n.1, p.25-31, 2004.

CUPPINI, D.M.; ZOTTI, N.C.; LEITE, J.A.O. Efeito da irrigação na produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade "Pira roxa", manejada através de "tanque classe A" em ambiente protegido. **Perspectiva**, Erichim, v.34, n.127, p.53-61, 2010.

DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F. Índices morfo-fisiológicos e rendimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.27-31, 1998.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; SOARES, T.M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.496-504, 2005.

DUARTE, W.O.; BARROS, D.L.; ASSUNÇÃO, W.L. Comparação entre leituras diárias do tanque classe "A" e o evaporímetro de piche, da estação climatológica da UFU. In: **Simpósio Regional de Geografia Perspectivas para o Cerrado no Século XXI**, 2, Uberlândia: UFU, p. 6-7. 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em www.cpatsa.embrapa.br. Acesso em 20/11/2011.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.17-22. 1994.

FERNANDES, A.L.T.; FRAGA JÚNIOR, E.F.; TAKAY, B.Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.3, p.270-276, 2011.

FERNANDES, C.; CORÁ, J.E.; ARAÚJO, J.A.C. Utilização do tanque classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal v.24, n.3, p.46-50, 2004.

FERREIRA, J.C.; VIEIRA, C.S.; ANDRADE, M.A.L.; SILVA, A.M.; SOBUE, G.; SOARES, V.M. Relações entre a radiação solar e a evaporação de água medida em tanque classe-A em abrigo termométrico. **REA – Revista de estudos ambientais** v.11, n.1, p.36-43, 2009.

FIGUEIREDO, E.B.; MALHEIROS, E.B.; BRAZ, L.T. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, p.66-71, 2004.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª Ed. Viçosa: UFV, 421p. 2008.

GRANGEIRO, L.C.; COSTA, K.R.; MEDEIROS, M.A.; SALVIANO, A.M.; NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S.L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 24, p.190-194. 2006.

LÉDO, F.J.S.; SOUSA, J.A.; SILVA, M.R. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.3, p.225-228, 2000.

LOPES, M.C.; FREIRE, M.; MATTE, J.C.; GÄRTNER, M.; FRANZENER, G.; NOGAROLLI, E.L.; SEVIGNANI, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**, Brasília v.21, n.3, p. 211-215, 2003.

MAGGI, M.F. **Espacialização da evaporação e produção de três variedades de alface sob diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo - Faculdade de Ciências Agrônomicas. 65p. (Tese de Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem). 2006.

MARQUELLI, W.A. **Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 15p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57). 2008.

- MOTA, J.H.; YURI, J.E.; FREITAS, S.A.C.; RODRIGUES JUNIOR, J.C.; RESENDE, G.M.; SOUZA, R.J. Avaliação de cultivares de alface americana durante o verão em Santana da Vargem, MG. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.234-237, 2003.
- NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F.; PORTO, V.C.N.; SANTOS, R.H.S. Cultivares de alface em sistemas solteiro e consorciado com cenoura em Mossoró. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.162-166, 2002.
- PAMOLINO MONTES, D.R. **Evapotranspiração da cultura da alface dentro e fora de ambiente protegido**. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa. 83 p. (Tese de mestrado em Engenharia Agrícola). 2008.
- PELÁEZ, J.R.T. Consideraciones prácticas sobre la evaporación en los embalses de la España peninsular Practical considerations about evaporation in Spanish reservoirs. Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX . Col. 1.947. **Revista de Obras Públicas/Nº 3.476**, 2007.
- PELÚZIO, J. B. E. **Crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em casa-de-vegetação com seis níveis de água e cobertura do solo com seis filmes coloridos de polietileno**. 102 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.
- QUEIROZ, S.O.P.; TESTEZLAF, R.; MATSURA, E.E. Metodologia para avaliação da salinidade do solo em ambiente protegido. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.3, p.383-397, 2009.
- RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.178-181, 2004.
- SANTANA, C.V.S.; ALMEIDA, A.C.; TURCO, S.H.N. Produção de alface roxa em ambientes sombreados na região do Submédio São Francisco – BA. **Revista Verde**, Mossoró, v.4, n.3, p.1-6, 2009.
- SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.
- SANTOS, S.R.; PEREIRA, G.M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.24, n.3, p.569-577, 2004.
- SEGOVIA, J.F.O.; ANDRIOLO, J.L.; BURIOL, G.A.; SCHENEIDER, F.M. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.37-41, 1997.
- SILVA, P.A.M.; PEREIRA, G.M.; REIS, R.P.; LIMA, L.A.; TAVEIRA, J.H.S. Função de resposta da alface americana aos níveis de água e adubação nitrogenada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.4, p.1266-1271, 2008.

SOUNDY, P.; CANTLIFFE, D.J.; HOCHMUTH, G.J.; STOFFELLA, P.J. Management of Nitrogen and Irrigation in lettuce transplant production affects transplant root and shoot development and subsequent crop yields. **HortScience**, v.40, n.3, p.607-610, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. California: The Benjamim/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City. 559p, 1991.

TORRE NETO, A. **Recomendações técnicas sobre sistemas de controle automáticos para agricultura irrigada. Recomendação técnica**. Nº 5\96 Embrapa\Novembro,1996.

VILAS BOAS, R.C.; JACINTO DE ASSUNÇÃO; GOMES, L.A.A.; SOUSA, A.M.G.; RODRIGUES, R.C.; SOUZA JUNIOR, K. Avaliação técnica e econômica da produção de alface tipo crespa em função de lâminas de irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.525-531, 2008.

VOLPE, C.A.; CHURATA-MASCA, M.G.C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque Classe A**. Jaboticabal: FUNEP, 19p. 1988.

YURI, J.E.; SOUZA, R.J.; FREITAS, S.A.C.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C.; MOTA, J.H. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, p.229-232, 2002.