

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Avaliação do desempenho da cultura da alface
(*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de
produção, sob diferentes lâminas de irrigação e
coberturas do solo**

Márcio Emanuel de Lima

2007



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa*) CULTIVADA EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO, SOB DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E COBERTURAS DO SOLO

MÁRCIO EMANOEL DE LIMA

Sob a Orientação do Professor
Daniel Fonseca de Carvalho

e Co-orientação do Pesquisador
José Guilherme Marinho Guerra

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2007

635.52 Lima, Márcio Emanuel de, 1978-
L732a Avaliação do desempenho da
T cultura da alface (*Lactuca sativa*)
cultivada em sistema orgânico de
produção, sob diferentes lâminas de
irrigação e coberturas de solo /
Márcio Emanuel de Lima. - 2007.

77 f. : il.

Orientador: Daniel Fonseca de
Carvalho.

Dissertação (mestrado) -
Universidade Federal Rural do Rio
de Janeiro, Instituto de
Agronomia.

Bibliografia: f. 63-70.

1. Alface - Cultivo - Teses. 2.
Alface - Cultivo - Rendimento -
Teses. 3. Alface - Irrigação -
Teses. 4. Alface - Manejo - Teses.
I. Carvalho, Daniel Fonseca de,
1968- II. Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Instituto
de Agronomia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

MÁRCIO EMANOEL DE LIMA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**,
no Curso de Pós-graduação em Fitotecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/02/2007

Daniel Fonseca de Carvalho. Dr. UFRRJ

(Orientador)

José Antonio Azevedo Espíndola. Dr. Embrapa-AGROBIOLOGIA

Luiz Fernando Coutinho de Oliveira. Dr. UFG

DEDICATÓRIA

*Ao meu querido pai Sebastião Batista de Lima, a
minha querida mãe Maria Terezilha dos Santos Lima,
por todo amor, confiança e carinho*

Aos meus irmãos Joaldo, Carlos e Marcos.

A minha amada Melissa.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar e por sempre ter mostrado uma luz nos momentos difíceis da minha vida.

Aos meus pais (Sebastião e Terezilha), pelo quais tenho um grande respeito, amor e que me deram toda educação fundamental para conseguir lutar na vida, acreditando e dando-me a oportunidade de mostrar meu potencial.

Aos meus amados irmãos Joaldo, Carlinhos e Marquinhos pelas palavras de motivação, ajuda financeira e muito companheirismo durante essa fase da minha vida.

Aos meus queridos afilhados Guilherme e Milena, que tenho grande carinho e que muito me motiva na busca de meus objetivos.

Aos meus sobrinhos Lucas, Nicolas, Kálita, Pedro Henrique, Filipe e Lávnia pelo respeito e carinho.

As minhas cunhadas-irmãs Maria Rita, Patrícia e Gisele por trazerem a alegria que faltava em nossa família.

A minha família em geral que muito acredita em mim.

A Melissa pela paciência principalmente durante o período de execução do trabalho de campo, pelo amor e atenção e ajuda na minha carreira profissional durante esses sete anos de convivência, meu muito obrigado e Te Amo.

A toda família da Melissa: Gilberta, Edílson, Jacira, Daniele, Robson, Michele, Marcelo, Alexandre, Ana Lúcia e Franciane pelo carinho, motivação e as horas de confraternização que me ofereceram.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que me acolheu durante esses 7 anos.

Ao amigo Claudinei Duarte pelo empréstimo do material eletrônico (computador), muito obrigado e que Deus lhe pague.

Ao curso de Pós Graduação em Fitotecnia pela oportunidade oferecida.

A Embrapa Agrobiologia pela infra-estrutura e apoio.

Ao professor Daniel Fonseca de Carvalho e ao pesquisador José Guilherme pela orientação, confiança, amizade e ensinamentos.

Aos amigos e professores Leonardo Duarte e Jorge Pimenta pelos muitos conselhos e ensinamentos acadêmicos.

Ao professor Raul de Lucena pelo apoio constante na condução dos trabalhos.

Aos Funcionários da Embrapa, e ao funcionário Jair Guedes da Rural pela análise de solo.

Aos funcionários da fazendinha.

A professora Cristina Maria Barra e ao professor Otávio Lã pela iniciação na pesquisa, pela amizade e conselhos.

Aos amigos Gilma, Cláudia, Junior e Luiz pela ajuda fundamental no experimento de campo, pela acolhida em sua casa e pelos momentos de alegria proporcionada.

Aos amigos da UFRRJ Raphael Pedroso, Bárbara, Ronaldo, José Henrique, Cleiton, Deusimar, Márcio Freitas, Danilo que muito me incentivaram para que eu pudesse concluir esse estudo.

Aos estagiários do grupo de pesquisa, principalmente Adilson pela ajuda na condução do experimento, Marinaldo, Elenilson pela ajuda nos momentos estratégicos.

Ao CNPq pelo apoio financeiro oferecido durante esses anos.

Aos amigos de **Goianésia-GO**.

A todos que de alguma forma me ajudaram chegar até aqui.

BIOGRAFIA

Márcio Emanuel de Lima, nascido no mês de março de 1978 em Goianésia-GO, onde conclui o ensino médio no Colégio Estadual Jales Machado no ano de 1993. Iniciou o curso de técnico em agropecuária em março de 1995 na EAF Ceres-GO, concluindo com o título de Técnico em Agropecuária no ano de 1997. Nos anos de 1998 a 2000 atuou com fiscal agropecuário na Agência Rural do Estado de Goiás. Em março de 2000 ingressou na UFRRJ, inicialmente cursando Licenciatura em Ciências Agrícola, transferindo para o curso de Agronomia em maio de 2001, onde conclui o curso com título de Engenheiro Agrônomo em março de 2005. Durante o período que cursou a faculdade foi bolsista de iniciação científica de agosto de 2001 a março de 2005, atuando na área de química ambiental sob orientação dos professores Cristina Maria Barra e Otávio Lã desenvolvendo trabalhos relacionados com a biodisponibilidade de metais no solo. Em 2005 iniciou o curso de Pós-Graduação em Fitotecnia na UFRRJ desenvolvendo sua dissertação junto ao grupo de pesquisa Água e Solo em Sistemas Agrícolas da UFRRJ, concluindo em fevereiro de 2007.

RESUMO GERAL

LIMA, Márcio Emanuel. **Avaliação do desempenho da cultura da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema orgânico de produção, sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo**. Seropédica: UFRRJ, 2007. 77 p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

O presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito de diferentes níveis de irrigação manejada com base na evaporação do tanque Classe A no crescimento e desempenho da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em diferentes épocas do ano em solo com e sem utilização de cobertura morta. Foram conduzidas duas séries de experimentos avaliando o efeito de diferentes níveis de água, na primeira etapa determinaram-se as taxas de crescimento da cultura e na segunda avaliou o desempenho da alface cultivada em um solo com e sem utilização de cobertura morta. Ambas as séries foram realizadas na área experimental do SIPA (Sistema Integrado de produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ. O delineamento experimental adotado no primeiro ensaio foi de blocos casualizados, com 5 tratamentos (25, 50, 80, 100 e 115 % da evapotranspiração da cultura - ETc) e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais contendo 44 plantas por parcela. Foram realizadas coletas das plantas durante o ciclo da cultura aos 10, 16, 22, 28 e 32 dias após transplântio (DAT), com vista a determinar as taxas de crescimento das plantas pelo método funcional, sendo analisadas as variáveis área foliar e massa seca das plantas. Aos 32 DAT foi caracterizada a produtividade da cultura pela análise das variáveis área foliar, massa fresca, número de folhas e diâmetro da cabeça. A cultura apresentou um crescimento lento até o 22^o dia de cultivo, sendo observado, a partir desta data, um maior acúmulo de biomassa e aumento de área foliar. O tratamento que repunha uma lâmina de 80% ETc proporcionou um melhor desempenho da cultura em relação à produtividade em todas as variáveis analisadas, mas não foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos, devido a umidade do solo permanecer homogênea durante a condução do experimento. Na segunda etapa, foram conduzidos dois experimentos simultâneos, sendo aplicados 5 níveis de irrigação (25, 50, 80, 100 e 115 % ETc), em duas condições de cobertura do solo: solo nú e solo coberto com palha de leguminosa gliricídia (*Gliricidia sepium*). O delineamento adotado foi de blocos casualizados, com 5 tratamentos (lâminas de irrigação) e 4 repetições. Após atender todas as pressuposições do ponto de vistas estatístico, foi realizada uma análise conjunta dos dados, com regressão para a variável nível de irrigação, e teste F para a variável cobertura morta. Para as variáveis analisadas, no sistema de plantio com cobertura morta houve um aumento na área foliar, massa fresca e número de folhas até o nível de 100 % ETc e para o nível de 115%, houve um decréscimo das mesmas, devido ao excesso de umidade. Utilizando as equações ajustadas, os valores máximos das variáveis estudadas foram observados no intervalo das lâminas de irrigação 80 e 100 % da ETc. No sistema de plantio sem cobertura morta, os níveis de irrigação analisados não foram suficientes para manifestar o máximo rendimento da cultura. Na análise conjunta para a variável massa fresca, o sistema de cultivo com utilização de cobertura morta foi superior ao sem cobertura diferenciando estatisticamente ao nível de 5 % probabilidade pelo teste F. Somente não foram observadas diferenças estatísticas entre as lâminas correspondentes a 25 e 115 % ETc, demonstrando que somente a utilização de cobertura morta não é suficiente para obtenção de melhores produtividades.

Palavras chaves: Manejo da irrigação, tanque Classe A, análise de crescimento, cobertura morta.

ABSTRACT

LIMA, Márcio Emanuel. Evaluation of the acting of the culture of the lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in organic system of production, under different irrigation sheets and coverings of the soil. Seropédica: UFRRJ, 2007. 77 p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

The present work had like objective study the effect of different levels of irrigation handled on the basis of the evaporation of the tank Class TO in the growth and performance of the lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in different epochs of the year in soil with and without utilization of dead cover. They were driven two series of experiments evaluating the effect of different levels of water in the first phase they determined itself the growth rates of the culture and in the second one evaluated the performance of the lettuce cultivated in a soil with and without utilization of dead cover. Both the series were carried out in the experimental area of the SIPA (System Integrated of output Agroecológica), located in the town of Seropédica-Rio de Janeiro. The experimental delineation adopted in the first essay was in randomized blocks, with 5 handlings (25, 50, 80, 100 and 115% of the evapotranspiration of the culture - ETc) and four repetitions, totalling up 20 experimental units containing 44 plants by installment. They were carried out collections of the plants during the cycle of the culture to the 10, 16, 22, 28 and 32 days after transplant (DAT), with an aim to determine the growth rates of them plants by the functional approach, being analyzed the variables area foliar and batter drought of the plants. To the 32 DAT was characterized the productivity of the culture by the analysis of the variables area foliar, fresh batter, number of sheets and diameter of the head. The culture presented a slow growth to the cultivation day 22o, being observed, from this date, a bigger accumulation of biomassa and increase of area foliar. The handling that replaced a sheet of 80% ETc provided a better performance of the culture regarding the productivity in all the variables analyzed, but was not possible observe significant differences between the handlings, due to humidity of soil to remain homogeneous during the conduction of the experiment. In the second phase, were driven two simultaneous experiments, being applied 5 levels of irrigation (25, 50, 80, 100 and 115% ETc), in two conditions of cover of him soil: soil nú and soil covered with straw of leguminous plant gliricídia (*Gliricidia sepium*). The delineation adopted was in randomized blocks, with 5 handlings (sheets of irrigation) and 4 repetitions. After it attend all the of the statistical viewpoint, was carried out a joint analysis of the facts, with regression for the irrigation level variable, and test F for the variable dead cover. For the variables analyzed, in the system of plantation with dead cover had an increase in the area foliar, fresh batter and number of sheets to the level of 100% ETc and for the level of 115%, had a decrescimento of the same, due to the excess of humidity. Utilizing the equations adjusted, the maximum values of the variables studied were observed in the break of the sheets of irrigation 80 and 100% of the ETc. In the system of plantation without dead cover, the levels of irrigation analyzed were not sufficient for manifest the maximum performance of the culture. In the joint analysis for the variable fresh batter, the system of cultivation with utilization of dead cover was over the without cover differentiating estatisticamente level with 5% probability by the test F. Only not they were observed statistical differences between the corresponding sheets to 25 and 115% ETc, showing that only the utilization of dead cover is not sufficient for obtaining of better productivity.

Key words: Irrigation management, Pan class A, growth analysis, mulching.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização dos coletores para determinação da lâmina de irrigação aplicada.....	18
Figura 2 – Perfil de distribuição de precipitação utilizando apenas um aspersor.....	19
Figura 3 - Croqui da área experimental, com as plantas úteis circuladas.....	20
Figura 4 – Tensímetro da marca FILLER, utilizado para monitorar a tensão da água no solo.	20
Figura 5 – Curva de calibração dos tensiômetros nas profundidades de 0,10 m (a) e 0,20 m (b).	21
Figura 6 – Vista dos sensores da estação meteorológica automática instalada na área experimental do SIPA.....	21
Figura 7 - Dados climáticos referentes à precipitação (a), temperatura e umidade relativa média (b), durante os 32 dias de cultivo.....	25
Figura 8 - Lâminas de irrigação aplicada em cada tratamento durante o ciclo da cultura.	26
Figura 9 - Lâmina total aplicada durante 32 dias de cultivo.	27
Figura 10 - Perfil de distribuição de água no solo monitorada pelo tensiômetro.....	27
Figura 11 - Lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos T4 e T2 durante o cultivo.....	28
Figura 12 - Modelos de ajuste de IAF (a) e WS biomassa (b) em função DAT para irrigação 115% ETc (T5).	29
Figura 13 - Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do DAT para irrigação 100% ETc (T4).	29
Figura 14 - Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do DAT para irrigação 80% ETc (T3).	30
Figura 15 - Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do DAT para irrigação 50% ETc (T2).	30
Figura 16 - Modelos de ajuste de IAF (1) e biomassa (2) em função do DAT para irrigação 25% ETc (T1).	30
Figura 17 – Valores médios observados e ajustados de IAF em função do DAT, para os diferentes tratamentos.....	31
Figura 18 - Valores médios observados de biomassa (WS) acumulada em função de DAT, para os diferentes tratamentos.	32
Figura 19 - Taxa de crescimento da cultura em função de DAT.....	33
Figura 20 – Taxa de assimilação líquida da cultura em função de DAT.....	34
Figura 21 – Perfil de distribuição de precipitação do aspersor utilizando no trabalho.	43
Figura 22 - Croqui da área experimental, com 40 unidades experimentais e as diferentes lâminas recebidas em cada tratamento. (Representação dos dois experimentos, sendo cada um composto de 4 blocos).	43
Figura 23 – Curvas de calibração dos tensiômetros nas profundidades de 0-0,1m (a) e 0-0,2m (b).	45
Figura 24 – Lâminas de irrigação aplicada em cada tratamento durante o ciclo da cultura.....	51

Figura 25 – Lâmina total aplicada (irrigação + chuva) em cada tratamento.	51
Figura 26 – Produção da cultura da alface em diferentes níveis de irrigação com e sem a utilização de cobertura morta. (Mesma letra na barra em cada nível de irrigação, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F).	53
Figura 27 – Massa fresca total da parte aérea de plantas de alface cultivada com diferentes lâminas de irrigação em solo com e sem o uso de cobertura morta.	54
Figura 28 – Área Foliar da alface em diferentes níveis de irrigação com e sem a utilização de cobertura morta. (Mesma letra na barra em cada nível de irrigação, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F).	55
Figura 29 – Área Foliar de plantas de alface cultivadas em solo com e sem utilização de cobertura morta em diferentes lâminas de irrigação.	56
Figura 30 – Número de Folhas de plantas de alface cultivadas em solo com e sem utilização de cobertura morta em diferentes lâminas de irrigação.	57
Figura 31 - Perfil de distribuição de água no solo monitorada pelo tensiômetro no sistema de cultivo sem a utilização de cobertura morta.	58
Figura 32 - Perfil de distribuição de água no solo monitorada pelo tensiômetro no sistema de cultivo com utilização de cobertura morta de palhada de gliricídia.	58

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1-Resultado da análise de solo realizada na Embrapa Agrobiologia Seropédica-RJ ...	17
Tabela 2 - Resultado da análise química do esterco bovino utilizado na adubação de plantio.	17
Tabela 3 – Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da alface sob sistema de cultivo convencional de cultivo e irrigadas por aspersão	22
Tabela 4 - Equações ajustadas do IAF para cada tratamento	32
Tabela 5 - Equações ajustadas do WS para cada tratamento.....	33
Tabela 6 - Variáveis analisadas na última coleta das plantas aos 32 DAT	35
Tabela 7 - Resultado da análise de solo realizada na área experimental para o experimento sem (SC) e com (CC) utilização de cobertura morta.....	41
Tabela 8 - Resultado da análise química do resíduo vegetal utilizado como cobertura morta.	42
Tabela 9 – Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da alface sob sistema de cultivo convencional de cultivo e irrigadas por aspersão ajustadas	46
Tabela 10 – Dados climáticos registrados pela estação meteorológica do SIPA e demanda evapotranspirométrica da cultura.....	50
Tabela 11 - Valores de produtividade acumulada (kg m^{-2}) e eficiência do uso da água (EUA) considerando as diferentes lâminas aplicadas para o plantio com utilização de cobertura morta (CC) e sem utilização de cobertura morta (SC).....	59
Tabela 12 – Teor de nutriente no solo no cultivo com utilização de cobertura morta no início e após o ciclo de 36 dias.....	60
Tabela 13 - Teor de nutriente no solo no cultivo sem utilização de cobertura morta no início e após o ciclo de 36 dias.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1. A Cultura da Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	2
2.2. Sistema de Produção Orgânica	3
2.3. Utilização de Cobertura Morta	4
2.4. Resposta da Cultura da Alface à Disponibilidade de Água	5
2.5. Manejo da Água	7
2.5.1. Manejo da água com base na umidade do solo	8
2.6. Análise de Crescimento	9
2.6.1. Método clássico	10
2.6.1.1. Taxa de crescimento relativo (TCR)	10
2.6.1.2. Taxa de crescimento da cultura (TCC)	10
2.6.1.3. Taxa de assimilação líquida (TAL)	10
2.6.2. Método funcional	11
CAPÍTULO I	12
ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA CULTURA DA ALFACE (<i>LACTUCA SATIVA</i>.) SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA APLICADAS POR IRRIGAÇÃO EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO	12
3 INTRODUÇÃO	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1. Caracterização da Área	17
4.1.1. Preparo do solo	17
4.1.2. Preparo das mudas e o cultivo da alface	18
4.1.3. Sistema de irrigação	18
4.2. Caracterização dos Tratamentos	19
4.3. Umidade do Solo	19
4.4. Coleta dos Dados Climáticos	21
4.5. Manejo da Irrigação	22
4.6. Análise de Crescimento Vegetal	23
4.6.1. Método funcional	24

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. Dados Climáticos	25
5.2. Irrigações Realizadas	25
5.3. Umidade do Solo	27
5.4. Análise de Crescimento	28
5.4.1. Método funcional.....	28
5.5. Produtividade Final da Cultura	34
6 CONCLUSÃO.....	36
CAPÍTULO II.....	37
DESEMPENHO DA CULTURA DA ALFACE (<i>LACTUCA SATIVA</i>) EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO EM RESPOSTA A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E COBERTURA DO SOLO	37
7 INTRODUÇÃO	40
8 MATERIAL E MÉTODOS	41
8.1. Caracterização da Área.....	41
8.2. Caracterização da Cobertura Morta	41
8.3. Preparo e Transplântio das Mudas.....	42
8.4. Sistema de Irrigação.....	42
8.5. Caracterização dos Tratamentos	43
8.6. Acompanhamento da Umidade do Solo	44
8.7. Coleta dos Dados Climáticos	45
8.8. Manejo da Irrigação.....	45
8.9. Eficiência do Uso da Água	47
8.10. Variáveis de Produção Avaliadas.....	47
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
9.1. Condições Climáticas	49
9.2. Irrigações Realizadas	49

9.3. Resposta da Cultura para os Diferentes Parâmetros Analisados	52
9.3.1. Massa fresca da parte aérea	52
9.3.2. Área foliar e número de folhas	54
9.4. Umidade do Solo	57
9.5. Eficiência do Uso da Água (EUA)	59
9.6. Teor de Nutriente no Solo antes e após o Cultivo.....	60
10 CONCLUSÃO.....	61
11 CONCLUSÃO GERAL	62
12 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	63

1 INTRODUÇÃO GERAL

As culturas necessitam de água para germinarem, desenvolverem e produzirem os seus órgãos de interesse comercial. Quase sempre essa água é proveniente das chuvas ou da irrigação. Em todas as atividades de produção a água é utilizada, sendo de grande importância principalmente na indústria alimentícia.

No sistema de cultivo em solo nú, quando a planta está na sua fase inicial de desenvolvimento, é verificada uma maior taxa de evaporação do solo em comparação à parcela de transpiração da cultura. Nesta fase do crescimento, é recomendada a aplicação de uma menor lâmina de água e com maior frequência, a fim de evitar perdas excessivas por percolação.

A agricultura irrigada é considerada o ramo da atividade humana que mais consome água no planeta, sendo a ela atribuída o uso de 72% da água doce total consumida. No Brasil estima-se que este consumo seja de 63%. Os maiores consumos de água são normalmente encontrados no cultivo em grandes áreas na agricultura convencional onde, além do recurso água, são gastos grandes quantidades de adubos (Stark et al., 1983).

Segundo Barnes (1983) uma das maneiras de aumentar a eficiência do uso da água e não afetar a produtividade das culturas consiste em adotar variedades de plantas mais adaptadas as condições de déficit hídrico com raízes mais profundas e melhor controle estomático. Além disso, o uso de sistemas de irrigação eficientes, um melhor controle da água aplicada, evitando lâminas deficitárias ou exageradas, e o desenvolvimento de estudos que visem à determinação da demanda hídrica das culturas nas suas diferentes fases de crescimento, contribuem também para a obtenção do uso racional deste recurso. Todas as medidas citadas, no entanto, necessitam de informações detalhadas a respeito das fases de crescimento da cultura, das características edafoclimáticas da região e das condições financeiras dos produtores, para proporcionar os resultados esperados.

Na agricultura orgânica, que entre outros objetivos busca a sustentabilidade do sistema de produção, o uso racional da água também é um desafio que precisa ser estudado. De acordo com Oliveira (2005), o sistema orgânico de produção além de envolver outros aspectos como os componentes ambiental e social, também se baseia na rotação de cultura, no cultivo em faixas, no uso de cobertura morta e no mínimo revolvimento do solo, sendo essas técnicas muito importantes para a conservação da fertilidade e a manutenção da dinâmica da água no solo.

A alface é umas das hortaliças folhosas mais cultivadas no estado do Rio de Janeiro e sua época de cultivo, na região de Seropédica, se caracteriza pela ocorrência de baixos índices pluviométricos, necessitando, dessa forma, do uso de sistemas de irrigação para suprir a necessidade hídrica da cultura. Também nessa região, poucos são os estudos desenvolvidos no sentido de se conhecer a resposta da cultura da alface quando submetida a diferentes lâminas de irrigação, bem como de diferentes sistemas de plantio.

Com base no exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de se estudar o efeito de diferentes lâminas de irrigação no desempenho da alface nas condições edafoclimáticas de Seropédica-RJ, cultivada sob manejo orgânico em diferentes épocas do ano e em solo com e sem a utilização de cobertura morta.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A Cultura da Alface (*Lactuca sativa*)

A alface (*Lactuca sativa*) originou-se de espécies silvestres, ainda atualmente encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental (Filgueira, 2003). É a mais popular das hortaliças folhosas, sendo cultivada em quase todas as regiões do globo terrestre. Pode ser considerada uma boa fonte de vitaminas e sais minerais, destacando-se seu elevado teor de vitamina A, além de conter vitaminas B1 e B2, vitaminas C, cálcio e ferro (Fernandes et al., 2002).

De acordo com Katayama (1993), apresenta baixo teor de calorias, tornando-se uma das formas de salada *in natura* mais consumida por todas as Classes sociais brasileira. Entretanto, o seu cultivo apresenta limitações, principalmente em virtude de sua sensibilidade às condições adversas de temperatura, umidade e chuva (Gomes et al., 2005). Quanto às desvantagens do seu cultivo, destaca-se a dificuldade de conservação e transporte pós-colheita, fato que limita sua produção aos cinturões verdes das grandes cidades, obrigando os produtores a obter o máximo de aproveitamento da produtividade (Santos, 2001).

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a cultivar, e são essas características que determinam a preferência do consumidor. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 0,25m do solo, quando a cultura é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 0,60m de profundidade (Filgueira, 2003).

O solo ideal para o cultivo dessa hortaliça é o de textura média, rico em matéria orgânica e com boa disponibilidade de nutrientes. Para se obter maior produtividade, é necessário o uso de insumos que melhorem as condições físicas, químicas e biológicas do solo. As maiores produções podem ser obtidas a partir da melhoria das características químicas e físico-química do solo, o que poder ser obtida com o acréscimo de doses crescentes de compostos orgânicos (Souza et al., 2005).

Outros fatores que afetam a produtividade da cultura estão diretamente relacionados com o clima. Geralmente, no verão, a maioria das cultivares de alface não se desenvolve bem devido ao calor intenso, dias longos e o excesso de chuva. Estas condições favorecem o pendoamento precoce, tornando as folhas leitosas e amargas, perdendo seu valor comercial (Filgueira, 2003). No entanto, já existe no mercado cultivares mais adaptadas aos plantios de verão, graças ao melhoramento genético realizado. Tais cultivares permitem a produção durante o ano inteiro principalmente na região serrana do estado do Rio de Janeiro.

Segundo Vieira & Cury (1997), a temperatura do ar é o elemento climático que exerce maior influencia nos processos fisiológicos das plantas de alface, podendo acelerar ou retardar as reações metabólicas, sob condição de temperatura ótima ou inferiores a esta, respectivamente. Para todas as cultivares de alface, a ocorrência de dias curtos e temperaturas amenas favorecem a etapa vegetativa, sendo estas, inclusive, resistentes a baixas temperaturas e geadas leve (Filgueira, 2003).

A umidade relativa do ar pode afetar a transpiração, e, como consequência, causam mudanças na condutância estomática, afetando as interações com a fotossíntese e produção de matéria seca e o índice de área foliar (Jolliet, 1994). Embora a maioria das reações metabólicas

seja fortemente influenciada pela temperatura, alguns processos físicos como a absorção de luz é relativamente insensível a ela, sendo a taxa de difusão de calor intermediária em sensibilidade (Jones, 1992).

A grande suscetibilidade da alface às doenças torna-se um fator de limitação na produção dessa hortaliça. Segundo Filgueira (2003), são conhecidos aproximadamente 75 diferentes tipos de doenças, devendo ser evitado, o quanto possível, o uso de produtos tóxicos no controle fitossanitário, pois estes podem deixar resíduos ao consumidor. Por tratar-se de uma hortaliça de inverno, o seu cultivo em outras épocas do ano, pode favorecer, em algumas regiões, a incidência de doenças e desequilíbrios nutricionais, principalmente, se as condições climáticas se caracterizarem por elevados índices pluviométricos e altas temperaturas (Yuri et al., 2004). Por isso, a época de plantio mais recomendada é o final da estação chuvosa, sendo que nas regiões mais frias o cultivo pode ser realizado durante todo o ano, principalmente sob condição de cultivo protegido.

O cultivo é realizado normalmente com um espaçamento de 0,25 a 0,30 m por 0,25 a 0,30 m, entre linhas e plantas, sendo feito em patamares ou em canteiros (Fahl et al., 1998). O período de cultivo varia de 40 a 70 dias dependendo do sistema (semeadura direta ou transplante de mudas), época de plantio (verão ou inverno), cultivar utilizado e sistema de condução, no campo ou protegido.

As hortaliças se diferenciam nas exigências de macronutrientes e no padrão de absorção durante o crescimento. De acordo com Gomes (2001), em geral, na cultura da alface, a absorção de N, P e K seguem a mesma tendência que a taxa de acúmulo de biomassa da cultura.

2.2. Sistema de Produção Orgânica

A agricultura orgânica é definida como sendo a produção de alimentos de origem vegetal ou animal, sem a utilização de agrotóxicos e adubos minerais sintéticos ou outros agentes contaminantes, visando a maximização dos benefícios sociais, a auto-sustentação, a redução ou eliminação da dependência de insumos sintéticos, energia não renovável e a preservação do meio ambiente, por meio da otimização do uso de recursos naturais e sócio-econômicos disponíveis (Hamerschmidt, 1998). Basicamente, a agricultura orgânica tem como sustentáculo a aplicação no solo de resíduos orgânicos vegetais e animais, de preferência produzidos na propriedade agrícola, com o objetivo de manter o equilíbrio biológico e a ciclagem de nutrientes (Feiden, 2001).

Segundo Espíndola et al. (2006), a agricultura orgânica tem por princípio estabelecer sistemas de produção com base em tecnologias e processos, ou seja, um conjunto de procedimentos que envolva a planta, o solo e as condições climáticas, produzindo alimento sadio e com suas características e sabor originais, que atenda às expectativas do consumidor.

Muito atraente em termos financeiros, o mercado de produtos orgânicos se depara com uma das mais importantes dificuldades para a sua expansão: a conversão dos sistemas convencionais para sistemas orgânicos. As áreas de lavoura convencional, cujas pragas e doenças são controladas à base de defensivos, fazem com que os primeiros anos de agricultura orgânica possam representar dificuldades de produção para o produtor (Assis et al., 1995; Assis et al., 1996).

O desenvolvimento e o crescimento do mercado de produtos orgânicos dependem fundamentalmente da confiança dos consumidores na sua autenticidade, que, por sua vez, só podem ser assegurados por meio de programas de certificação ou de uma legislação eficiente

(Lampkin & Padel, 1994).

A auto-sustentação buscada na produção orgânica é a condição de ser capaz de perpetuamente colher biomassa de um sistema que não compromete sua capacidade de se renovar ou ser renovada (Gliessman, 2001). Em termos gerais, a insustentabilidade do modelo moderno ou convencional é atribuída ao comprometimento tanto dos recursos produtivos, como solo e água, como das estruturas e processos ecológicos básicos responsáveis pelo funcionamento dos ecossistemas, como fluxo de energia e ciclagem de nutrientes (Santos & Mendonça, 2001).

O binômio saúde/alimentação vem despertando a atenção do consumidor na busca por alimentos mais saudáveis. Não é, portanto, surpreendente que a agricultura orgânica apresente-se em ampla expansão em nível mundial por suas características de sustentabilidade e oferta de produtos de qualidade, com certificação de origem, que atendem à crescente demanda por parte de consumidores mais exigentes (Almeida et al., 2000).

Alguns anos atrás, a qualidade dos produtos orgânicos no ponto de vista visual (tamanho, coloração e formato), não era tão atraente como os cultivados na agricultura convencional. Contudo, com o equilíbrio dos solos, a qualidade visual da maioria dos produtos cultivados com métodos orgânicos não mais difere dos provenientes de área de cultivo convencional (Souza, 2001).

Para as culturas folhosas, problemas sérios podem acontecer no cultivo convencional, pois o uso de altas doses de adubos solúveis, principalmente o nitrogênio, aliado à intensa aplicação de agrotóxicos, pode levar a produção de alimentos de qualidade contestada, como já observado na cultura da alface (Miyazawa et al, 2001) e a um alto custo de produção (Rodrigues 1990).

De acordo com Darolt (2003), há evidências da superioridade nutricional e menor risco toxicológico dos produtos orgânicos. Porém, segundo o autor, esse é ainda um campo pouco explorado pela pesquisa científica. Nesse sentido, resultados positivos foram observados por Rodrigues (1990) que utilizando adubação orgânica no cultivo de alface, observou ganho de produtividade e aumento dos níveis de nutrientes na planta.

Sob ponto de vista econômico, Engindeniz & Tuzel (2006) cultivando alface orgânica em casa de vegetação na Turquia, concluíram que esse sistema de plantio é bastante promissor economicamente, em função da alta qualidade do produto que pode ser obtida, sendo, portanto, uma boa alternativa para pequenos agricultores.

2.3. Utilização de Cobertura Morta

Dentro das várias técnicas utilizadas no cultivo da alface, ressalta-se a utilização de cobertura morta, é utilizada com finalidade de proteger a cultura e o próprio solo contra a ação de intempéries, pois forma uma camada protetora sobre a superfície, evitando a perda demasiada de água, aumentando sua atividade biológica e, conseqüentemente, a liberação de nutrientes (Muller, 1991). A matéria orgânica e os nutrientes presentes nesses resíduos podem incrementar a produção agrícola, além de constituir um meio de utilizá-los na propriedade (Santos et al., 1998).

Grewal & Singh (1974) citado por Muller (1991) avaliaram o efeito da cobertura com material orgânico sobre o regime hídrico do solo em comparação com filme de polietileno e solo nú. Os autores observaram que, a umidade do solo foi semelhante em todos os tratamentos, mas a necessidade de irrigação foi menor no solo com cobertura plástica, devido à cobertura plástica evitar a transferência da água para atmosfera, seguido da cobertura

orgânica e da condição sem cobertura, sendo que essa duas situações anteriores permitem a transferência de água para a atmosfera.

Maia Neto (1988) avaliando o efeito da cobertura morta sobre o comportamento de cultivares de alface no município de Mossoró-RN, verificou que essa cobertura proporcionou aumento na produção e na massa média de plantas das cultivares Brasil 221, Babá de Verão e Vitória, e também reduziu a massa fresca das plantas invasoras. Andreani Junior & Galbiati Neto (2003) avaliando a influência de vários tipos de cobertura de solo sobre a produtividade da alface, verificaram que as coberturas com bagaço de cana-de-açúcar e palha de arroz proporcionaram maiores ganhos de peso quando comparada ao sistema terra nú sem capina e ao tratamento utilizando plástico transparente.

Comparando o efeito de diferentes materiais (palha de arroz, palha de café, brachiaria brizantha, serragem, e a testemunha sem cobertura) na produtividade e na infestação de vegetação espontânea, Carvalho et al. (2005) concluíram que, independente da cobertura utilizada, a produtividade da alface foi sempre melhor nos tratamento que utilizaram cobertura morta. O mesmo efeito para vegetação espontânea também foi observado.

Chaves et al. (2003), com os objetivos de avaliarem o efeito da cobertura do solo e frequência de irrigação no rendimento da alface, realizaram ensaios de campo em Mossoró-RN, utilizando duas condições de coberturas (com e sem a utilização de plástico). Os autores concluíram que, o solo descoberto proporcionou, em média, aumento em todas as características avaliadas, sendo a produtividade aumentada em 33%, devido ao fato da cobertura de plástico ter aumentado a temperatura do solo prejudicando o desempenho da cultura.

Atendendo aos princípios da agricultura orgânica de que os recursos utilizados sejam preferencialmente originários do próprio local do cultivo, a palhada utilizada como cobertura morta pode ser formada por resíduos de cultivos ou pode ter origem de um plantio específico para essa finalidade (Erestein, 2002). O uso de plantas da família das leguminosas tem destaque, neste caso, pelo seu alto teor de nitrogênio, pois após decomposição da palhada, disponibiliza grandes quantidades de nutrientes e promove melhores condições para o desenvolvimento de microrganismos (Heinzmann, 1983). A disponibilização dos nutrientes presentes nos restos vegetais pode ser rápida e intensa, dependendo do teor de lignina, teor de polifenóis, relação (lignina+polifenóis)/N, se esse material é incorporado ou mantido como cobertura morta no solo, do regime de precipitação (Rosolem et al., 2003) e da relação C/N (Robinson, 1988).

Oliveira (2005) avaliou a influência da densidade de coberturas mortas com guandu (*Cajanius cajan*) e capim Cameroon (*Penissetum purpureum*) sobre a reinfestação da vegetação espontânea e sobre o desempenho agrônomo da alface em sistema orgânico de produção. O autor encontrou efeito benéfico da cobertura do solo formada com palha fragmentada de guandu na produção orgânica de alface, em dois ciclos consecutivos, quando comparado com a cobertura formada de palha de capim Cameroon. Os benefícios foram atribuídos ao fornecimento suplementar de nitrogênio proporcionado pela cobertura de palha de guandu. Ambas as fontes de cobertura morta foram eficientes no controle da vegetação espontânea, sendo considerada eficaz a partir da aplicação de 2,50 kg m⁻² de canteiro.

2.4. Resposta da Cultura da Alface à Disponibilidade de Água

Os processos fisiológicos envolvidos na produção vegetal têm uma relação muito estreita com a maior ou menor disponibilidade de água no solo para as plantas (Aguiar, 2005). Quanto à necessidade hídrica da cultura da alface, esta vem sendo estudada há vários anos.

Observa-se que ao longo do tempo, distintas abordagens sobre o tema foram realizadas e diferentes parâmetros foram estudados. Alguns autores relatam o efeito do nível de umidade do solo com o crescimento e o rendimento da cultura.

Watson (1952) observou que a manutenção de um conteúdo de água no solo alto e uniforme por todo o ciclo vegetativo, aumentou o rendimento comercial da alface. No Brasil, um dos primeiros trabalhos sobre a irrigação de alface foi realizado por Simão (1955), o qual constatou que o aumento na quantidade de água aplicada era acompanhado pelo aumento na massa da alface e que os melhores resultados foram obtidos com aplicação de 15 mm dia⁻¹, nas condições de Piracicaba-SP.

Sale (1966) analisou a resposta da alface à irrigação nos diferentes estádios de crescimento da cultura. O autor observou a existência de efeitos da irrigação nos estádios iniciais, indicados pelo decréscimo da taxa de crescimento quando associados a pequenos incrementos no déficit de umidade do solo. A maior resposta de crescimento à irrigação ocorreu no estágio final de desenvolvimento, quando a umidade do solo foi restabelecida à condição de capacidade de campo, faltando uma semana para a primeira colheita. O autor concluiu também que o maior requerimento de água ocorreu nas três semanas anteriores à colheita, quando a percentagem de cobertura do solo foi superior a 90%.

Hamada & Testezlaf (1995), utilizando um sistema irrigação por gotejamento manejado com base na evaporação medida no tanque Classe A afirmaram que, a produção da cultura da alface foi influenciada por diferentes lâminas de água de irrigação, principalmente na fase final de seu desenvolvimento. Segundo os autores, 80% a 90% da massa fresca foram produzidas nas duas semanas anteriores à colheita, e as maiores percentagens foram obtidas pelas maiores lâminas de água. A eficiência do uso de água apresentou respostas decrescentes à medida que maiores lâminas foram aplicadas, sendo as maiores eficiências observadas no tratamento com aplicação de 60% da evaporação do tanque Classe A. A maior produção e a melhor qualidade da alface para comercialização foram alcançadas no tratamento que aplicava 120% da evaporação do tanque Classe A.

Pereira et al., (2003) avaliaram a evapotranspiração da alface (Verônica) cultivada em ambiente protegido, em função de níveis de água e de nitrogênio, obtiveram um ajuste de um modelo polinomial quadrático para os valores obtidos de níveis de água e linear para os níveis de nitrogênio. Porém os níveis ótimos de água no solo, estimados para os níveis de nitrogênio, mostraram que o aumento do conteúdo de nitrogênio no solo foi associado a uma redução da evapotranspiração da alface.

Segundo Fhecha (2004), a produtividade relativa da cultura da alface apresenta correlações lineares negativas com estresse devido ao excesso de água no solo. O efeito do excesso de água na cultura pode ser identificado pela redução da altura da planta, do diâmetro e do peso da parte aérea, além da redução do diâmetro do caule, sendo a variável peso da parte aérea a que apresentou maior sensibilidade.

Trabalhos importantes correlacionando respostas de culturas a diferentes lâminas de água aplicadas têm sido desenvolvidos. Coelho et al. (1994) trabalhando com a cultura do tomateiro irrigado com diferentes lâminas de irrigação, observaram que, o tratamento com maior lâmina apresentou maiores valores absolutos de produtividade total, comercial e de frutos graúdos, e maior viabilidade econômica. Neste trabalho, as plantas foram irrigadas com o sistema de gotejamento, sendo o mesmo manejado com base na evaporação medida no tanque Classe A.

Macedo et al. (2003) avaliaram o efeito de lâmina de água e fertilização potássica na produção da cultura do tomate em ambiente protegido em Lavras-MG, e concluíram que, as

doses de potássio isoladas e sua interação com lâmina de água não influenciaram na produção da cultura. Constataram que houve acréscimo no peso dos frutos sadios e totais de 0,207 kg planta⁻¹ e 0,261 kg.planta⁻¹, respectivamente, para cada 20% de aumento na lâmina de água aplicada.

2.5. Manejo da Água

Em projetos de irrigação, muitas variáveis influenciam nas metodologias empregadas para se obter o uso racional da água. Porém, a estimativa de consumo de água pelas culturas assume grande destaque, na medida em que se busca maximizar a produção e minimizar custos (Medeiros, 2002).

A evapotranspiração é uma variável muito estudada devido a sua importância na estimativa do consumo de água pelas plantas. De acordo com Penman (1948) a evapotranspiração potencial é o processo de transferência de água para a atmosfera, na unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por vegetação verde, de porte baixo, em pleno desenvolvimento e sem restrição de água no solo.

Essa definição foi muito utilizada até surgir um conceito mais geral para o termo evapotranspiração, dada às diferenças entre as culturas utilizadas. Desse modo, foi definida como evapotranspiração de referência (ET_o), a taxa de evaporação para uma extensa superfície, com 8 e 15 cm, em crescimento ativo, com o solo completamente sombreado e sem déficit de água (Doorenbos & Pruitt, 1977; Jensen et al., 1990; Al-Ghobari, 2000).

A evapotranspiração pode ser determinada ou estimada de diferentes maneiras. De acordo com Miranda et al. (2001), a evapotranspiração pode ser mensurada utilizando métodos diretos ou estimada por meio de informações climáticas. No primeiro grupo, entre outros, estão incluídos os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo; enquanto no segundo, estão enquadrados os métodos teóricos e empíricos, como os de Penman (1948), Thornthwaite (1948), Blaney & Criddle (1950), Jensen & Haise (1963), Priestley & Taylor (1972), Hargreaves (1977), Penman & Monteith (Allen et al, 1998) e evaporímetros como o tanque “Classe A” (Sentelhas, 2003), dentre outros.

Dentre esses métodos destaca-se o do tanque “Classe A”, em função da sua facilidade de operação, custo relativamente baixo e principalmente, a possibilidade de instalação próxima à cultura a ser irrigada (Volpe & Churata-Masca, 1988). O tanque Classe A apresenta área de aproximadamente 1,15 m² e deve ser instalado sobre uma superfície plana. Segundo Sentelhas (2001), sua simplicidade de manuseio é contraposta a algumas desvantagens como a super exposição às condições ambientais, a facilidade de acesso de animais e ao fato da evaporação ocorrer também no período noturno, fato que dificulta sua correlação com métodos tradicionais de estimativa de ET_o.

O método do tanque é baseado na evaporação de água livre e num coeficiente do tanque (kp), relacionando às condições do meio onde se determinam ET_o (Medeiros, 2002). Doorenbos & Pruitt (1977) apresentam uma tabela com valores de kp que depende de fatores como velocidade do vento, umidade relativa e tamanho da bordadura, relacionados à grama irrigada. Os autores lembram da necessidade de ajustes locais no valor de kp, dependendo da altura da cultura de referência e das condições climáticas existentes. Valores de kp também podem ser obtidos por meio de equações utilizadas em função da disponibilidade de dados climáticos (Doorenbos & Pruitt, 1977; Cuenca, 1989; Snyder, 1992; Pereira et al., 1995; Raghuvanshi & Wallender, 1998 e Allen et al., 1998).

A evaporação diária no tanque é obtida pela diferença de leitura em dois dias

consecutivos, a qual é realizada utilizando um parafuso micrométrico acoplado a um gancho, a fim de se obter melhor precisão do nível d'água no tanque. No entanto, Villa Nova & Sentelhas (1999) apresentaram um sistema alternativo de medida que, acoplado ao tanque Classe A, possibilita efetuar um balanço entre a água evaporada do tanque e a precipitação. Os autores concluíram que, dada à facilidade oferecida na obtenção das leituras, não exigindo a presença de pessoa treinada, o tanque medidor também é um pluviômetro, permitindo a leitura em condições de dias com chuvas leves sem a necessidade de dados pluviométricos.

Pereira (2006) trabalhando com a cultura do pimentão na região de Seropédica-RJ, concluiu que os valores estimados de ETo pelo tanque Classe A apresentaram comportamento semelhante aos estimados pelo modelo de Penman-Monteith, revelando ser um método possível de ser utilizado na estimativa da ETo, quando não houver disponibilidade de dados climáticos para o uso do modelo de Penman-Monteith.

Carvalho et al., (2006) avaliando a estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para a região de Seropédica-RJ, correlacionou medidas obtidas em lisímetro de pesagem com os métodos de Penman-Monteith FAO 56 (P-M), Hargreaves-Samani (H-S) e tanque Classe A (TCA), considerando os dados diários de ETo. Os autores obtiveram regressão linear entre as medidas lisimétricas e estimativas pelos métodos P-M, H-S e TCA, cujos coeficientes de determinação (R^2) foram de 0,59; 0,46 e 0,81 respectivamente. Os autores concluíram que, com um ajuste adequado do coeficiente k_p , o método do tanque Classe A constitui numa boa alternativa para o manejo de irrigação na região.

2.5.1. Manejo da água com base na umidade do solo

Diversos métodos podem ser utilizados para medir a umidade do solo visando a determinação da disponibilidade de água às plantas de forma a permitir seu pleno desenvolvimento, minimizando o gasto de energia na absorção de água e nutrientes. Os principais métodos são: o padrão da estufa, que fornece de forma direta os valores de umidade no solo, e os indiretos, que tomam como base medidas da moderação de nêutrons, da resistência do solo à passagem de uma corrente elétrica, da constante dielétrica do solo e da tensão da água no solo (Teixeira & Coelho 2005). Esses métodos vêm evoluindo ao longo dos tempos, se adequando ao avanço das tecnologias.

O funcionamento do tensiômetro ocorre em função da tensão da água no solo ou potencial matricial que, por sua vez, está relacionado com as forças de capilaridade e as cargas elétricas da superfície das partículas. Desta forma, quando ocorre aumento da tensão da água no solo, ou seja, o solo está mais seco, dá-se a passagem de água do interior do tubo do tensiômetro através da cápsula para o solo, formando-se vácuo parcial dentro do aparelho, que é registrado pelo vacuômetro metálico ou de mercúrio ou por tensímetro. Quando ocorrem chuvas ou irrigação, a água se movimenta no sentido inverso (do solo para o tensiômetro), diminuindo o vácuo existente e, conseqüentemente, a leitura de tensão de água no solo (Faria & Costa, 1987). Depois de estabelecido o equilíbrio, o potencial da água dentro da cápsula é igual ao potencial no solo em torno dela, e quando isto acontece o fluxo de água cessa (Reichardt, 2004).

Segundo Faria & Costa (1987), o tensiômetro opera na faixa de 0 a 80kPa. Leituras de tensão próximas a zero, indicam que o solo está saturado e que as plantas sofreriam com falta de oxigênio. Por outro lado, leituras acima de 25kPa indicam deficiência hídrica em plantas sensíveis, com sistema radicular mais superficial. Leituras na faixa de 6 a 25kPa correspondem à condição ideal de umidade e aeração do solo. Marouelli (1996) estabeleceu como limite para funcionamento a tensão de 70kPa, e apesar de sua limitada faixa de leitura, o

autor considera esse equipamento útil no controle da irrigação, devido às tensões consideradas adequadas para a maioria das hortaliças serem menor que esse valor.

A partir de 80kPa, o ar penetra no instrumento através dos poros da cápsula e a água passa do estado líquido para o estado de vapor fazendo com que as medições percam precisão (Faria, 1998). Aguiar et al. (2007) avaliando diferentes equipamentos na medição de umidade no perfil de solo, no Platô de Neópolis-SE, concluíram que o tensiômetro proporcionou desempenho satisfatório para baixas tensões ocorridas nas camadas superficiais até 0,30m de profundidade e insatisfatório para as altas tensões ocorridas a partir de 0,60m de profundidade.

O tensiômetro vem sofrendo modificações visando, sobretudo, a facilitar a instalação, operação e manutenção do equipamento no campo, melhorar o tempo de resposta, aumentar a sensibilidade, facilitar a leitura automática dos dados e realizar o controle automático de sistemas de irrigação.

2.6. Análise de Crescimento

A produção econômica final de uma cultura é resultante das interações planta-solo-ambiente. Porém para se compreender a natureza dos controles intrínsecos da cultura, são necessárias observações mais detalhadas, além da sua produção final (Pereira & Machado, 1987). A análise de crescimento, como observou Hunt (1978), permite ao pesquisador obter comparações importantes, com plantas cultivadas em condições naturais, semi-naturais ou artificiais.

A análise de crescimento é uma das técnicas de medida do balanço de carbono e trocas de gases nas plantas (Evans, 1972). Baseia-se nas medidas primárias de matéria seca e dimensões de área foliar, realizadas em plantas ou estande de plantas, em determinados intervalos de tempo (Hunt, 1982). Essa técnica pode ser usada para investigar a adaptação ecológica de culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, o efeito de manejo e tratamento culturais e a identificação da capacidade produtiva de diferentes genótipos (Kvet et al., 1971).

O crescimento pode ser definido como mudanças irreversíveis que ocorrem na planta com o passar do tempo, as quais ocorrem principalmente no tamanho, freqüentemente na forma e ocasionalmente no número. Segundo Benincasa (1988), a dificuldade de entendimento do crescimento das plantas se dá pelo fato de que o crescimento resulta da interação de mecanismos físicos e bioquímicos bastantes complexos, a maioria dos quais pouco esclarecidos ou mesmo desconhecidos. Este autor relata que, apesar das complexidades que envolvem o crescimento das plantas, a análise de crescimento ainda é a mais acessível e bastante preciso para avaliar o desenvolvimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

Segundo Kvet et al. (1971), a análise de crescimento de comunidades vegetais é um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo de rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos. Pereira & Machado (1987) afirmam que, a análise de crescimento representa a referência inicial na análise de produção das espécies vegetais, requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são as quantidades de material contido em toda planta e em suas partes (folha, caule, raiz), e o tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar) obtidas a intervalos de tempo regular durante o desenvolvimento fenológico da planta.

Existem dois métodos empregados no cálculo das taxas de crescimento vegetal, ou seja, o tradicional e o funcional. No método tradicional ou clássico, as taxas são calculadas entre duas coletas sucessivas, por meio de fórmulas previamente deduzidas, cujos valores obtidos representam médias para o intervalo de tempo entre coletas. No método funcional, os dados originais são ajustados a uma equação, por meio de regressão, obtendo-se, valores instantâneos (Pereira, 2006).

2.6.1. Método clássico

2.6.1.1. Taxa de crescimento relativo (TCR)

A TCR é também chamada de taxa de crescimento específico, pois representa a quantidade de material produzido por unidade de material já existente. Esse conceito de relatividade foi introduzido por Blackman (1919), em analogia com a taxa de juros compostos, como índice da eficiência de conversão de matéria seca. Este índice de eficiência obtido por Blackman, denominado R, é obtido através da derivada da relação $dW/dt = RW$, em que, W é a matéria seca atual (g), t é o tempo (dias) e R uma constante de proporcionalidade. Este método é utilizado para comparar o comportamento entre espécies ou de uma mesma espécie, cujos indivíduos são submetidos a diferentes ambientes. Briggs et al. (1920) citados por Pereira 2002, adaptaram este índice e o denominaram de taxa relativa ou taxa específica de crescimento (RGR) – $g\ g^{-1}\ d^{-1}$. Conceitualmente, a análise de crescimento estabelece que a taxa de crescimento de uma planta ou de qualquer órgão da planta é uma função do tamanho inicial, isto é, o aumento da matéria seca está relacionado à sua massa no instante em que se inicia o período de observação (Benincasa, 1988).

2.6.1.2. Taxa de crescimento da cultura (TCC)

A variação de massa seca (MS) com o tempo (t) define a taxa de crescimento da cultura, e a TCC representa a capacidade de produção de fitomassa da cultura, isto é, sua produtividade primária (Pereira & Machado, 1987). Benincasa (1988) indica que a TCC pode ser usada para se ter uma idéia da velocidade média de crescimento ao longo do período de observação. Segundo Kvet et al., (1971), a TCC é inadequada para comparação das taxas de crescimento de plantas individuais de diferentes partes ou hábitos de crescimento.

2.6.1.3. Taxa de assimilação líquida (TAL)

A taxa de assimilação líquida representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido por meio da respiração (Briggs et al., 1920). Segundo Urchei et al., (2000), a evolução da taxa de assimilação líquida com a idade da planta sugere diminuição progressiva desse parâmetro fisiológico ao longo dos diferentes estádios. Evidenciando maiores valores durante o período vegetativo da cultura, com declínio mais acentuado, seguido de uma relativa constância da assimilação líquida na fase reprodutiva, com retomada de decréscimos sucessivos do final do estágio reprodutivo ao término do ciclo da cultura.

Devido ao aumento recíproco do sombreamento com o índice de área foliar (IAF), a taxa de assimilação líquida se correlaciona negativamente com IAF e conseqüentemente com todos os fatores que influenciam no seu aumento (adubação nitrogenada, densidade, sombreamento, altos níveis de suprimento de água). Por isso, a TAL normalmente decresce durante o crescimento e o desenvolvimento de um conjunto de plantas (Kvet et al., 1971).

2.6.2. Método funcional

No método funcional, os dados primários (W e A) são ajustados por modelos polinomiais, tendo o tempo como variável independente, sendo possível estimar as taxas de crescimento em cada dia. Segundo Kvet et al., (1971), estimativas das características de crescimento, por meio de curvas ajustadas de massa seca e área foliar podem atender melhor a proposta, do que a estimativa sobre intervalos de tempo definidos como utilizado no método clássico. Este procedimento se baseia na escolha de uma função matemática adequada, representada por uma curva ajustada a partir dos valores observados de massa seca ou área foliar, que se aproximam da curva real.

O processo funcional facilita a condução dos experimentos com vários tratamentos e repetições, apresentando inúmeras vantagens de acordo com Pereira & Machado (1987):

- as amostragens não necessitam ser simultâneas em tratamentos diferentes e nem ocorrerem em intervalos regulares, podendo ser mais freqüente nos períodos de maior crescimento;

- não há necessidade de pressupor que o crescimento em si obedeça a determinado modelo ou que se conheça a relação entre massa seca e área foliar, mas apenas que se ajustem adequadamente os dados primários as funções;

- as informações de todas as amostragens são utilizadas na estimativa dos índices, em qualquer período de crescimento e não somente nos períodos em questão;

- as amostras não precisam ser grandes, pois pequenos erros de amostragem são compensados pela estimativa da função gerada;

- uma única função reúne várias informações, facilitando o manuseio e a interpretação dos resultados.

Apesar das vantagens do método funcional em relação ao clássico, nenhum processo é perfeito e segundo Pereira e Machado (1987), o ajuste demasiado dos dados originais, propostos por alguns autores, buscando a descrição de todas as nuances dos dados, fazem com que os pequenos erros de amostragem não sejam compensados, gerando estimativas de índices fisiológicos difíceis de serem explicados biologicamente.

O objetivo da análise de crescimento é encontrar uma função que descreva convenientemente o acúmulo de massa seca e a área foliar observada sem introduzir discrepâncias inerentes à própria função. Segundo Pereira e Machado (1987), a variância de cada amostragem no crescimento vegetal é proporcional ao tamanho das plantas, sendo necessário à transformação dos dados para homogeneizar as variâncias, sendo a logarítmica, a transformação mais utilizada.

CAPÍTULO I

ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa*. L.) SUBMETIDA A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA APLICADAS POR IRRIGAÇÃO EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO

RESUMO

O comportamento de uma cultura, em relação à disponibilidade de água, depende de como ocorre o movimento da água através do sistema solo-planta-atmosfera. A alface é uma hortaliça folhosa que apresenta grande superfície de transpiração e requer, invariavelmente, suplementação de água durante seu ciclo. O objetivo deste estudo foi comparar o efeito de diferentes lâminas de água aplicadas pela irrigação por aspersão no desenvolvimento da alface sob manejo orgânico. O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA – “Fazendinha Agroecológica km 47”) localizado no município de Seropédica-RJ. Foi utilizado a cultivar Regina, semeada em bandeja e transplantada 29 dias após a semeadura. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos (lâminas de irrigação: 25, 50, 80, 100 e 115 % da evapotranspiração da cultura) e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais contendo 44 plantas por parcela. As irrigações foram realizadas diariamente nas primeiras horas da manhã para evitar o efeito do vento na distribuição da água. Foram realizadas coletas das plantas durante o ciclo da cultura aos 10, 16, 22, 28 e 32 dias após transplântio (DAT), com vista a determinar as taxas de crescimento das plantas pelo método funcional (taxa de crescimento da cultura e taxa de assimilação líquida), sendo analisadas as variáveis área foliar e massa seca das plantas. Aos 32 DAT foi realizada a colheita final e caracterizada a produtividade da cultura, sendo então analisadas as variáveis área foliar, massa fresca, número de folhas e diâmetro da cabeça. A área foliar e a massa seca das plantas foram positivamente alteradas pelas lâminas de água aplicadas nas diferentes épocas de coletas. Não houve diferença significativa entre as taxas de crescimento calculadas. A cultura apresentou um crescimento lento até o 22^o dia de cultivo, sendo observado, a partir desta data, um maior acúmulo de biomassa e aumento de área foliar. Na análise da produtividade final da cultura também não foram observadas diferenças significativas entre as diferentes lâminas aplicadas. Todavia, a lâmina de 80% da ETC proporcionou um melhor desempenho da cultura em relação à produtividade em todas as variáveis analisadas. Durante o cultivo, ocorreram chuvas ocasionando uma homogeneização dos tratamentos durante quase todo o ciclo.

ABSTRACT

The behavior of a culture, in relation to the readiness of water, depends on as it happens the movement of the water through the system soil-plant-atmosphere. The lettuce is a vegetable folhosa that presents great perspiration surface and it requests, invariably, suplementação of water during his/her cycle. The objective of this study was to compare the effect of different applied sheets of water for the irrigation for aspersion in the development of the lettuce under organic handling. The experiment was driven in Produce Agroecológica's Integrated System (SIPA-“Farm Agroecológica km 47”) located in the municipal district of Seropédica-RJ. It was used to cultivate Regina, sowed in tray and transplanted 29 days after the sowing. The design was of randomized complete blocks, with 5 treatments (irrigation sheets: 25, 50, 80, 100 and 115% of the evapotranspiração of the culture) and four repetitions, totaling 20 experimental units containing 44 plants for portion. The irrigations were accomplished daily in the first hours of the morning to avoid the effect of the wind in the distribution of the water. Collections of the plants were accomplished during the cycle of the culture to the 10, 16, 22, 28 and 32 days after transplant (DAT), with view to determine the growth rates of the plants for the functional method (growth rate of the culture and assimilation tax liquidates), being analyzed the variables foliar area and mass dries of the plants. To 32 DAT the final crop was accomplished and characterized the productivity of the culture, being analyzed the variables foliar area, fresh mass, number of leaves and diameter of the head then. The foliar area and the mass dries of the plants were positively altered by the applied sheets of water in the different times of collections. There was not significant difference among the calculated growth rates. The culture presented a slow growth until the 22^o day of cultivation, being observed, starting from this date, a larger biomass accumulation and increase of foliar area. In the analysis of the final productivity of the culture significant differences were not also observed among the different applied sheets. Though, the sheet of 80% of the Etc it provided a better acting of the culture in relation to the productivity in all the analyzed variables. During the cultivation, they happened rains causing a homogenization of the treatments during almost the whole cycle.

3 INTRODUÇÃO

A Alface (*Lactuca sativa*.) é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil. O seu consumo se dá na forma *in natura* e nos mais variados tipos de saladas. Hoje em dia, o consumo de alface vem aumentando de forma acentuada, por fazer parte da maioria dos cardápios em algumas redes de lanchonetes (“fast food”).

Devido à sua facilidade de cultivo e precocidade de ciclo após o transplântio (aproximadamente 40 dias no campo), é cultivada por vários tipos de agricultores, sendo encontrada desde plantações com finalidade comercial como também plantações de subsistência. No Brasil, existe uma área grande de cultivo, merecendo destaque os estados de Minas Gerais e São Paulo.

Pelo fato da alface apresentar grande área de transpiração, característica comum às folhosas, no seu cultivo quase sempre há necessidade do uso da tecnologia de irrigação para o suplemento de água para a cultura, sendo o sistema por aspersão o mais utilizado. A irrigação por aspersão tem por objetivo distribuir a água sobre a superfície do solo sob forma de chuva, permitindo a sua infiltração sem a ocorrência de escoamento superficial. Além disso, a água deve ser distribuída de modo a se obter uma adequada uniformidade de aplicação em condições de campo (Azevedo et al., 2000).

A aplicação de água utilizando somente um aspersor é naturalmente desuniforme, sendo necessária uma sobreposição dos jatos de água para que a mesma seja mais bem distribuída sobre a superfície do terreno. A aplicação correta de água traz inúmeros benefícios para a cultura e para o solo, como a diminuição das perdas de solo por erosão e de nutrientes por lixiviação para as camadas mais profundas do solo. Para essa adequada aplicação torna-se inevitável o estudo da necessidade hídrica das culturas e um bom dimensionamento do sistema de irrigação.

A busca por manejos que viabilizem a produção ecologicamente correta e sustentável de alimentos tem sido uma constante preocupação pelos vários segmentos da sociedade envolvidos com a pesquisa, ensino, extensão e produção (Pereira, 2006). Para um efeito positivo na produção vegetal, o manejo adequado da irrigação realizado pelos produtores rurais tem fundamental importância no crescimento vegetal, na produtividade e na qualidade dos produtos para o mercado consumidor. A resposta de uma cultura a diferentes níveis de água aplicada pela irrigação tem sido utilizada como estratégia para obter o melhor manejo de irrigação e o rendimento ótimo da cultura.

Por intermédio da análise quantitativa de crescimento vegetal é possível avaliar as condições morfo-fisiológicas da planta em diferentes intervalos do ciclo a fim de quantificar o desenvolvimento vegetal. Essa técnica é considerada, portanto, valiosa ferramenta no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições de disponibilidade hídrica, possibilitando a avaliação de seus efeitos sobre o crescimento e o grau de tolerância das plantas (Viana et al., 2004).

Os principais fatores de estresse das culturas agrícolas são a temperatura do ar, a disponibilidade de água e os nutrientes (Andriolo et al., 2003). O efeito do estresse sobre a planta se caracteriza pela redução da fotossíntese e do crescimento, alterações no padrão de repartição da massa seca entre órgãos e modificações no balanço hormonal (Saure, 2001). Com relação à cultura da alface, Fhecha (2004) comenta que, o excesso de umidade no solo pode provocar redução na altura da planta, no diâmetro e no peso da parte área, além da redução no diâmetro do caule, sendo a variável massa fresca da parte área aquela que

apresenta maior sensibilidade. De acordo com o mesmo autor, em seu estudo não foi identificada à fase da cultura que apresentou maior sensibilidade a esse fenômeno.

Com base no exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de água no crescimento e na produção da alface em sistema orgânico de produção, para as condições edafoclimáticas de Seropédica-RJ.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área

O experimento foi conduzido no período de 09/05/2006 a 10/06/2006 no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ (latitude 22°48'00''S; longitude 43°41'00''W; altitude de 33m), que é uma área de 70 ha destinada à experimentação e desenvolvimento da agroecologia. Essa área experimental é fruto de uma parceria entre a Embrapa Agrobiologia, UFRRJ, Embrapa Solos e PESAGRO-RIO. O solo desta área experimental foi por Almeida et al.,(2003) classificado como Argissolo Vermelho Amarelo.

De acordo com Cruz (2005), o clima da região é do tipo Aw na classificação de Köppen, com chuvas no verão e temperaturas elevadas, que favorecem a etapa reprodutiva da alface, e um inverno seco com temperaturas amenas, ideal para o crescimento vegetativo da alface.

A análise química (Tabela 1) foi efetuada no laboratório de solos da Embrapa Agrobiologia, após coleta de amostra de solo na área experimental antes do preparo inicial do solo nas camadas de 0 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m que representa a profundidade efetiva do sistema radicular da alface transplantada.

Tabela 1-Resultado da análise de solo realizada na Embrapa Agrobiologia Seropédica-RJ

Prof(cm)	pH(H ₂ O)	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K
		cmolc/dm ³				mg/dm ³	
0-10	6,4	0,0	3,8	2,8	1,0	108,5	128,0
10-20	6,5	0,0	3,5	2,4	1,1	67,5	121,4

4.1.1. Preparo do solo

O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens de nivelamento e, logo em seguida, com auxílio de uma encateiradora acoplada a um trator, foram levantados os canteiros com 0,2 m de altura.

Foi realizada uma adubação orgânica 7 dias antes do transplântio utilizando esterco bovino na dosagem de 3 kg m⁻² cujas características químicas são apresentadas na Tabela 2. Esse esterco foi distribuído uniformemente nos canteiros com auxílio de uma pá e uma enxada.

Tabela 2 - Resultado da análise química do esterco bovino utilizado na adubação de plantio.

Ca	Mg	P	K	N
g/kg				
6,65	5,0	1,03	25,20	10,81

4.1.2. Preparo das mudas e o cultivo da alface

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes da cultivar Regina, sendo as mesmas produzidas em casa de vegetação, em bandejas de isopor com 200 células, abastecidas com substrato constituído de subsolo argiloso, areia lavada, esterco bovino curtido, “cama” de aviário e vermicomposto, na proporção respectiva de 4:2:2:1:1 (base em volume). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente de forma manual.

O transplântio foi realizado manualmente 29 dias após a semeadura (DAS), com as mudas apresentando em média 7 folhas e com área foliar média de 48,8 cm². As mudas foram espaçadas 0,25m entre linhas e plantas e, para melhor distribuição das mesmas no campo, foi utilizado um gabarito com o espaçamento entre plantas previamente definido.

Durante o cultivo até a terceira semana foram realizadas capinas manuais na área experimental para controlar algumas ervas espontâneas. Aos 15 DAT foi realizada uma adubação de cobertura utilizando 40 g planta⁻¹ de esterco de cama de aviário, que foi distribuído em torno de cada planta.

4.1.3. Sistema de irrigação

Para a aplicação da água, foi utilizado um sistema de irrigação por aspersão composto de dois aspersores setoriais (modelo Pingo bocal 3,6 mm - da marca Fabrimar) distanciados entre si de 18 m, a fim de evitar sobreposição dos jatos de água. Os aspersores foram regulados com um ângulo de 180° para proporcionar uma distribuição de água somente na área onde se realizava o cultivo.

A localização das parcelas experimentais ao longo da direção perpendicular à linha de irrigação permitiu a obtenção de diferentes lâminas de água aplicadas, ocasionando diferentes níveis de irrigação.

Para quantificar a distribuição de água pelo aspersor foram realizados ensaios que determinaram as respectivas lâminas de irrigação aplicadas em cada canteiro. Foram utilizados, em cada parcela experimental, quatro coletores (C1 da marca Fabrimar), espaçados de 1,0 m, conforme Figura 1. Após cada irrigação de tempo conhecido (1 hora) foi realizada a coleta de água e determinado o lâmina precipitada com auxílio de uma proveta (P1 da mesma marca). A pressão nos dois aspersores foi controlada por uma válvula reguladora de pressão localizada na base de cada aspersor.



Figura 1 - Localização dos coletores para determinação da lâmina de irrigação aplicada.

O perfil de distribuição de água do aspersor utilizado neste trabalho é apresentado na Figura 2, onde pode ser verificada a ocorrência da maior precipitação junto ao aspersor, decrescendo ao longo da direção perpendicular à linha de tubulação.

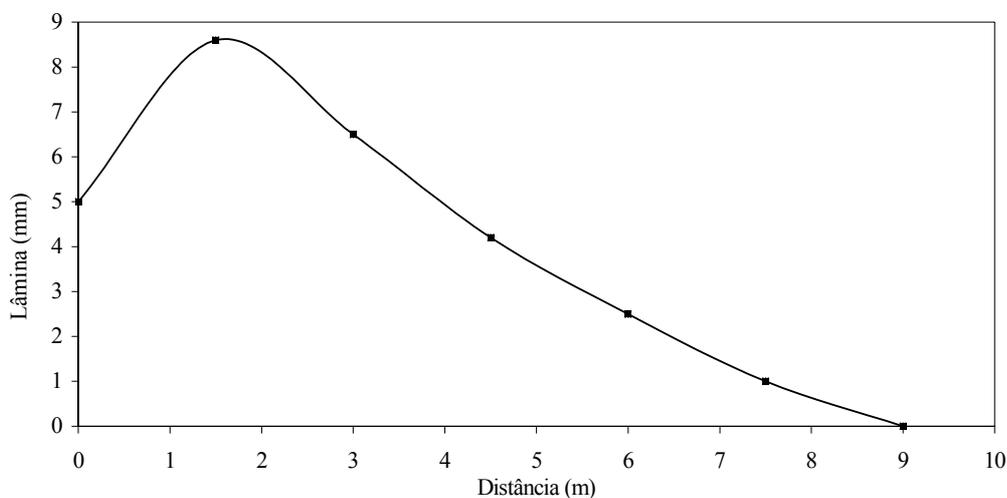


Figura 2 – Perfil de distribuição de precipitação utilizando apenas um aspersor

4.2. Caracterização dos Tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos (5 lâminas de irrigação) e quatro repetições totalizando 20 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta de 44 plantas sendo consideradas úteis 10 plantas conforme Figura 3. Essas 10 plantas úteis foram coletadas ao longo do ciclo para se determinar o desenvolvimento da cultura aos 10; 16; 22; 28 e 32 DAT. A dimensão de cada unidade experimental foi de 1m de largura por 3m de comprimento e 0,20m de altura.

Os tratamentos foram caracterizados pelas lâminas de água, denominadas T1, T2, T3, T4, T5, correspondendo, respectivamente a 25%; 50%; 80%; 100%; 115% da evapotranspiração da cultura (ETc), as quais foram estimadas de acordo com evaporação do tanque Classe A.

Até o quinto dia após o transplântio foram realizadas irrigações uniformes em toda a área para facilitar o desenvolvimento inicial das mudas, sendo toda a área irrigada com 100% ETc. A partir do sexto dia, foi dado início à aplicação das diferentes lâminas que caracterizavam os tratamentos.

4.3. Umidade do Solo

O perfil de distribuição de água no solo foi monitorado utilizando 8 tensiômetros, sendo 4 instalados na profundidade de 0,10 m e outros 4 na profundidade de 0,20 m. Para medição do potencial matricial da água no solo foi utilizado um tensímetro marca FILLER (Figura 4).

Após o preparo dos canteiros foram instalados os tensiômetros nas parcelas referentes aos tratamentos 100% ETc e 50% ETc, sendo os mesmos calibrados na própria área de cultivo. A calibração dos tensiômetros consistiu em leituras diárias com um tensímetro digital, seguidas de coletas de amostras de solo, com auxílio de um trado, na mesma profundidade em que se encontravam as cápsulas dos tensiômetros. Essas amostras foram levadas para uma

estufa regulada para manter uma temperatura de 75°C e mantidas por um período de 24 horas, sendo, portanto a umidade do solo determinada pelo método gravimétrico. Este procedimento foi realizado durante 12 dias, sendo então possível a obtenção das equações de calibração entre umidade do solo e potencial matricial (Figura 5).

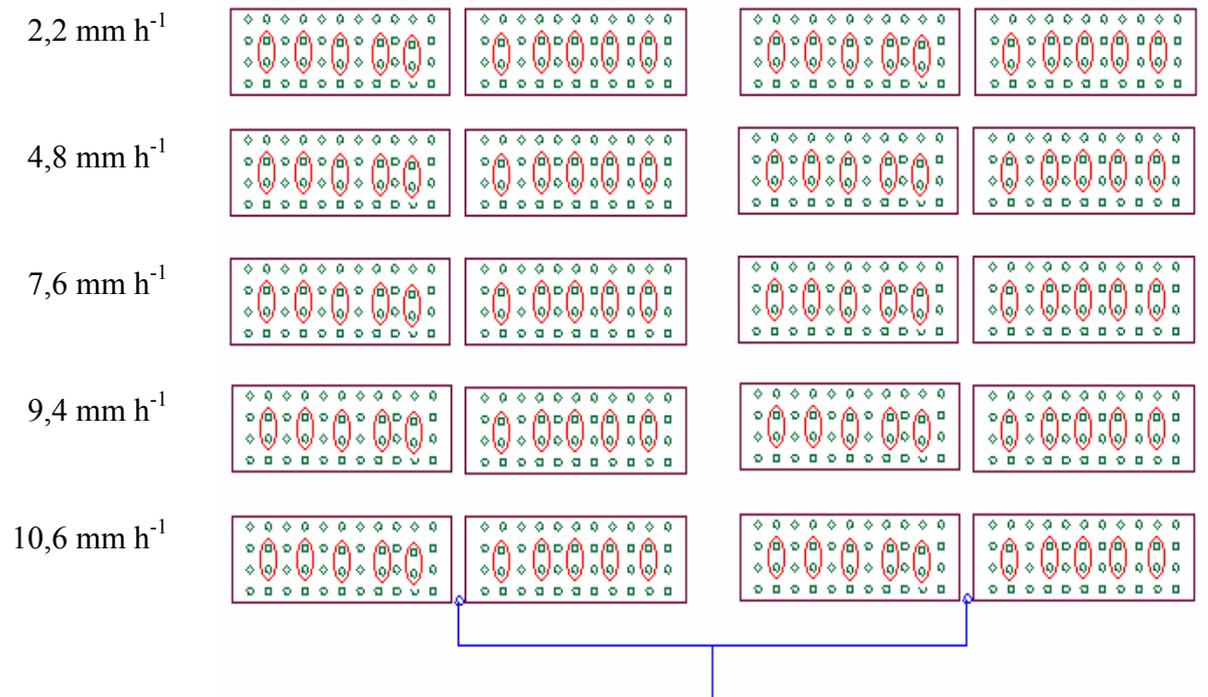


Figura 3 - Croqui da área experimental, com as plantas úteis circuladas.



Figura 4 – Tensímetro da marca FILLER, utilizado para monitorar a tensão da água no solo.

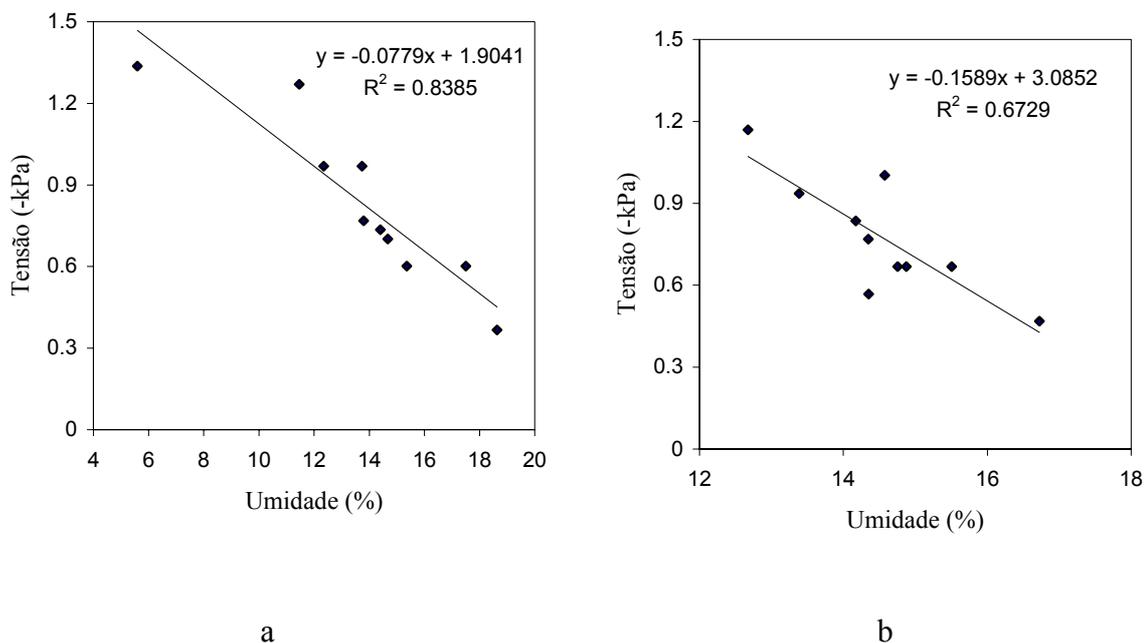


Figura 5 – Curva de calibração dos tensiômetros nas profundidades de 0,10 m (a) e 0,20 m (b).

4.4. Coleta dos Dados Climáticos

Os dados climáticos utilizados na condução do experimento foram obtidos numa estação automática, localizada no próprio SIPA. Nesta estação, as variáveis climáticas eram registradas continuamente em um sistema Datalogger, que armazenava as informações a cada segundo, com emissão de média a cada 30 minutos (Carvalho et al., 2006). A estação era composta de sensores de temperatura de bulbo seco e úmido, velocidade do vento e radiação global, além de um tanque Classe A e um pluviógrafo (Figura 6).



Figura 6 – Vista dos sensores da estação meteorológica automática instalada na área experimental do SIPA.

4.5. Manejo da Irrigação

O manejo da irrigação foi realizado de acordo com a evapotranspiração da cultura, estimada pela evaporação do tanque Classe A, sendo repostas diariamente diferentes frações da lâmina evapotranspirada pela cultura. O cálculo da lâmina de água a ser aplicada foi realizado diariamente após leitura da evaporação (E_v) do tanque Classe A. Assim, as leituras diárias de E_v foram transformadas em evapotranspiração de referência (E_{To}), conforme equação 1:

$$E_{To}(\text{tan que}) = k_p \cdot E_v \quad (1)$$

em que k_p é o coeficiente do tanque, cuja estimativa foi efetuada conforme equação proposta por Allen et al. (1998):

$$K_p = 0,108 - 0,0286 \cdot u_2 + 0,0422 \cdot \ln F + 0,1434 \cdot \ln(H) - 0,000631 \cdot [\ln F]^2 \cdot \ln H \quad (2)$$

em que:

u_2 = velocidade do vento medida a 2m de altura, em $m \cdot s^{-1}$;

H = umidade relativa média (%); e

F = bordadura, em m, que corresponde ao espaço entre o tanque e o final da área de contorno (neste estudo foi utilizado 10m).

A evapotranspiração da cultura foi determinada utilizando a equação 3:

$$E_{Tc} = K_c \cdot E_{To} \quad (3)$$

em que K_c representa o coeficiente de cultivo da cultura da alface. A (Tabela 3) apresenta os coeficientes utilizados neste trabalho.

Tabela 3 – Coeficientes de cultura (K_c) para a cultura da alface sob sistema de cultivo convencional de cultivo e irrigadas por aspersão

Fase	DAS*	Valor do K_c
Início	0-30	0,70
Vegetativa	31-40	0,85
Produção	41-60	1,00
Maturação	61-até colheita	0,95

*Dias após a semeadura

FONTE: Adaptado de Marouelli et al. (1996), Allen et al. (1998) e Marouelli et al. (2001b)

Para melhor representar as condições climáticas locais, diariamente os coeficientes de cultivo eram corrigidos, conforme metodologia apresentada por Allen et al., (1998):

$$K_{cini} = 1,41704 - 0,092412 \cdot E_{To} - 0,11001 \cdot IE + 0,0042672 \cdot E_{To}^2 + 0,0033743 \cdot IE^2 + 0,00028724 \cdot E_{To} \cdot IE \quad (4)$$

$$Kc_{med} = Kc_{med} (Tab) + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(UR_{min} - 45)].\left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (5)$$

$$Kc_{fim} = Kc_{fim} (Tab) + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(UR_{min} - 45)].\left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (6)$$

em que,

Kc_{ini} = coeficiente de cultura para fase 1;

Kc_{med} = coeficiente de cultura para fase 2;

Kc_{fim} = coeficiente de cultura para fase 3;

$Kc_{méd} (Tab)$ = coeficiente de cultura médio tabelado;

$Kc_{fim} (Tab)$ = coeficiente de cultura final tabelado;

IE = intervalo entre eventos de umedecimento do solo, em dias; e

h = altura máxima da planta na fase correspondente, em m.

4.6. Análise de Crescimento Vegetal

A fim de se estudar o efeito das diferentes lâminas de irrigação sobre o desenvolvimento e produtividade da alface, foram realizadas cinco avaliações durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. As coletas das plantas foram realizadas aos 10, 16, 22, 28 e 32 DAT, sempre na parte da manhã em horário que a temperatura estava mais amena. Após cada coleta, as plantas foram embaladas em sacos plásticos e mantidas à sombra não permanecendo no campo por mais de uma hora. Todas as plantas coletadas foram levadas para laboratório a fim de se determinar as variáveis relativas ao seu crescimento, ou seja: área foliar, massa fresca e massa seca. Em cada coleta, foram analisadas duas plantas por parcela com a finalidade de se evitar a existência de variação entre plantas da mesma parcela. Aos 32 DAT foi realizada a colheita final e caracterizada a produtividade da cultura utilizando a unidade $kg\ m^{-2}$ de massa verde.

A determinação da massa fresca das plantas foi realizada individualmente, utilizando uma balança digital 0,01 g de precisão. Para determinação do número de folhas, foram destacadas todas as folhas que apresentavam tamanho maior que 0,03 m da planta e contadas separadamente, e em seguida foi determinada a área foliar de cada planta com auxílio do integrador fotoelétrico LI-3000, LICOR. Todas as folhas foram passadas no integrador, possibilitando, posteriormente, a determinação da área foliar total da planta.

A massa seca foi obtida colocando as plantas na estufa de ventilação forçada, em temperatura constante de 65°C durante 72 horas e posteriormente pesadas em balança digital de precisão 0,01 g.

Os valores de índice de área foliar (IAF - $m^2\ m^{-2}$) e biomassa (WS - $g\ m^{-2}$) foram obtidos após a determinação da área foliar e massa seca de cada planta, sendo considerada uma densidade de 16 plantas m^{-2} .

Os dados obtidos foram utilizados nos cálculos das taxas para avaliar o desempenho da cultura para as diferentes lâminas de irrigação. As taxas foram calculadas pelo método funcional, uma vez que as coletas não foram realizadas em intervalos regulares de tempo.

4.6.1. Método funcional

Para o cálculo das taxas de crescimento da cultura da alface foram ajustadas curvas de área foliar e massa seca da parte aérea acumulada pelas plantas. O IAF e WS foram ajustadas através da função polinomial do terceiro grau utilizando os modelos propostos por Vernon & Allisson (1963):

$$\text{LnWS} = a + b\text{DAT} + c\text{DAT}^2 + d\text{DAT}^3 \quad (7)$$

$$\text{Ln IAF} = a' + b'\text{DAT} + c'\text{DAT}^2 + d'\text{DAT}^3 \quad (8)$$

em que a, b, c, d, a', b', c' e d' são parâmetros das equação a serem ajustadas.

As taxas foram calculadas utilizando as equações:

$$\text{TCR} = b + 2c\text{DAT} + 3d\text{DAT}^2 \quad (9)$$

$$\text{TCC} = \frac{\text{TCR}}{\text{Ln WS}} \quad (10)$$

$$\text{TAL} = \frac{\text{TCC}}{\text{Ln IAF}} \quad (11)$$

em que,

TCR = Taxa de Crescimento Relativo;

TCC = Taxa de crescimento da Cultura; e

TAL = Taxa de Assimilação Líquida.

Após a tabulação de todos os dados foi realizada a análise de variância das médias e análise de regressão para as variáveis (área foliar e massa seca) em função das lâminas de irrigação e calculadas as taxas de crescimento, utilizando o pacote estatístico SAEG. Os modelos estatísticos para determinação das taxas foram escolhidos de acordo com a melhor explicação biológica (de acordo com os dados observados) do crescimento das plantas e das taxas calculadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados Climáticos

Os dados climáticos de precipitação, umidade relativa e temperatura média coletados durante o período de estudo estão apresentados na Figura 7. De acordo com a Figura 7, durante 32 dias de cultivo as condições climáticas foram favoráveis para o cultivo da alfaca. As precipitações foram distribuídas durante o início do ciclo da cultura (até o 17^o DAT), sendo que no final do ciclo foi observado um período de estiagem, com temperatura média do ar de 20°C e umidade relativa de 78%.

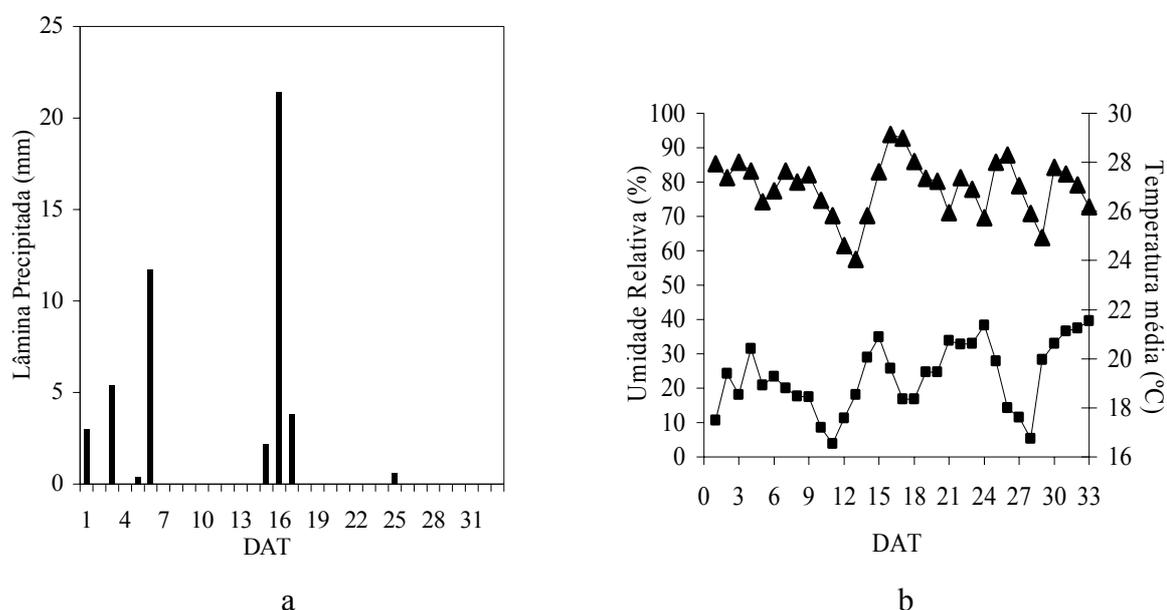


Figura 7 - Dados climáticos referentes à precipitação (a), temperatura e umidade relativa média (b), durante os 32 dias de cultivo.

Esses valores de umidade relativa, temperatura e precipitação são considerados benéficos para o desenvolvimento da cultura, de acordo com a faixa de temperatura citada por Yuri (2000), que considera a faixa ótima de temperatura para obtenção de máximo rendimento entre 15°C e 20°C. O outro fator climático que afeta diretamente a evapotranspiração da cultura é a velocidade do vento, que apresentou valor médio durante o ensaio de 0,95 m s⁻¹.

5.2. Irrigações Realizadas

Durante a execução do experimento ocorreram chuvas que proporcionaram uma aplicação uniforme de água em todos os tratamentos (até aos 20 DAT). Como citado anteriormente, até os 5 DAT, a aplicação uniforme foi utilizada para garantir a aclimação da cultura. A Figura 8 apresenta as lâminas de água aplicadas ao longo do experimento.

A variação das lâminas aplicadas ocorreu a partir do sétimo dia de cultivo. A maior lâmina durante todo o cultivo foi aplicada na ocasião do transplante, sendo esta prática, recomendada para a obtenção de uma melhor aclimação das mudas ao campo. É justamente

nesta fase que as mudas estão mais sensíveis, podendo com isso ocorrer morte das mudas, sendo necessária à reposição de plantas na primeira semana de cultivo.

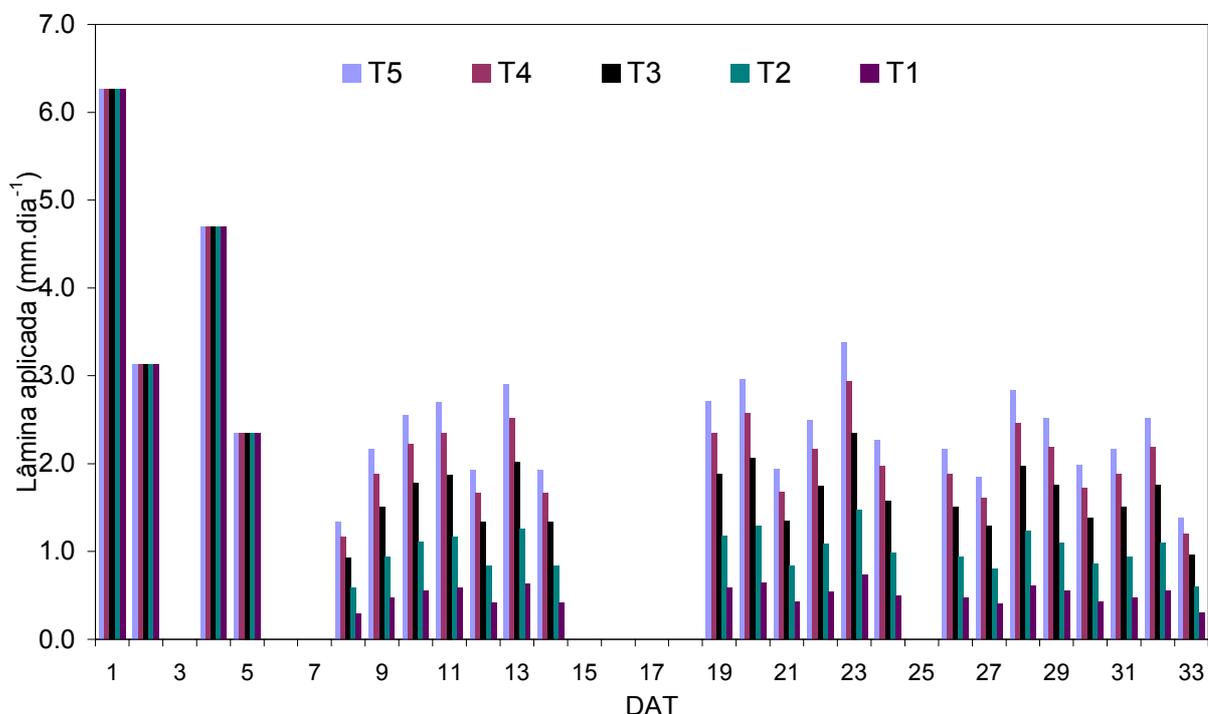


Figura 8 - Lâminas de irrigação aplicada em cada tratamento durante o ciclo da cultura.

A lâmina média aplicada no tratamento de 115% ETc (T5) durante os 26 dias de cultivo com irrigação diferenciada foi de 1,9 mm dia⁻¹ correspondendo ao um tempo médio de funcionamento do sistema de irrigação utilizado no experimento de 13 minutos, sendo considerado a precipitação média deste sistema de irrigação igual a 9,4 mm h⁻¹. No tratamento de menor lâmina T1 (25% ETc), a lâmina média aplicada foi de 0,4 mm dia⁻¹, correspondendo a um tempo de irrigação de aproximadamente 3 minutos, considerando o mesmo sistema de irrigação.

Ao se comparar a lâmina aplicada é possível verificar variação expressiva em relação ao perfil de precipitação do aspersor, mostrado na Figura 2. Conforme a Figura 7, durante 6 dias de cultivo em que não foram efetuadas irrigações, foram precipitados 48,5mm de chuvas que elevaram a quantidade de água aplicada para cultura. Dessa forma, a lâmina total em mm (Figura 9) recebida em cada tratamento foi de 78,3; 90,0; 104,1; 113,5 e 120,5 mm para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. Vale lembrar que, nesses valores estão incluídas as irrigações realizadas no período de aclimação das mudas no campo. A diferença da maior para menor lâmina aplicada foi de 42,2 mm, ou seja, o tratamento T5 recebeu 35% a mais de água que o tratamento T1. Considerando que a lâmina total foi toda efetiva, a irrigação média para o T5 durante o ciclo foi de 3,7 mm dia⁻¹, que correspondeu a aproximadamente, 24 minutos de irrigação diária utilizando um sistema de irrigação com uma precipitação média de 9,4 mm h⁻¹. Já para o tratamento T1, a lâmina média aplicada durante o ciclo foi de 2,4 mm dia⁻¹, correspondendo a um tempo de funcionamento de aproximadamente 16 minutos de irrigação diária, utilizando o mesmo sistema de irrigação.

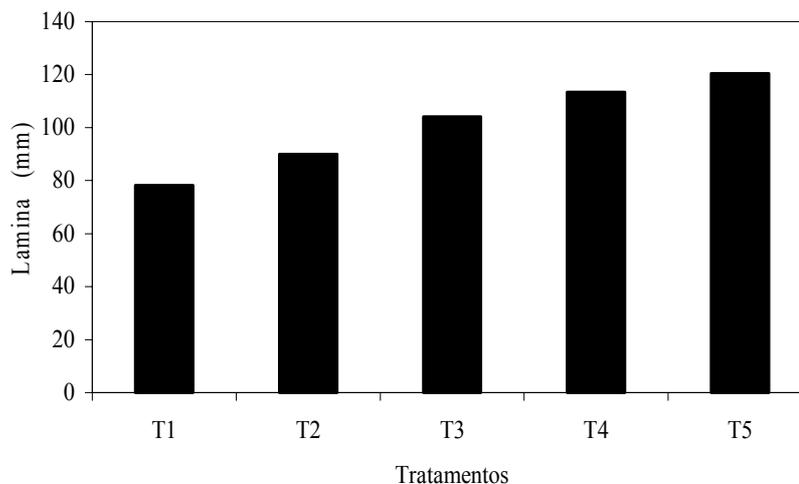


Figura 9 - Lâmina total aplicada durante 32 dias de cultivo.

5.3. Umidade do Solo

A Figura 10 apresenta as variações da tensão da água no perfil do solo nas profundidades 0,10 m e 0,20 m, durante o ciclo de cultivo da cultura, nos tratamentos 50 e 100% da ETc (T2 e T4, respectivamente). Analisando a Figura 10, é possível verificar que durante o período de cultivo, mesmo aplicando uma quantidade de água diferente em cada tratamento, após o 6º dia de cultivo, a tensão de água no solo permaneceu na faixa de -10 kPa até a 25º DAT, para os dois tratamentos e nas duas profundidades, não ocorrendo variações capazes de diferenciar os tratamentos no que diz respeito ao potencial matricial de água no solo.

Observando a Figura 10 é possível verificar que, os valores dos potenciais matriciais no tratamento T4 mantiveram-se acima dos limites estabelecidos para a maioria das hortaliças, conforme vários autores em Pires et al. (2001). De um modo geral, o potencial matricial no tratamento T4 permaneceu em torno -10 kPa, sendo próximo ao considerado ótimo por Santos & Pereira, (2004), que obtiveram melhores produtividades da alface no potencial de -15 kPa na profundidade de 0,15 m.

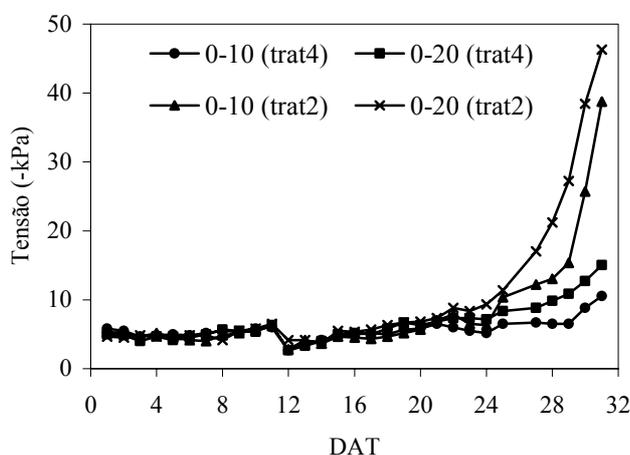


Figura 10 - Perfil de distribuição de água no solo monitorada pelo tensiômetro.

Apesar de estes dois tratamentos terem recebido lâminas de irrigação diferentes (Figura 11), neste período ocorreram precipitações que favoreceram a homogeneização dos tratamentos. A evapotranspiração da cultura tende a ser menor em dias nublados, pois geralmente nestes dias tem-se uma maior umidade relativa. Neste estudo, a velocidade do vento não foi alta, favorecendo um menor déficit de pressão de vapor.

Após o 25º dia, o solo apresentou o comportamento esperado, sendo observado nos tratamentos que receberam menor lâmina de irrigação maior valores de tensão da água no solo. No final do ciclo, o potencial matricial atingiu valores superiores a -40 kPa que corresponde a uma umidade aproximada de $0,19 \text{ g g}^{-1}$, enquanto na parcela do experimento que recebeu maior quantidade de água, a umidade permaneceu em torno de $0,23 \text{ g g}^{-1}$.

Essa diferença de umidade no final do ciclo ocorreu em resposta ao período de estiagem observado no final do ciclo. A diferença de umidade foi possível ser verificada nas duas profundidades em que os tensiômetros foram instalados sendo que a umidade na camada de 0 a 0,10 m nos dois tratamentos foram maiores que a umidade na profundidade de 0 a 0,20 m. A maior umidade do solo no tratamento T4 se deve ao fato que esse tratamento recebeu uma maior lâmina de irrigação.

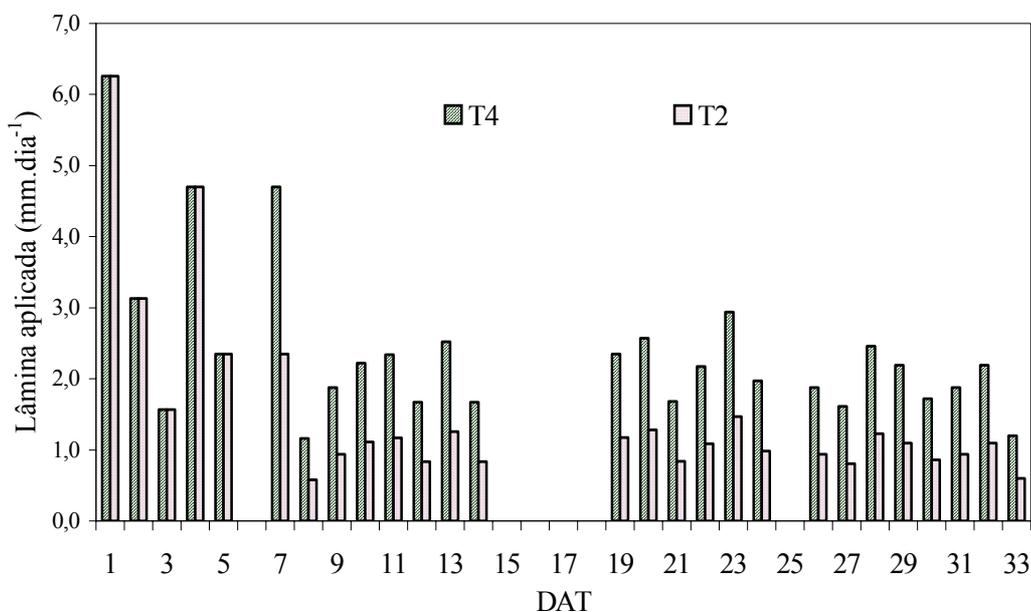


Figura 11 - Lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos T4 e T2 durante o cultivo.

5.4. Análise de Crescimento

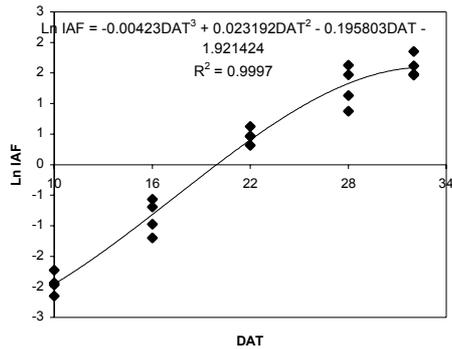
5.4.1. Método funcional

Quando se calcula as taxas de crescimento de uma cultura pelo método funcional, estima-se o crescimento diário da mesma, não sendo possível a realização de teste de comparação entre as taxas médias instantâneas. Os dados de área foliar e massa seca foram transformados em Log x, pois os mesmo não apresentavam distribuição normal.

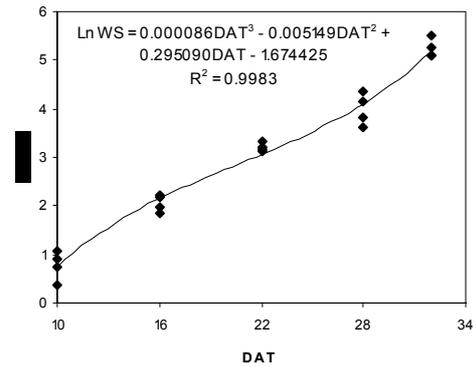
Os resultados da análise de variância revelaram diferença significativa para as variáveis área foliar e massa seca durante as diferentes coletas (Anexo 1). No entanto, não houve interação entre coleta x irrigação, ou seja, durante todo o ciclo sempre as melhores

médias foram obtidas nos mesmos tratamentos.

As Figuras de 12 a 16 apresentam, para os cinco tratamentos, os modelos ajustados de Ln IAF e Ln WS em função do tempo (DAT). Para os cinco tratamentos houve um comportamento semelhante das plantas em relação ao seu crescimento conforme as Figuras de 12 a 16. A partir desses modelos, que tiveram um ajuste consideravelmente alto (acima de 0,98), foram calculadas as taxas de crescimento pelo método funcional, e estimados os acúmulos de biomassa e área foliar durante o cultivo.

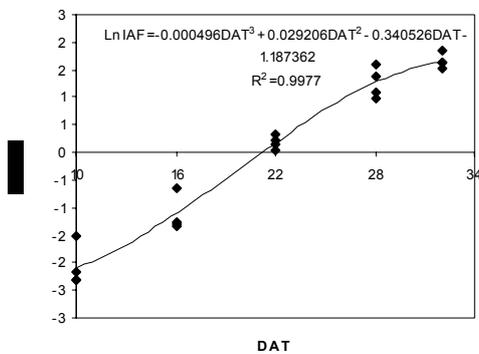


a

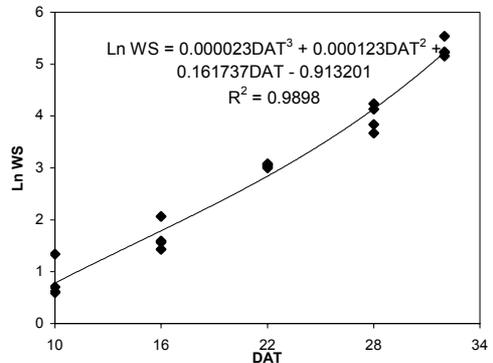


b

Figura 12 - Modelos de ajuste de IAF (a) e WS biomassa (b) em função DAT para irrigação 115% ETc (T5).

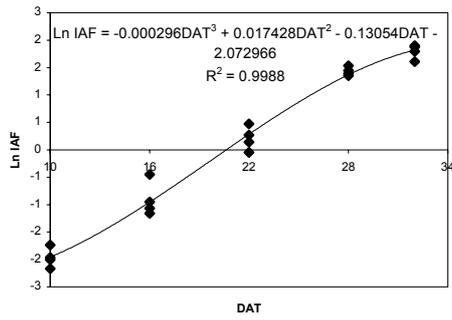


a

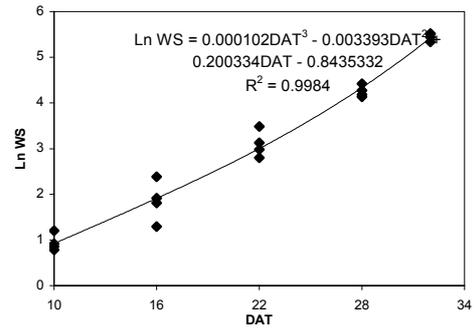


b

Figura 13 - Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do DAT para irrigação 100% ETc (T4).

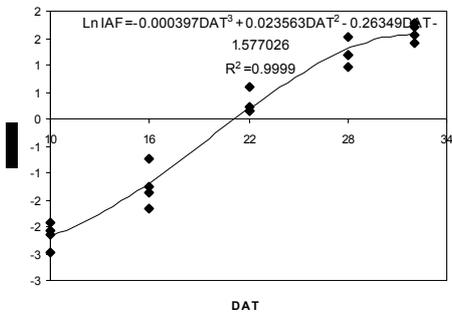


a

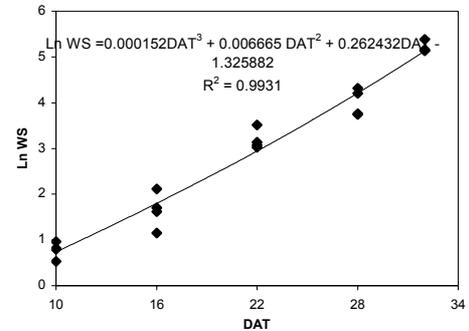


b

Figura 14 - Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do DAT para irrigação 80% ETc (T3).

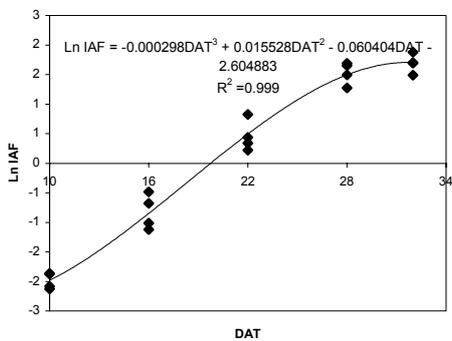


a

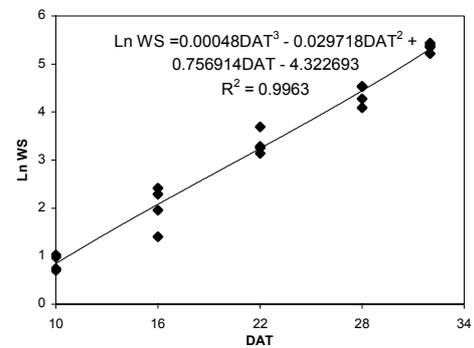


b

Figura 15 - Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do DAT para irrigação 50% ETc (T2).



a



b

Figura 16 - Modelos de ajuste de IAF (1) e biomassa (2) em função do DAT para irrigação 25% ETc (T1).

Até o vigésimo segundo dia, que corresponde à terceira coleta, as plantas em geral apresentaram comportamento semelhante em todos os tratamentos (Figura 17). A partir desta data, houve um maior crescimento do IAF em todos os tratamentos, com destaque ao tratamento T3, que correspondeu à aplicação de 80% da ETc. Os maiores valores de IAF, para todos os tratamentos, foram observados na última coleta (aos 32 DAT), e somente o tratamento 25% ETc (T1) apresentou uma tendência de menor crescimento quando comparado com os demais, sendo provavelmente o déficit hídrico no final do ciclo responsável por este efeito. O maior índice de área foliar observado foi no tratamento T3, com valor médio de $6,06 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ aos 32 DAT, ao passo que o menor IAF observado foi no tratamento 115% ETc (T5) e 50% ETc (T2), com valor médio de $5,05 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, também aos 32 DAT, de acordo com Fhecha (2004), a água em excesso no solo altera os processos químicos e biológicos, limitando a quantidade de oxigênio e acelerando a formação de compostos tóxicos na raiz, além de causar, pela percolação intensa, a remoção de nutrientes e a inibição de crescimento normal da planta de alface.

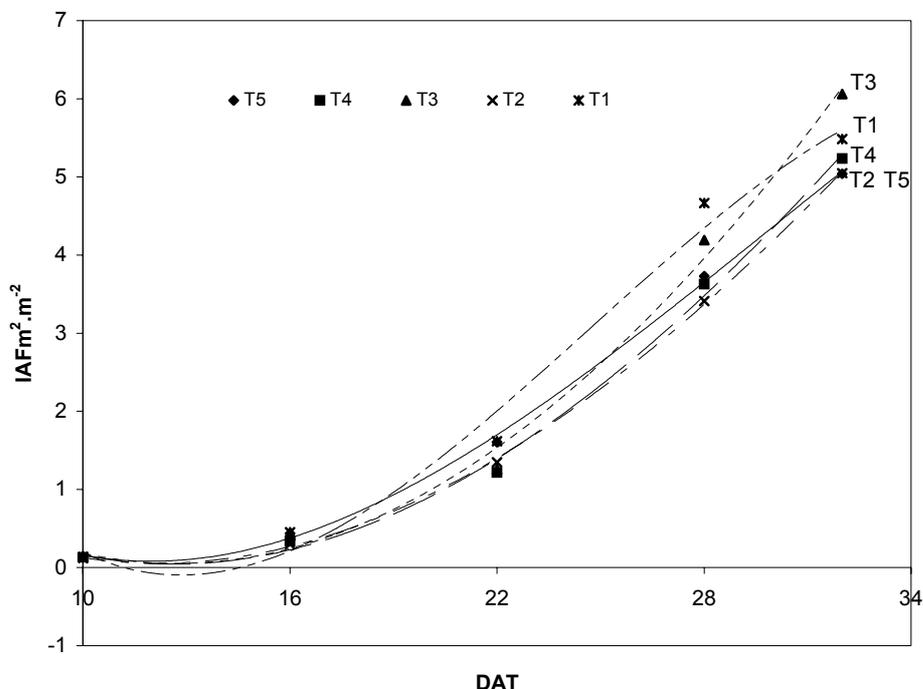


Figura 17 – Valores médios observados e ajustados de IAF em função do DAT, para os diferentes tratamentos.

A Tabela 4 apresenta as equações ajustadas dos modelos referentes às curvas da Figura 17. As equações ajustadas tiveram um r^2 alto, e a significância de cada termo pode ser visto na análise estatística (Anexo 1). Substituindo DAT na equação ajustada que representa o comportamento do IAF da planta temos condições de verificar em que época ocorre o maior crescimento do IAF da planta de alface, sendo essa variável importante para sabermos qual o momento que a planta passa a ocupar maior área no canteiro.

Tabela 4 - Equações ajustadas do IAF para cada tratamento

Equação ajustada	r^2
IAF T1 = $-0,0004\text{DAT}^3 + 0,0328\text{DAT}^2 - 0,6288\text{DAT} + 3,5281$	0,9989
IAF T2 = $-0,0001\text{DAT}^3 + 0,0219\text{DAT}^2 - 0,4857\text{DAT} + 2,9696$	0,9965
IAF T3 = $-0,00008\text{DAT}^3 + 0,0209\text{DAT}^2 - 0,4931\text{DAT} + 3,1012$	0,9935
IAF T4 = $-0,0001\text{DAT}^3 + 0,0194 \text{DAT}^2 - 0,4198 \text{DAT} + 2,5009$	0,9997
IAF T5 = $-0,0009\text{DAT}^3 + 0,0701\text{DAT}^2 - 1,3316\text{DAT} + 7,4476$	0,9865

Quanto à biomassa acumulada pelas plantas em cada tratamento, comportamento semelhante ao IAF foi observado (Figura 18). Aos 22 DAT, as plantas apresentavam um acúmulo médio de 22 g m^{-2} , e aos 32 DAT esses valores atingiram 200 g m^{-2} , aproximadamente. Conforme Figura 18, o maior acúmulo de biomassa foi observado no T3, com valor médio, aos 32 DAT, de $233,8 \text{ g m}^{-2}$. Provavelmente as chuvas ocorridas levaram os tratamentos que receberam maiores lâminas a um estresse.

A cultura da alface apresenta uma característica bastante particular por apresentar um crescimento acelerado somente nas duas últimas semanas de cultivo. Esse fato pode ser bem observado nas Figuras 17 e 18. Devido a esse fato, muitos autores recomendam uma adubação de cobertura próximo aos 15 DAT, pois a partir desta fase o maior crescimento da cultura é esperado, sendo necessário, portanto, maior quantidade de nutrientes disponível.

A Tabela 5 apresenta as equações de ajuste dos modelos referentes às curvas da Figura 18. Substituindo os valores de DAT nas equações que estima a produção de biomassa na planta de alface teremos qual produção de biomassa da planta em relação ao dia em questão para os diferentes níveis de irrigação, facilitando uma programação de adubação suplementar para a cultura da alface.

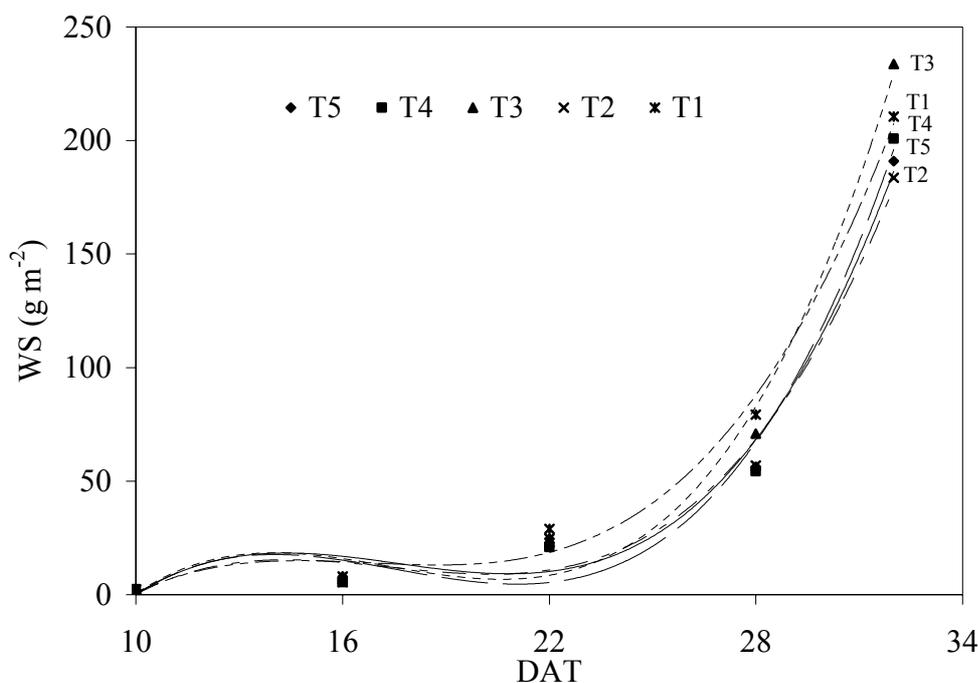


Figura 18 - Valores médios observados de biomassa (WS) acumulada em função de DAT, para os diferentes tratamentos.

Tabela 5 - Equações ajustadas do WS para cada tratamento

Equação ajustada	r^2
WS T1 = $0,0681\text{DAT}^3 - 3,5926\text{DAT}^2 + 61,093\text{DAT} - 319,65$	0,9814
WS T2 = $0,0746\text{DAT}^3 - 3,9267\text{DAT}^2 + 66,135\text{DAT} - 343,25$	0,9807
WS T3 = $0,0806\text{DAT}^3 - 4,1849\text{DAT}^2 + 69,797\text{DAT} - 359,68$	0,9878
WS T4 = $0,0578\text{DAT}^3 - 2,9098\text{DAT}^2 + 48,102\text{DAT} - 247,04$	0,9921
WS T5 = $0,0604\text{DAT}^3 - 3,1416\text{DAT}^2 + 52,855\text{DAT} - 274,71$	0,9813

As curvas das taxas de crescimento da cultura (TCC) em função do tempo (Figura 19), para os diferentes tratamentos, evidenciam maior acúmulo e produção de matéria seca da alface para o tratamento T3 (80% ETc). Durante o desenvolvimento fenológico da cultura é possível verificar que, as curvas da TCC dos diferentes tratamentos apresentaram comportamentos muito semelhantes aos observados para o IAF e WS, sendo obtida a maior TCC aos 32 DAT. O maior valor foi observado no tratamento T3 ($68 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e o menor no T2 ($41,10 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Esses resultados sugerem que a reposição de água mais adequada para a alface é de 80% ETc nas condições de realização deste estudo. Os resultados indicam também que, a aplicação de água em torno de 80% da ETc favoreceu uma melhor absorção da mesma pelas plantas e um aumento na síntese de fotoassimilados, o que provavelmente levou às maiores taxas de crescimento da cultura, corroborando com Andrade Junior & Klar (1997).

Ao contrário de outras culturas, na alface não foi observado uma redução na TCC, pois a mesma é colhida ainda na fase de crescimento vegetativo, fato comum às hortaliças folhosas. Geralmente esse declínio na TCC é observado em outras culturas principalmente as de frutos, pois no seu desenvolvimento fenológico são desejáveis essa redução indicando a entrada da planta em senescência, para remobilização de nutrientes para as partes comerciais (Pereira, 2006).

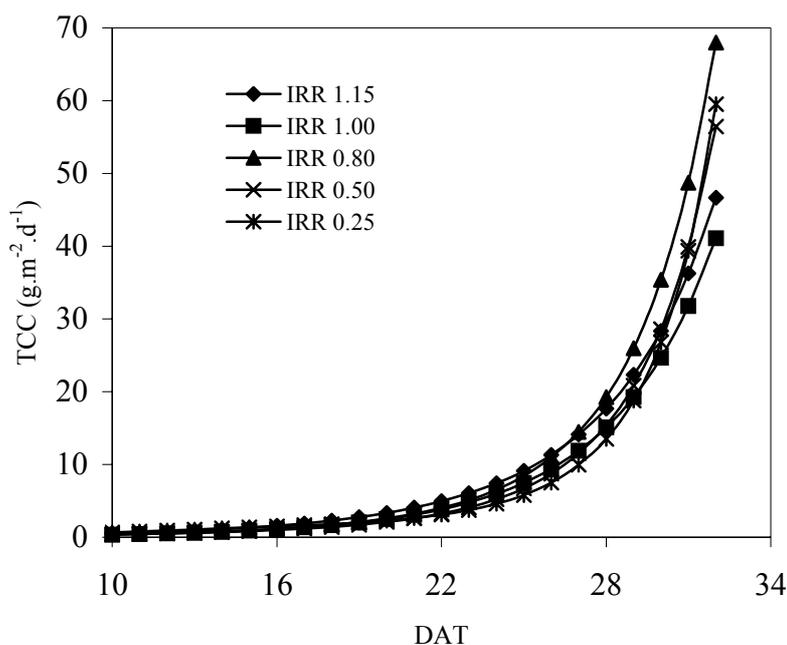


Figura 19 - Taxa de crescimento da cultura em função de DAT.

Durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, as maiores taxas de assimilação líquida (TAL) ocorreram no tratamento T3 (Figura 20). Vale lembrar que, em plantas com desenvolvimento completo, a evolução da TAL sugere um aumento do crescimento desta taxa no início do ciclo, sendo em seguida, verificada uma diminuição progressiva dessa variável fisiológica ao longo dos diferentes estádios. Este fato evidencia maiores valores durante o período vegetativo da cultura, com declínio mais acentuado, seguido de uma relativa constância da assimilação líquida na fase reprodutiva, com retomada de decréscimos sucessivos do final do estágio reprodutivo ao término do ciclo da cultura (Urchei et al., 2000). Para a alface, foi observado somente o início do comportamento acima descrito, pois a colheita é realizada quando a planta atinge o pleno crescimento vegetativo. Neste caso específico, ocorreu um comportamento semelhante na TAL para todos os tratamentos.

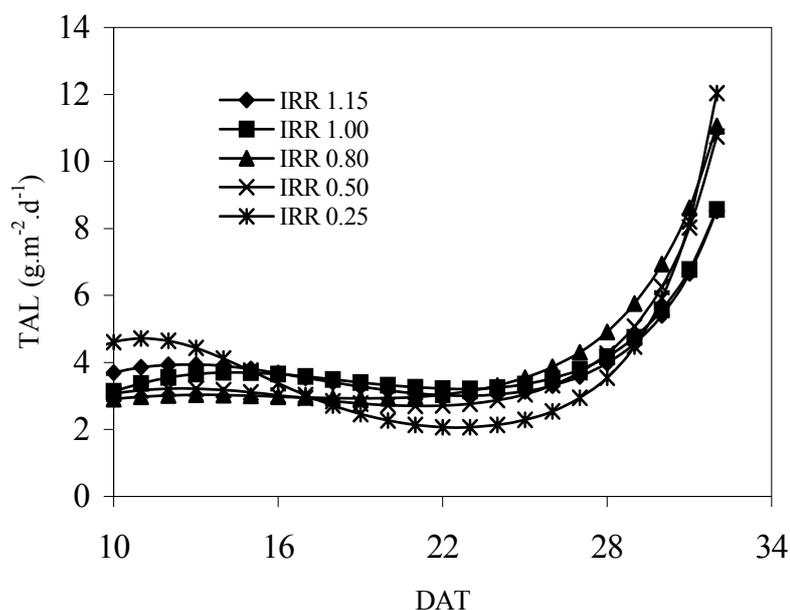


Figura 20 – Taxa de assimilação líquida da cultura em função de DAT.

5.5. Produtividade Final da Cultura

A Tabela 6 apresenta os valores das variáveis de produção após os 32 DAT. A análise de variância efetuada não revelou diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade para nenhuma das variáveis de produção estudadas (número de folhas, área foliar, massa fresca, diâmetro da cabeça). Isto se deve ao fato das condições climáticas estarem favoráveis para o desenvolvimento da cultura, ou seja, temperatura amena, umidade relativa alta e ocorrência regular de precipitação. Por isso, mesmo aplicando diferentes lâminas de irrigação, a quantidade de água no solo permaneceu ideal para todos os tratamentos. Em relação à massa fresca das plantas, pode ser observado na Tabela 6 que neste cultivo foram produzidas plantas com padrão abaixo do comercial recomendado de 200 g planta⁻¹ (Comunicado pessoal, Empresa de packing house Irmãos Benassi, CEASA-RJ), em virtude das mesmas terem sido colhidas antes de atingirem o máximo de seu crescimento.

A colheita foi realizada antecipadamente em virtude dos problemas de segurança observados no campo experimental e também devido à previsão de ocorrência de chuvas, fato que levaria a uma maior homogeneização dos tratamentos.

Apesar de não ter sido observada diferença estatística, é possível verificar que os

maiores valores destas variáveis sempre foram observados na lâmina total de 104,1mm, correspondente ao tratamento T3. O comportamento indefinido dos tratamentos se deve ao fato que para um estudo de determinação da necessidade hídrica da cultura o ideal é não haver interferência climática durante o ensaio, como por exemplo, evitar épocas do ano com maior ocorrência de precipitação.

Tabela 6 - Variáveis analisadas na última coleta das plantas aos 32 DAT

Lâmina Total (mm)	Número de Folhas	Área Foliar (cm ²)	Massa Fresca (g planta ⁻¹)	Diâmetro da cabeça (cm)
120,5	32,75	3.149,85	149,40	25,58
113,5	33,75	3.271,72	159,19	24,69
104,1	36,50	3.786,83	189,54	25,88
90,0	35,75	3.155,94	149,40	24,56
78,3	36,25	3.427,74	161,38	25,16

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que:

- a cultura da alface apresentou um crescimento lento no início do ciclo e após o 22 DAT houve um maior acúmulo de biomassa e um aumento no índice de área foliar da cultura.
- o comportamento das taxa de crescimento da cultura e taxa de assimilação líquida da cultura da alface tem comportamento diferenciado das hortaliças de fruto, devido ao fato das plantas serem colhidas no pleno crescimento vegetativo.
- para a região de Seropédica-RJ, durante o período do ano em que a umidade relativa média do ar é elevada e a temperatura média permanece em torno de 20° C, o suplemento de água para alface baseada no tanque Classe A poderá ser de 80% Etc.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO DA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa*) EM SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO EM RESPOSTA A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E COBERTURA DO SOLO

RESUMO

Com o objetivo de se avaliar o desempenho da cultura da alface cultivada com diferentes lâminas de irrigação em um solo com e sem utilização de cobertura morta, foram conduzidos dois experimentos simultâneos, sendo aplicados 5 diferentes níveis de irrigação (25, 50, 80, 100, 115 % da evapotranspiração da cultura - ETc), em duas condições de cobertura do solo: solo nú e em solo coberto com palha de leguminosa gliricídia (*Gliricidia sepium*). O delineamento adotado em cada experimento foi de blocos casualizados com 5 tratamentos (lâminas de irrigação) e 4 repetições, totalizando em cada ensaio 20 parcelas experimentais. Após atender todas as pressuposições necessárias do ponto de vista estatístico, foi realizada uma análise conjunta dos dados, com regressão para a variável nível de irrigação, e teste F, para a variável cobertura morta. A efetividade da cobertura morta foi avaliada durante um ciclo de 36 dias de cultivo da hortalíça. Para as variáveis analisadas no sistema de plantio com cobertura morta houve um aumento na área foliar, massa fresca e número de folhas até o nível de 100 % ETc e para o nível de 115%, houve um decréscimo das mesmas. Utilizando as equações ajustadas, os valores máximos das variáveis estudadas foram observados para lâminas de irrigação aplicadas entre 80 e 100 % da ETc. No sistema de plantio sem cobertura morta, os níveis de irrigação analisados não foram suficientes para manifestar o máximo rendimento da cultura, sendo necessária a aplicação de uma lâmina superior a 115 % da ETc para a obtenção da produtividade máxima. Na análise conjunta para a variável massa fresca, o sistema de cultivo com utilização de cobertura morta foi superior ao sem cobertura diferenciando estatisticamente ao nível de 5 % probabilidade pelo teste F. Somente não foram observadas diferenças estatísticas entre as lâminas correspondentes a 25 e 115 % ETc, demonstrando que somente a utilização de cobertura morta não é suficiente para obtenção das melhores produtividades.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the acting of the culture of the lettuce cultivated with different irrigation sheets in a soil with and without use of dead covering, two simultaneous experiments were driven, being applied 5 different irrigation levels (25, 50, 80, 100, 115% of the evapotranspiração of the culture - Etc), in two conditions of covering of the soil: I sole nú and in soil covered with straw of leguminosa gliricidia (*Gliricidia sepium*). The design was of randomized complete blocks, with 5 treatments (irrigation sheets) and 4 repetitions, totaling in each rehearsal 20 experimental portions. After assisting all of the necessary presuppositions of the statistical point of view, an united analysis of the data was accomplished, with regression for the variable irrigation level, and test F, for the variable covering died. The effectiveness of the covering died was evaluated during a cycle of 36 days of cultivation of the vegetable. For the variables analyzed in the planting system with covering died there was an increase in the foliar area, fresh mass and number of leaves to the level of 100% Etc and for the level of 115%, there was a decrease of the same ones. Using the adjusted equations, the maximum values of the studied variables were observed for applied irrigation sheets among 80 and 100% of the Etc. In the planting system without covering died, the irrigation levels analyzed were not enough to manifest the maximum income of the culture, being necessary the application of a superior sheet to 115% of the Etc for the obtaining of the maximum productivity. In the united analysis for the variable fresh mass, the cultivation system with use of dead covering was superior to the without covering differentiating estatisticamente at the level of 5% probability for the test F. Only statistical differences were not observed among the sheets corresponding to 25 and 115% Etc, demonstrating that only the use of dead covering is not enough for obtaining of the best productivities.

7 INTRODUÇÃO

O mercado de produtos orgânicos vem crescendo acentuadamente no Brasil e no mundo nos últimos anos. Neste contexto, o cultivo de hortaliças associados ao manejo tem aumentado, graças principalmente aos elevados custos dos adubos minerais e aos efeitos benéficos da matéria orgânica em solos intensamente cultivados com métodos convencionais (Asano, 1984; Rodrigues, 1990).

Atualmente, têm-se empregado adubos orgânicos de várias origens no cultivo da alface, podendo ser incorporado no canteiro ou mesmo utilizado como cobertura morta. As coberturas com vegetais no canteiro têm sido exploradas com os objetivos de reduzir a evaporação da água na superfície do solo, diminuir as oscilações de temperatura do solo e permitir o controle da vegetação espontânea (Araújo et al., 1993), além de proporcionar liberação de nutrientes para a cultura após sua decomposição (Oliveira, 2005).

Dentre as plantas utilizadas como cobertura morta destacam-se as plantas da família das leguminosas e das gramíneas. As leguminosas, por fixarem nitrogênio atmosférico através da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, na sua maioria, são muito importantes no aporte desse elemento e ciclagem dos demais nutrientes. A utilização de coberturas provenientes dessa família tem caráter de adubação, pois os seus teores de N são elevados, levando a uma rápida decomposição e mineralização de altos teores de nutrientes (Heizmann, 1983). O seu poder de proteção do solo e contenção de invasoras como barreira física normalmente persiste por menor tempo, quando comparado com as coberturas provenientes de da família das gramíneas.

A cultura da alface é muito exigente quanto ao consumo hídrico, sendo a reposição de água geralmente realizada por meio de sistemas de irrigação que necessitam de um manejo para o adequado desenvolvimento da cultura. Para um correto manejo de irrigação é necessário conhecer sempre a relação solo-planta-atmosfera, sendo o equilíbrio desse sistema muito importante para o uso racional de água na agricultura.

O manejo de irrigação racional, no que se refere à aplicação da quantidade adequada de água para o bom desenvolvimento de uma cultura, pode ser estimado relacionando a lâmina a ser aplicada e a evaporação do tanque Classe A, por meio de um coeficiente, definido para diferentes condições de cultivo e fases de desenvolvimento da cultura (Hamanda & Testezlaf, 1995).

Uma produção eficiente e rentável deve constituir o principal objetivo econômico da propriedade rural. Para isto, os recursos disponíveis devem ser utilizados racionalmente no processo de produção de forma a se obterem a melhor produtividade. Para um melhor conhecimento da produtividade em função dos insumos tem-se que gerar uma função de resposta da cultura. As funções de resposta ou de produção das culturas é uma relação física entre as quantidades de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas do produto, para dada tecnologia (Frizone, 1993).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar o desempenho da alface cultivada em solo com e sem a utilização de cobertura morta, sob diferentes lâminas de água aplicada por meio de um sistema de irrigação por aspersão.

8 MATERIAL E MÉTODOS

8.1. Caracterização da Área

O trabalho foi realizado no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ, que é destinado à prática da agroecologia, em um solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Almeida et al., 2003). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw (Cruz, 2005), apresenta coordenadas geográficas 22° 46' S e 43° 41' O, e está aproximadamente a 33m de altitude. Entre os dias 27 de maio e 2 de agosto de 2006, foram conduzidos dois experimentos simultâneos, diferenciados pela presença ou não de cobertura morta sobre a superfície do terreno.

A Tabela 7 apresenta a caracterização química do solo na área de plantio, para a camada de 0 a 0,2 m, conforme metodologia apresentada por Embrapa (1997).

Tabela 7 - Resultado da análise de solo realizada na área experimental para o experimento sem (SC) e com (CC) utilização de cobertura morta.

Tipo de cobertura	pH(H ₂ O)	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K
		cmolc/dm ³				mg/dm ³	
SC	6,9	0,0	7,0	4,7	2,3	238,4	166,5
CC	6,8	0,0	8,5	6,2	2,3	244,5	143,4

A área experimental já havia sido cultivada anteriormente com a cultura da alface, não sendo necessária a construção de novos canteiros. Por isso, foi realizado apenas um nivelamento e uma limpeza nos mesmos para realização deste trabalho. Os canteiros foram mantidos a uma altura de 0,2m e com comprimento e largura de 1,0m para cada parcela experimental (área de 1m²). De acordo com Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro, não foi necessária nenhuma correção no solo, pois os níveis de nutrientes estavam na faixa ideal para a cultura (Tabela 7).

8.2. Caracterização da Cobertura Morta

A cobertura morta utilizada foi proveniente de podas da leguminosa arbórea gliricídia (*Gliricidia sepium*), sendo os resíduos passados em picadeira elétrica e secos à sombra, antes de sua distribuição nos canteiros. Conforme recomendação proposta por Oliveira (2005), a dosagem de cobertura morta utilizada neste trabalho foi de 2,5 kg m⁻², equivalendo à disposição de uma camada com espessura de 0,05 m, convertida em kg m⁻², de acordo com a densidade do material.

No momento do corte das plantas de gliricídia, foram coletadas amostras da parte aérea para estimativas dos teores de nutrientes nos tecidos. Essas amostras foram secas em estufa ventilada e regulada a 65°C até atingir peso constante, sendo então moídas. A determinação de N na biomassa foi baseada na metodologia recomendada por Bremner & Mulvaney (1982). A determinação de P foi feita por colorimetria, pela formação da coloração azul do complexo fosfato-molibdato em presença de ácido ascórbico; e a de K por espectrofotometria de absorção atômica (Embrapa, 1997). As análises para Ca e Mg foram

também efetuadas por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão nítrico-perclórica (Bataglia et al., 1983).

Os resultados da análise química do resíduo vegetal que foi utilizado como cobertura morta são apresentados na Tabela 8. O teor de nutriente desta palhada é bastante elevado, demonstrando que sua utilização na agricultura poderá trazer inúmeros benefícios ao solo fornecendo, além da matéria orgânica, nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas como os macronutrientes N, P, K.

Tabela 8 - Resultado da análise química do resíduo vegetal utilizado como cobertura morta.

Ca	Mg	P	K	N
g kg ⁻¹				
16,55	7,35	1,67	14,25	25,27

Segundo Oliveira (2005), em média cerca de 50% destes nutrientes são liberados no primeiro ciclo de cultivo com duração de aproximadamente 35 dias, sendo, portanto recomendada a realização de pelo menos mais um período de plantio, para aproveitamento da palhada remanescente. Utilizando 42% como valor padrão do teor de C (Sisti, 2001), o valor da relação C/N da cobertura utilizada foi de 16,6.

8.3. Preparo e Transplântio das Mudanças

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes da cultivar Regina, sendo as mesmas produzidas em casa de vegetação, em bandejas de isopor com 200 células, abastecidas com substrato constituído de subsolo argiloso, areia lavada, esterco bovino curtido, “cama” de aviário e vermicomposto, na proporção respectiva de 4:2:2:1:1 (base em volume). Durante a fase de crescimento das mudas, as bandejas foram irrigadas diariamente de forma manual.

O transplântio foi realizado manualmente 33 dias após a semeadura (DAS), com as mudas apresentando em média 7 folhas. O espaçamento utilizado foi de 0,25 m entre linhas e plantas e, para melhor distribuição das mesmas no campo, foi utilizado um gabarito com o espaçamento entre plantas previamente definido.

Até os 21 dias após o transplântio (DAT), foram realizadas, para as duas condições de cobertura, duas capinas manuais na área experimental para controlar algumas ervas espontâneas.

8.4. Sistema de Irrigação

Para a aplicação das lâminas de água, foi utilizado um sistema de irrigação por aspersão composto de dois aspersores setoriais (modelo Pingo bocal 3,6 mm - FABRIMAR) distanciados entre si de 18 m, a fim de evitar sobreposição dos jatos de água e garantir a independência da irrigação dos experimentos. Os aspersores foram regulados com um ângulo de 180° para proporcionar uma distribuição de água somente na área onde se realizava o cultivo. O perfil de distribuição de água do aspersor utilizado neste trabalho é apresentado na Figura 20.

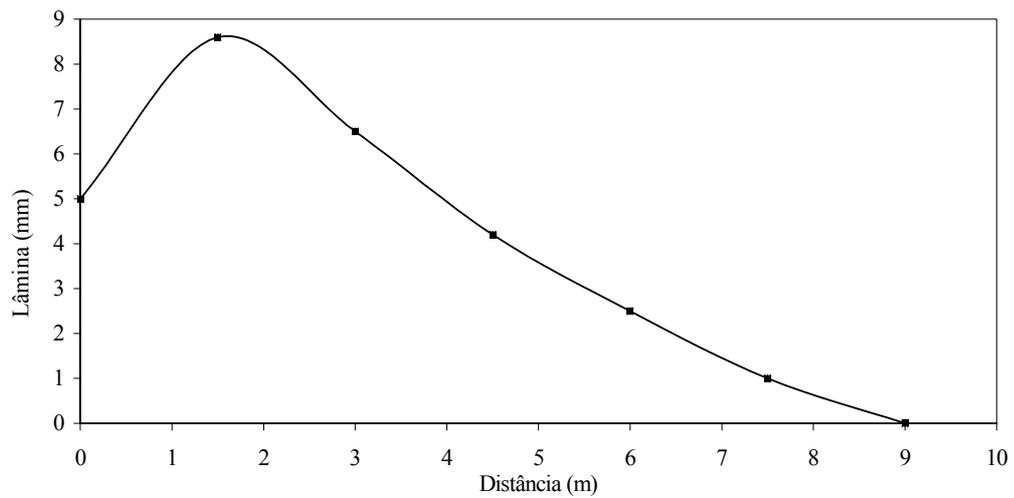


Figura 21 – Perfil de distribuição de precipitação do aspersor utilizando no trabalho.

A localização das parcelas experimentais ao longo da direção perpendicular à linha de irrigação, permitiu a obtenção de diferentes lâminas de água aplicadas, ocasionando diferentes níveis de irrigação nos canteiros (Figura 21).

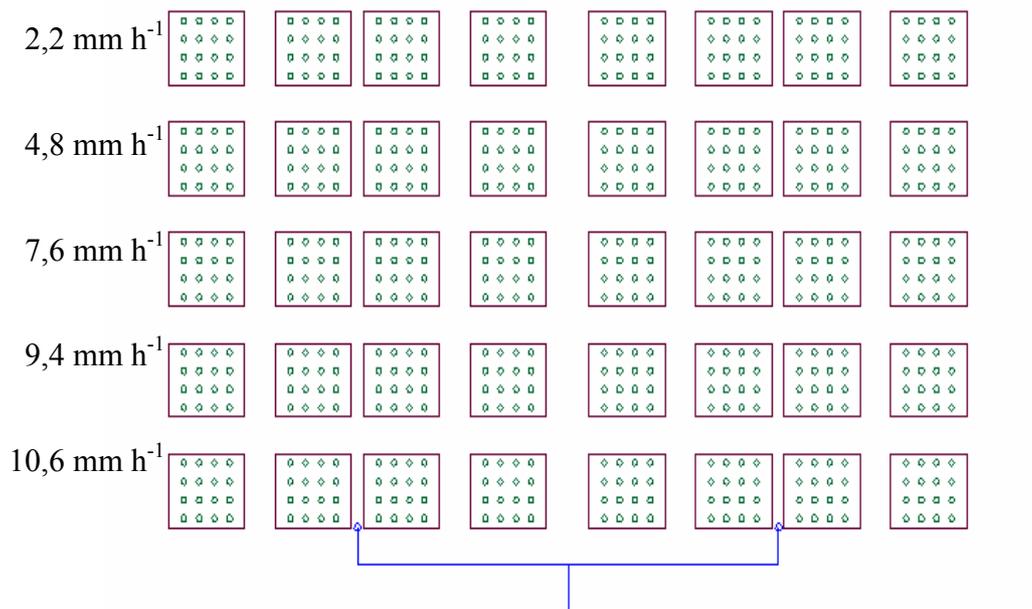


Figura 22 - Croqui da área experimental, com 40 unidades experimentais e as diferentes lâminas recebidas em cada tratamento. (Representação dos dois experimentos, sendo cada um composto de 4 blocos).

8.5. Caracterização dos Tratamentos

O delineamento adotado nos dois experimentos foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos (cinco lâminas de irrigação) e com quatro repetições, totalizando 20 parcelas em cada experimento. Cada parcela foi composta de 16 plantas conforme Figura 22, sendo consideradas úteis às quatro plantas centrais. Nos dois experimentos, foi realizada

irrigação diariamente.

As lâminas de irrigação, que caracterizaram os tratamentos foram denominadas de T1, T2, T3, T4 e T5 correspondendo, respectivamente, a 25 %, 50 %, 80 %, 100 % e 115 % da evapotranspiração da cultura (ET_c), estimada com base na evaporação do tanque Classe A. Até o sexto dia após o transplante (DAT) foram realizadas irrigações uniformes em toda a área para facilitar o desenvolvimento inicial das mudas, sendo toda a área irrigada com 100 % da ET_c. A partir do sexto dia, foi iniciada a aplicação das diferentes lâminas que caracterizavam os tratamentos.

A Figura 22 representa toda a área experimental com os dois experimentos realizados simultaneamente sendo representado de um lado os quatro blocos (Bloco 1; 2; 3; 4) com as vinte unidades experimentais do experimento sem utilização da cobertura morta (SC) e do outro lado as mesma 20 unidades experimentais com o cultivo da alface sob cobertura morta (CC).

8.6. Acompanhamento da Umidade do Solo

O perfil de distribuição de água no solo foi monitorado em cada experimento utilizando 4 tensiômetros, sendo dois instalados na camada 0 a 0,10 m e outros dois na camada de 0 a 0,20 m. As leituras de potencial matricial eram obtidas por meio de um tensiômetro digital (marca FILLER) cuja unidade de leitura era convertida de polHg para kPa. Após calibração realizada na própria área de cultivo, os tensiômetros foram instalados nas parcelas referentes aos tratamentos 100 % ET_c e 50 % ET_c, depois do preparo e limpeza dos canteiros.

A calibração dos tensiômetros consistiu em leituras diárias com tensiômetro digital, seguidas de coletas de amostras de solo, com auxílio de um trado, na mesma profundidade que se encontravam as cápsulas dos tensiômetros. Essas amostras foram levadas para estufa com temperatura de 100-110°C por 24 horas e determinada a umidade do solo pelo método gravimétrico, sendo, em seguida, correlacionada com a tensão da água no solo medida pelo tensiômetro. O procedimento de calibração foi realizado durante 12 dias.

As equações e os coeficientes obtidos estão apresentados na Figura 23. Diariamente pela manhã durante o cultivo foram realizadas leituras em todos os oito tensiômetros instalados na área experimental.

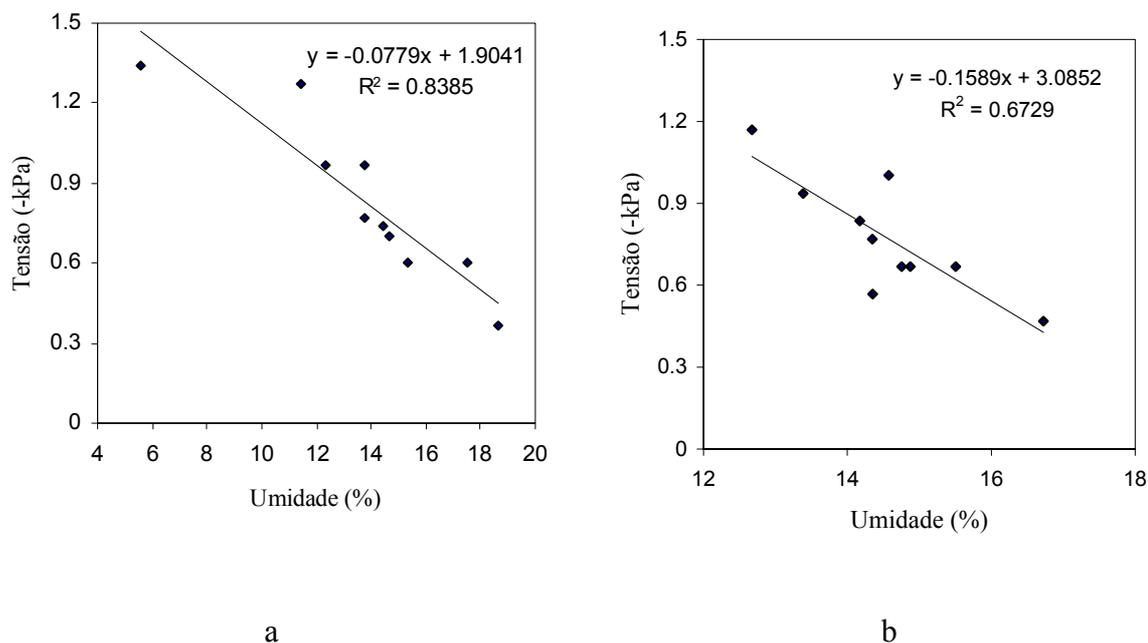


Figura 23 – Curvas de calibração dos tensiômetros nas profundidades de 0-0,1m (a) e 0-0,2m (b).

8.7. Coleta dos Dados Climáticos

Os dados climáticos utilizados na condução do experimento foram obtidos numa estação automática, localizada no próprio SIPA. Nesta estação, as variáveis climáticas eram registradas continuamente em um dispositivo Datalogger, que armazenava as informações a cada segundo, com emissão de média a cada 30 minutos (Carvalho et al, 2006). A estação era composta dos sensores de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção do vento e radiação global, além de um tanque Classe A e um pluviômetro.

8.8. Manejo da Irrigação

Diariamente, após a leitura de evaporação no tanque, foi realizado o cálculo da lâmina de água a ser aplicada. A evaporação medida em tanque implica no efeito integrado de radiação solar, vento, temperatura e umidade na superfície. Segundo Allen et al. (1998), a evaporação relaciona-se com a ETo, da seguinte forma:

$$E_{To} = k_p \cdot E_v \quad (12)$$

em que:

E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1});

k_p = coeficiente do tanque; e

E_v = evaporação do tanque Classe A (mm dia^{-1}).

Para a estimativa do k_p foi utilizada a equação 2, proposta por Allen et al. (1998):

$$Kp = 0,108 - 0,0286.u_2 + 0,0422.\ln F + 0,1434.\ln(H) - 0,000631.[\ln F]^2 . \ln H \quad (13)$$

em que:

u_2 = velocidade do vento medida a 2m de altura ($m s^{-1}$);

H = umidade relativa média (%); e

F = bordadura, em m, que corresponde o espaço entre o tanque e o final da área de contorno (neste estudo foi utilizado 10m).

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada utilizando a equação 14:

$$ETc = kc.ETo \quad (14)$$

em que Kc representa o coeficiente de cultivo da cultura da alface.

Para cada cultura, existem trabalhos experimentais que determinam o Kc tabelado, sendo que esse valor que é empregado na equação de correção. Na Tabela 9 são apresentados os valores do Kc tabelados para a cultura da alface durante todo seu ciclo.

Tabela 9 – Coeficientes de cultura (Kc) para a cultura da alface sob sistema de cultivo convencional de cultivo e irrigadas por aspersão ajustadas

Fase	DAS*	Valor do Kc
Início	0-30	0,70
Vegetativa	31-40	0,85
Produção	41-60	1,00
Maturação	61-até colheita	0,95

*Dias após a sementeira

FONTE: Adaptado de Marouelli et al. (1996), Allen et al. (1998) e Marouelli et al. (2001b)

Diariamente, os coeficientes de cultivo eram corrigidos, conforme metodologia apresentada por Allen et al., (1998):

$$Kc_{ini} = 1,41704 - 0,092412.ETo - 0,11001.IE + 0,0042672.ETo^2 + 0,0033743.IE^2 + 0,00028724.ETo.IE \quad (15)$$

$$Kc_{med} = Kc_{med} (Tab) + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(UR_{min} - 45)].\left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (16)$$

$$Kc_{fim} = Kc_{fim} (Tab) + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(UR_{min} - 45)].\left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (17)$$

em que,

$Kc_{med} (Tab)$ = coeficiente da cultura tabelado para a fase 2;

$Kc_{fim} (Tab)$ = coeficiente da cultura tabelado para fase 3

Kc_{ini} = coeficiente da cultura para fase 1;

Kc_{med} = coeficiente da cultura para fase 2;

Kc_{fim} = coeficiente da cultura para fase 3;

IE = intervalo entre eventos de umedecimento do solo, em dias; e

h = altura máxima da planta na fase correspondente, em m.

8.9. Eficiência do Uso da Água

Foram avaliadas as eficiências no uso da água (EUA) pela cultura da alface nos sistemas de plantio com e sem utilização de cobertura morta, utilizando as seguintes metodologias para sua determinação, conforme Pereira (2006);

a - cálculo da EUA, em kg de massa fresca de alface produzido por m^3 de água aplicada, levando em consideração a lâmina aplicada pela irrigação e a precipitação pluviométrica ocorrida (EUA^1), pela da equação 18:

$$EUA^1 = \frac{\left[\frac{Prod}{I + P} \right]}{10} \quad (18)$$

em que,

Prod = produtividade da cultura, em $kg\ ha^{-1}$;

I = lâmina aplicada pela irrigação, em mm; e

P = precipitação pluviométrica, em mm.

b - cálculo da EUA, em kg de massa fresca de alface produzido por m^3 de água aplicada, levando em consideração somente a lâmina aplicada pela irrigação (EUA^2), pela da equação:

$$EUA^2 = \frac{\left[\frac{Prod}{I} \right]}{10} \quad (19)$$

8.10. Variáveis de Produção Avaliadas

A colheita foi realizada aos 36 DAT pela manhã e as medidas, com exceção da massa seca, foram todas realizadas no mesmo dia. De cada parcela com 16 plantas foram colhidas as 4 plantas centrais, cortando-as rente ao solo e armazenadas em sacos plásticos. Após a colheita, as plantas foram levadas para o laboratório e determinadas a massa fresca, o número de folhas e a área foliar. Os valores dessas variáveis foram obtidos a partir de uma média de quatro plantas e para a variável massa seca, o valor foi obtido de somente uma planta por parcela, após levada para estufa de ventilação forçada a $65^\circ C$ durante 72 horas, quando atingiram peso constante.

A massa fresca das plantas foi determinada utilizando-se uma balança com 0,01g de precisão. Para a determinação do número de folhas, somente foram consideradas as folhas maiores que 0,03 m, sendo eliminadas as folhas baixas. Após contagem do número, todas as folhas de cada planta foram passadas separadamente no integrador de área foliar LI-3000 Licor, que é um equipamento eletrônico integrador óptico da área. Neste equipamento, as

folhas são inseridas em uma pequena esteira, até a unidade sensível, que ativa o controle da leitura da área, sendo possível a obtenção da leitura pelo princípio da obstrução da passagem da luz pela folha.

Após a colheita, amostras de solo em vários pontos dentro de cada parcela experimental foram coletadas, a fim de determinar a fertilidade do solo após o cultivo da alface.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão, tendo a lâmina de água aplicada como variável independente. Após atendimento das pressuposições para realização da análise conjunta de experimento, o desempenho da cultura nos dois sistemas de cultivo foi comparado pelo teste F.

Para que os experimentos possam ser reunidos e analisados conjuntamente, é preciso que os quadrados médios residuais não difiram muito entre si, isto é, que sejam relativamente homogêneos (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). Segundo esses mesmos autores grupos de experimentos similares são os que têm os tratamentos com o mesmo número de repetições e o quociente entre o maior e o menor quadrado médio residual é menor que 7. Quando realizada a análise conjunta dos dois experimentos, as fontes de variação foram os níveis de irrigação aplicados e a utilização ou não da cobertura morta. Nos casos em que houve interações foram analisados conjuntamente os dois experimentos, sendo comparadas as produções em cada nível de irrigação dentro dois sistemas de cultivo (com e sem utilização de cobertura morta).

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1. Condições Climáticas

Os dados climáticos registrados na estação meteorológica durante o período de estudo são apresentados na Tabela 10, juntamente com os valores diários de coeficiente do tanque (Kt), coeficiente da cultura corrigido (Kc) e a evapotranspiração da cultura (ETc), estimada com base na evaporação do tanque (Ev).

Durante os 36 dias de cultivo ocorreram chuvas cuja lâmina de água precipitada foi de 35,5 mm, sendo esta concentrada no início e no final do ciclo da cultura. Do total precipitado, 7,7 mm ocorreram nos primeiros 3 DAT, sendo este valor importante para aclimatação das mudas ao campo. Na Tabela 10 é possível observar que as maiores lâminas foram precipitadas nos últimos 3 dias de cultivo, sendo esse fato favorável para efeito dos tratamentos, não comprometendo os resultados quanto à homogeneização das lâminas aplicadas. Este maior valor de precipitação no final do ciclo, apesar da cultura apresentar um crescimento acelerado nesta fase, pode ter afetado somente o desenvolvimento das plantas que não apresentavam déficit hídrico, pois um excesso de umidade pode prejudicar o crescimento da cultura (Fhecha, 2004).

Durante o período de estiagem (30 dias) foram observados valores de umidade relativa mínima baixa, favorecendo a ocorrência de altos valores de EV. A evaporação no tanque Classe A acumulada no período foi de 131,7 mm, 3,7 vezes maior a precipitação ocorrida. O maior valor de EV foi medido no 14^o DAT, proporcionando uma ETc de 6,1 mm. Vale lembrar que diariamente foram calculados os coeficientes Kt e Kc, com base na umidade relativa e na velocidade do vento, fazendo com que mesmo para alguns valores expressivos de EV, valores estimados de ETc altos não fossem encontrados. O valor acumulado de ETc no período foi de 95,3 mm, indicando a necessidade de suplementação hídrica da cultura no campo.

9.2. Irrigações Realizadas

A Figura 24 apresenta as lâminas de irrigação aplicadas durante os 36 dias de plantio. É possível notar que a partir do sétimo dia, diferentes lâminas de irrigação foram aplicadas caracterizando os tratamentos, sendo a maior aplicada aos 14 DAT, com valor de 7,0 mm no tratamento T5 (115 % da ETc). Nos dias que não foi realizada irrigação (lâmina aplicada igual a zero) houve ocorrência de chuvas, conforme Tabela 10, e todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de água.

A lâmina média aplicada no tratamento T5 durante os 30 dias de cultivo com irrigação diferenciada foi de 3,3 mm dia⁻¹, correspondendo a um tempo médio de funcionamento do sistema de irrigação utilizado no experimento de 21 minutos, sendo considerado a precipitação média deste sistema de irrigação igual a 9,4 mm h⁻¹. No tratamento de menor lâmina T1 (25% ETc), a lâmina média aplicada foi de 0,7 mm dia⁻¹, correspondendo a um tempo de irrigação de aproximadamente 5 minutos, considerando o mesmo sistema de irrigação citado anteriormente.

Tabela 10 – Dados climáticos registrados pela estação meteorológica do SIPA e demanda evapotranspirométrica da cultura

DAT	VV (m s ⁻¹)	UR		Prec. (mm)	EV (mm)	Kt	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)
		Média	Min						
		(%)							
1	0,8	82,2	54,8	5,6	4,9	0,8	3,9	0,8	3,1
2	0,5	80,6	42,1	0,3	0,0	0,8	0,0	0,8	0,0
3	1,4	78,3	24,7	1,8	0,0	0,8	0,0	0,9	0,0
4	0,5	80,6	53,8	0,0	6,1	0,8	3,1	0,8	2,4
5	1,4	78,3	43,6	0,0	2,5	0,8	1,9	0,8	1,6
6	0,6	87,7	19,8	0,0	2,4	0,8	1,9	0,8	1,6
7	1,8	73,9	35,4	0,0	5,3	0,8	4,0	0,9	3,4
8	0,6	87,7	65,8	0,0	1,4	0,8	1,2	0,8	0,9
9	0,9	81,4	52,6	0,0	4,0	0,8	3,1	0,8	2,5
10	1,2	73,8	25,3	0,0	4,5	0,8	3,5	0,8	2,9
11	0,5	77,8	29,8	0,0	2,6	0,8	2,1	1,0	2,0
12	1,2	73,8	24,1	0,0	2,6	0,8	2,0	1,0	2,0
13	1,4	55,7	19,9	0,0	3,6	0,7	2,6	1,0	2,7
14	0,8	74,6	21,3	0,0	7,9	0,8	6,2	1,0	6,1
15	1,3	74,0	40,7	0,0	1,7	0,8	1,3	1,0	1,3
16	0,8	74,6	47,4	0,0	4,0	0,8	3,2	1,0	3,0
17	1,4	70,0	37,2	0,0	4,1	0,8	3,1	1,0	3,1
18	1,9	62,1	32,6	0,0	5,0	0,8	3,9	1,0	4,0
19	1,3	66,2	31,4	0,0	3,6	0,8	2,7	1,0	2,7
20	1,1	78,0	46,8	0,0	2,9	0,8	2,3	1,0	2,2
21	0,9	77,7	27,7	0,0	3,6	0,8	2,9	1,0	2,8
22	0,8	77,1	38,7	0,0	2,5	0,8	2,0	1,0	1,9
23	1,0	73,5	31,1	0,0	4,1	0,8	3,2	1,0	3,2
24	1,0	75,1	24,4	0,0	5,0	0,8	3,9	1,0	3,9
25	1,0	70,1	30,6	0,0	5,2	0,8	4,0	1,0	3,9
26	1,0	64,2	21,6	0,0	7,4	0,8	5,6	1,0	5,6
27	1,0	57,6	19,6	0,0	7,0	0,8	5,3	1,0	5,2
28	0,8	48,1	17,7	0,0	3,5	0,7	2,7	1,0	2,7
29	1,1	44,0	15,9	0,0	5,5	0,7	3,9	1,0	3,9
30	0,9	70,4	23,7	0,0	4,6	0,8	3,5	1,0	3,5
31	1,0	66,4	16,9	0,0	4,8	0,8	3,6	1,0	3,5
32	0,9	55,4	11,1	0,0	5,5	0,7	4,8	1,0	4,7
33	1,3	49,7	17,2	0,0	4,3	0,7	3,1	1,0	3,0
34	1,3	65,7	44,6	18,4	0,0	0,8	0,0	0,9	0,0
35	1,0	71,6	51,2	3,4	0,0	0,8	0,0	0,9	0,0
36	1,0	78,5	60,2	6,0	0,0	0,8	0,0	0,9	0,0
Total	---	---	---	35,5	131,7	---	100,4	---	95,3

VV – velocidade do vento; UR – umidade relativa; Prec. – precipitação; Ev – evaporação do tanque Classe A; Kt – coeficiente do tanque Classe A; ETo – evapotranspiração de referência; kc – coeficiente de cultivo; ETpc – evapotranspiração potencial da cultura.

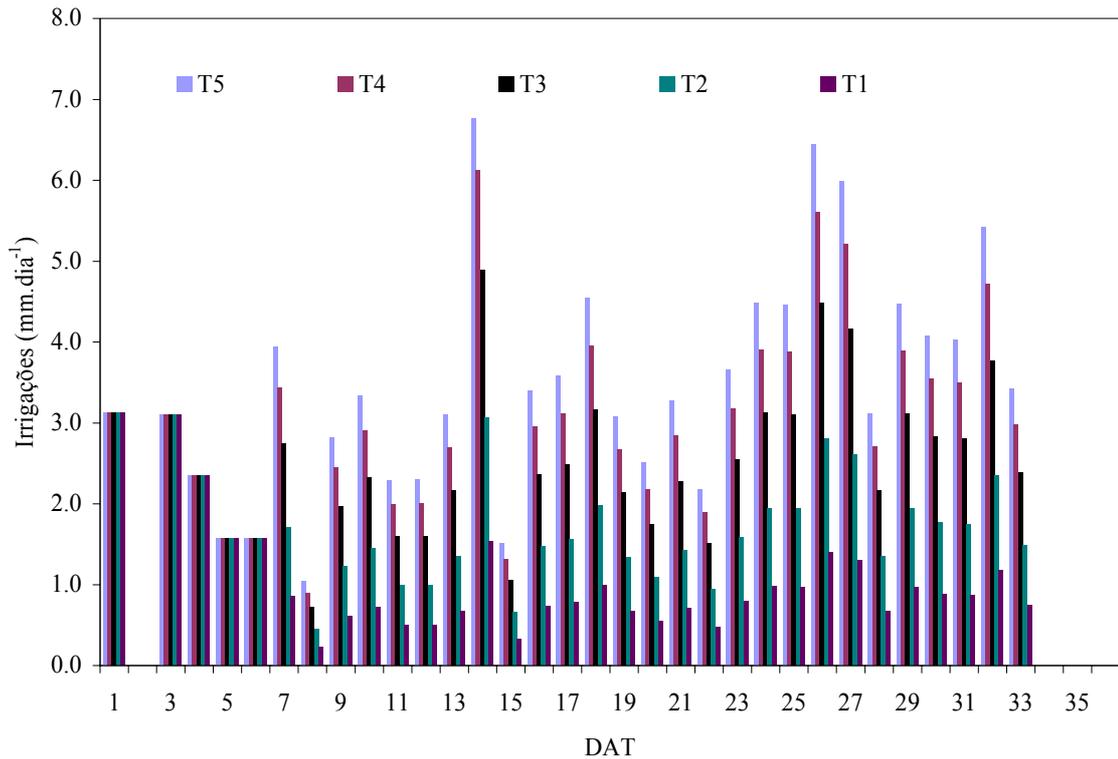


Figura 24 – Lâminas de irrigação aplicada em cada tratamento durante o ciclo da cultura.

Comparando a irrigação total (irrigação + chuvas), os valores das lâminas em cada tratamento são alterados, aumentando o valor de água recebida nos diferentes tratamentos e diminuindo a proporção entre eles. A Figura 25 apresenta a quantidade de água total recebida em cada tratamento.

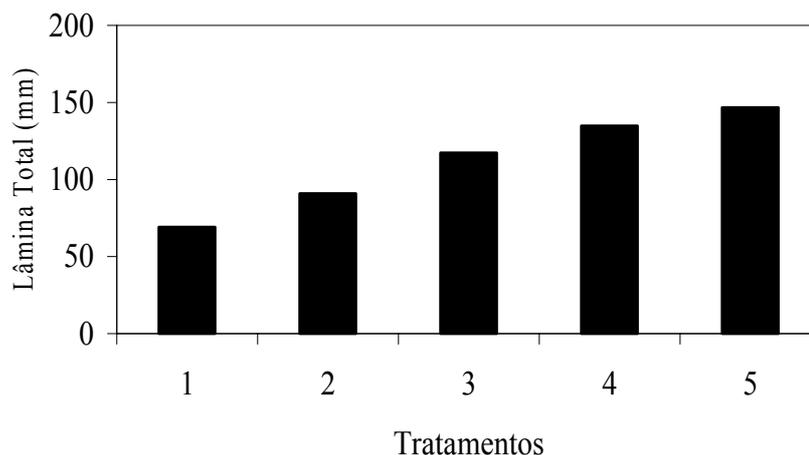


Figura 25 – Lâmina total aplicada (irrigação + chuva) em cada tratamento.

De acordo com a Figura 25, a lâmina total de água recebida nos diferentes tratamentos (irrigação + chuva) foi de 69,1; 91,0; 117,2; 134,7 e 146,7 para os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. Esse valor da lâmina total considera também as irrigações realizadas no período de aclimação das mudas no campo, que totalizou 8,7 mm.

A diferença da maior para menor lâmina total recebida foi de 77,6 mm, ou seja, o

tratamento T5 recebeu a mais 77,6 mm da quantidade de água aplicada no T1. Considerando que essa lâmina total seja toda efetiva, a irrigação média para o T5 durante o ciclo foi de 4,1 mm dia⁻¹, correspondendo a aproximadamente 26 minutos de irrigação diária, utilizando o mesmo sistema de irrigação do presente trabalho. Já para o tratamento T1, a lâmina média durante todo o ciclo foi de 1,9 mm dia⁻¹, equivalente a um tempo de funcionamento do sistema de irrigação de 13 minutos de irrigação diária.

9.3. Resposta da Cultura para os Diferentes Parâmetros Analisados

9.3.1. Massa fresca da parte aérea

Na Figura 26, está apresentada a produção média da massa fresca em cada nível de irrigação, em solo com e sem a utilização de cobertura morta. Somente não houve diferenças estatísticas nas duas lâminas extremas, ou seja, nos tratamentos que receberam maior e menor quantidade de água, sendo que nas demais, a utilização de cobertura morta de gliricídia favoreceu o aumento da massa fresca das plantas quando comparada com a produção sem utilização da cobertura morta.

No tratamento com maior lâmina (T5), nos diferentes sistemas de cultivo, a produção não diferenciou provavelmente pelo fato de ter havido no tratamento com cobertura no solo um excesso de água para as plantas, ocasionando uma redução de produção quando comparado com o nível de irrigação 4 (100% ETc). Esse excesso de irrigação, além de reduzir a produção da cultura, pode ter favorecido uma rápida decomposição e liberação dos nutrientes da palhada da cobertura morta, pois a decomposição da matéria orgânica além de outros fatores é influenciada pela quantidade de água conforme (Espíndola et al. 1997; Rosolem et al., 2003), ocasionando maior risco de lixiviação dos nutrientes.

No tratamento com menor nível de irrigação, a quantidade de água aplicada foi suficiente somente para hidratação da palhada utilizada, não sendo suficiente para manter um nível de umidade do solo ideal para a planta.

Na Figura 26 é possível verificar que, somente a utilização de cobertura não é suficiente para atingir sempre níveis de produtividade superiores quando comparada com o plantio sem utilização de cobertura morta. Para a obtenção de melhores produtividades com a utilização de cobertura morta é importante manter a umidade ideal do solo, sem aplicação de lâminas de água excessivas ou deficitárias.

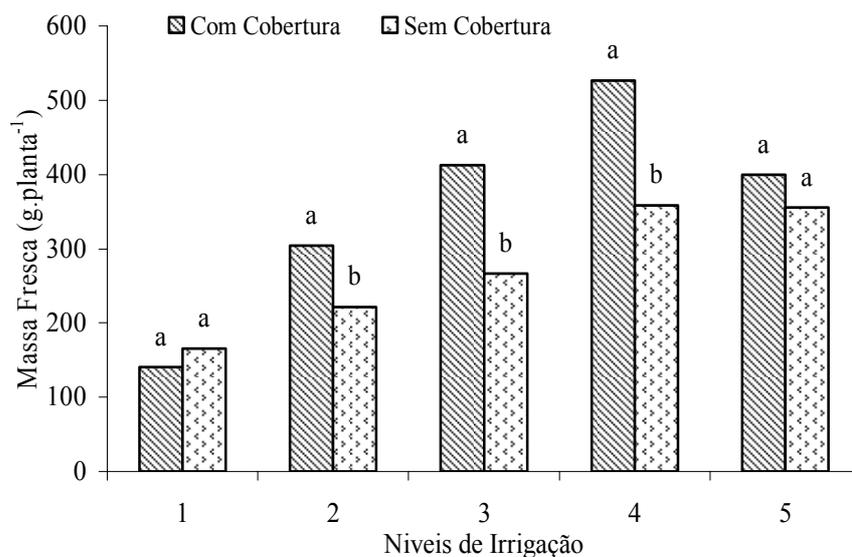


Figura 26 – Produção da cultura da alface em diferentes níveis de irrigação com e sem a utilização de cobertura morta. (Mesma letra na barra em cada nível de irrigação, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F).

A massa fresca total da parte aérea em cada tratamento e a curva de ajuste obtida na análise de regressão está apresentada na Figura 27. É possível perceber que a utilização da cobertura morta proporcionou um maior peso fresco das plantas quando comparadas com o cultivo sem a utilização de cobertura morta. Na média geral, a produtividade da alface foi de 273,56 e 356,80 g.planta⁻¹ no cultivo sem e com o uso de cobertura morta, respectivamente, valores estes significativamente diferentes entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para ambos os sistemas de cultivo, a massa seca foi crescente até a lâmina aplicada de 134,7mm, correspondente ao tratamento 100% da ETc, quando foram obtidos os máximos de valores de massa fresca observados (526,56 g planta⁻¹ para o cultivo com utilização de cobertura morta e 358,46 g.planta⁻¹ para o cultivo sem utilização de cobertura morta). De acordo com a Figura 27, a massa fresca das plantas no sistema de cultivo com cobertura morta diminuiu com a maior lâmina aplicada, sendo este valor inferior em 126,58 g planta⁻¹, correspondendo a uma redução de 24%. Para o sistema de cultivo sem cobertura morta o valor da massa fresca nos dois últimos tratamentos permaneceu praticamente constante, identificando que o aumento da produção a partir da lâmina de 134,7mm é pequeno e lento. Importante lembrar que essa lâmina aplicada de 134,7 mm foi distribuída durante todo o ciclo de cultivo de acordo com a ETc determinada pelo tanque Classe A.

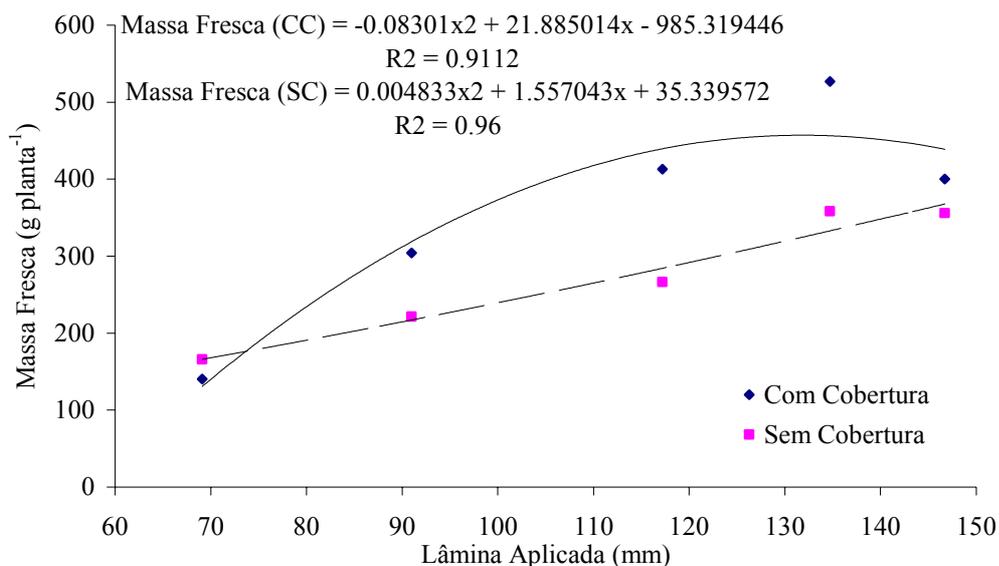


Figura 27 – Massa fresca total da parte aérea de plantas de alface cultivada com diferentes lâminas de irrigação em solo com e sem o uso de cobertura morta.

Utilizando as equações de ajuste, a máxima produção estimada para o tratamento com utilização de cobertura foi de 457,14 g planta⁻¹ na lâmina total de 131,8 mm, que corresponde a uma produtividade de 7,31 kg m⁻² de canteiro. A lâmina ótima estimada é um valor intermediário ao tratamento T4 e T3, que repunha de 80 a 100 % da ETc calculada pelo tanque Classe A.

Para o sistema de cultivo sem o uso da cobertura morta, a máxima produção estimada pela equação quadrática ajustada não foi observada dentro da faixa dos tratamentos pré-determinados. Esse resultado indica que, para a condição de solo sem cobertura, poder-se-ia obter um valor superior de massa fresca da cultura da alface caso fossem aplicadas lâminas superiores a 115 % da ETc.

Resultados semelhantes de lâminas aplicadas foram observados por vários autores no cultivo sem utilização de cobertura morta. Santos & Pereira (2004) obtiveram o máximo de massa fresca de 661,72 g aplicando uma lâmina total de 152,7 mm nas condições climáticas de Lavras, em cultivo protegido. Andrade Junior & Klar (1997) cultivando alface (cultivar Mesa 659) em casa de vegetação e utilizando irrigação por gotejamento, obtiveram o máximo peso total por planta de 818,7 g, com a aplicação de 142,3 mm. Já o máximo valor de massa fresca obtido por Hamanda & Testezlaf (1995), cultivando a alface nas condições de campo, foi de 224 g por planta, aplicando uma lâmina total de 187 mm durante 36 dias de cultivo. Oliveira (2005) cultivando alface sob palha de gliricídia durante o primeiro ciclo obteve peso médio de 347,9 g planta⁻¹ e no segundo ciclo obteve peso de 205,7 g planta⁻¹, não relatando a lâmina de irrigação aplicada.

9.3.2. Área foliar e número de folhas

Após a análise conjunta dos dois experimentos realizados, foi observada diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, na média geral da área foliar dos dois sistemas de cultivo, sendo os valores de 5558,501 e 4734,36 cm² planta⁻¹ correspondentes aos sistemas com e sem a utilização de cobertura morta, respectivamente. Apesar das plantas não apresentarem diferença significativa entre o número de folhas para os dois tipos de

cobertura, os valores de área foliar indicam que a utilização de cobertura morta favoreceu o desenvolvimento da cultura, aumentando significativamente a área foliar das plantas.

Observando a Figura 28, pode-se notar que a cobertura morta favoreceu o desenvolvimento da cultura nos tratamentos em que foram aplicadas maiores lâminas de irrigação. Pode-se verificar que, mesmo utilizando estratégias (utilização de palhada) para manter a umidade do solo, o uso de pequenas lâminas, correspondendo ao T1 (25% da ETc) não favoreceu a obtenção de produtividade diferenciada nos sistemas de cultivo.

Analisando separadamente os dois sistemas de cultivo, a maior área foliar foi observada no plantio com cobertura morta na lâmina de 134,7 mm, sendo o valor médio de 7.1488,28 cm² planta⁻¹. Para o cultivo sem utilização de palha, a área foliar máxima observada foi de 5.730,09 cm² planta⁻¹, correspondendo à lâmina total de 146,7mm.

A Figura 29 apresenta a dispersão dos dados médios de área foliar observados e a equação de regressão ajustada, para os dois sistemas de cultivo. Observa-se um comportamento semelhante à massa fresca, em que para o sistema de plantio com utilização de cobertura morta as lâminas utilizadas nos tratamentos foram suficientes para a determinação do ponto de máximo da função. Utilizando a equação ajustada, foi estimada uma área foliar máxima de 6.850,85 cm² planta⁻¹, correspondendo a uma lâmina total aplicada de 129,33 mm. Esse valor de área foliar é superior ao encontrado por Hamanda & Testezlaf (1995) que trabalhando com a cultura da alface com diferentes lâminas de irrigação aplicadas por um sistema de irrigação por gotejamento sem a utilização de cobertura morta, obtiveram máxima área foliar de 5.395 cm² planta⁻¹, utilizando uma lâmina de 187 mm e correspondendo aos 36 DAT.

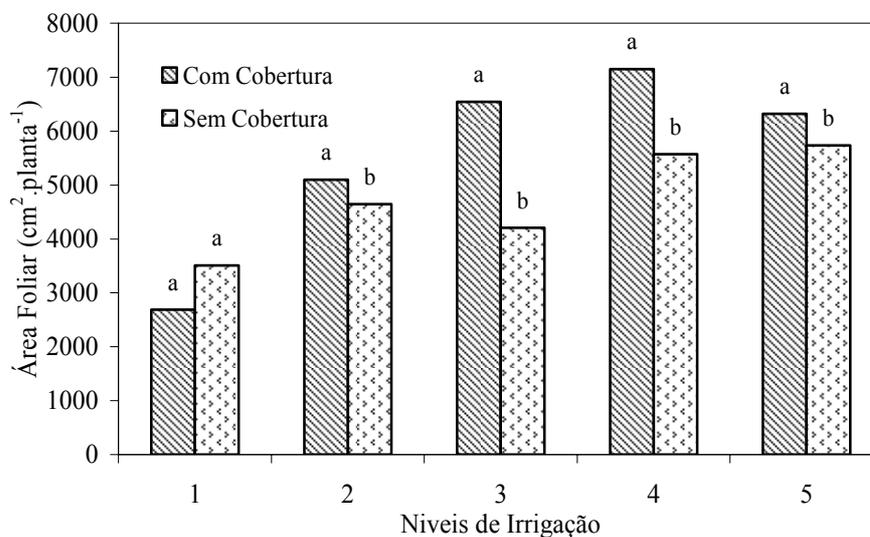


Figura 28 – Área Foliar da alface em diferentes níveis de irrigação com e sem a utilização de cobertura morta. (Mesma letra na barra em cada nível de irrigação, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F).

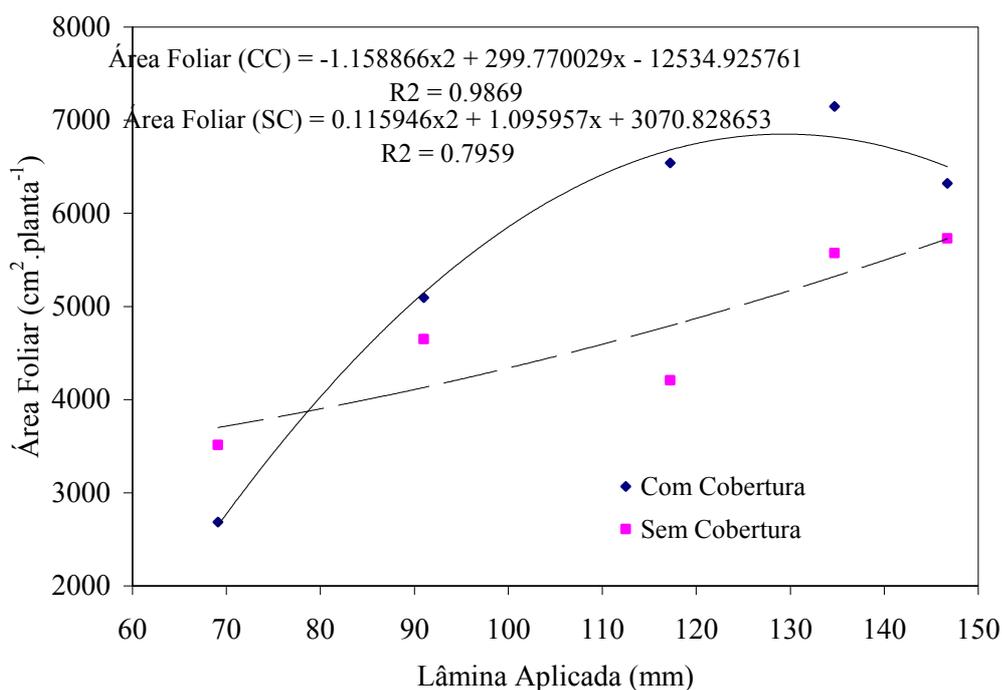


Figura 29 – Área Foliar de plantas de alface cultivadas em solo com e sem utilização de cobertura morta em diferentes lâminas de irrigação.

O de número médio de folhas observado e as equações ajustadas para os dois sistemas de cultivos são apresentados na Figura 30. Para esta variável, foi também possível observar a influência das diferentes lâminas totais aplicadas em cada sistema de cultivo. Observando a Figura 30, nota-se que, para o sistema de cultivo com cobertura morta houve um acréscimo do número de folhas até a reposição de água correspondente a 100% da ETc (T4), decrescendo a partir deste ponto. Esse resultado indica que a utilização de lâminas superiores a 100 % da ETc não favorece a obtenção de um número maior de folhas por planta. Já o comportamento da cultura sem utilização de cobertura morta foi indefinido nas menores lâminas correspondente aos tratamentos T1, T2 e T3, apresentando tendência de aumento do número de folhas para as lâminas superiores.

Para o sistema de cultivo sem utilização de cobertura morta o máximo de número de folhas observado foi de 46 folhas e também, como no sistema de cultivo com cobertura morta, esse valor foi observado no tratamento que recebeu uma lâmina total de 134,7 mm correspondente ao T4. Utilizando a equação ajustada, foi obtido um valor de 47 folhas, correspondente a uma lâmina de 216 mm. Esse valor é muito elevado quando comparado ao aplicado no experimento sem um aumento significativo do ponto de vista de produtividade que justifique a utilização desta lâmina total.

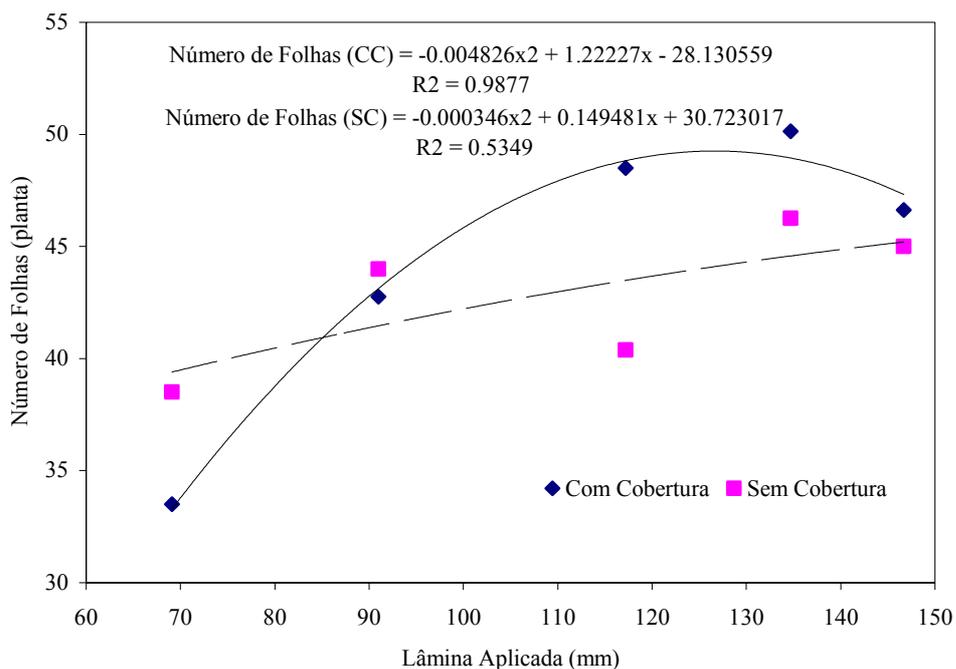


Figura 30 – Número de Folhas de plantas de alface cultivadas em solo com e sem utilização de cobertura morta em diferentes lâminas de irrigação.

Para o sistema de cultivo com utilização de cobertura morta o maior número médio de folhas observado foi de 50, referente ao tratamento com lâmina total aplicada de 134,7 mm. Estimando esta variável por meio da equação de regressão ajustada, foi encontrado um valor máximo da função de 49 folhas por planta, estando associado à lâmina total ótima de 126,63mm, intermediária aos tratamentos T3 e T4. Este resultado é superior ao encontrado por Andrade Junior et al. (2005), que cultivando alface da mesma cultivar em Três Corações-MG, com diferentes tipos de cobertura morta, obtiveram 32,93 folhas por planta, para o plantio com cobertura de palha de café, e 26,07 folhas por planta para o tratamento sem cobertura.

A análise conjunta dos experimentos demonstra que não houve diferenças estatísticas ao um nível 5% de probabilidade pelo teste F para os diferentes sistemas de cultivo, sendo que, a utilização de cobertura morta não influenciou na formação de folhas novas. Resultado semelhante ao encontrado por Andreani Junior & Galbiati Neto (2003), que trabalhando com alface não observaram diferenças significativas entre o efeito da cobertura com palha de café, plástico preto e o controle sem cobertura, para a variável número de folhas.

9.4. Umidade do Solo

Durante o plantio, a umidade do solo monitorada pelo tensiômetro nos canteiros que receberam 50% (T2) e 100% (T4) da ETc, tiveram comportamentos distintos para os dois sistemas de cultivo, conforme resultados apresentados nas Figuras 31 e 32. Comparativamente ao tratamento que repunha 100% da ETc, a tensão da água no solo para o tratamento correspondente a 50% da ETc sem utilização de cobertura morta começou a sofrer variações logo aos 19º DAT, ou seja 13 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Este fato demonstra que as plantas cultivadas nestes canteiros tinham uma menor quantidade de água disponível, afetando os processos fisiológicos e comprometendo a obtenção de maiores produtividades.

A faixa de tensão da água média no solo sem utilização de cobertura morta para o tratamento 100% da ETC na camada de 0 a 0,10 m durante todo o ciclo esteve em torno de -6 kPa e na camada 0 a 0,20 m em torno de -4 kPa.

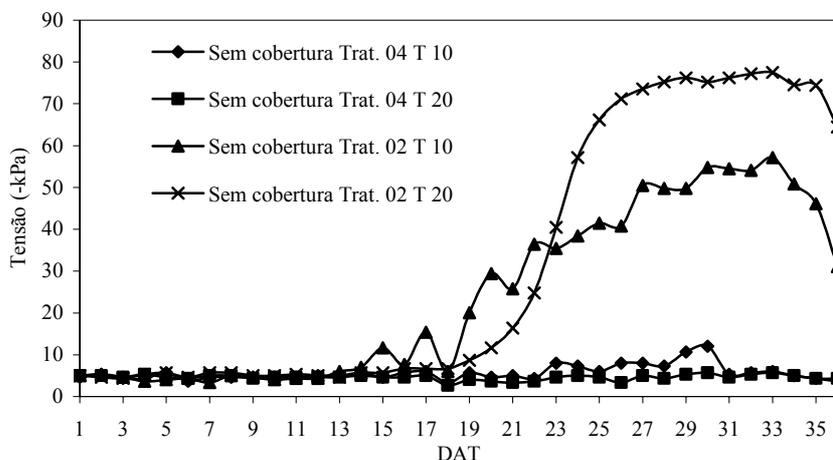


Figura 31 - Perfil de distribuição de água no solo monitorada pelo tensiômetro no sistema de cultivo sem a utilização de cobertura morta.

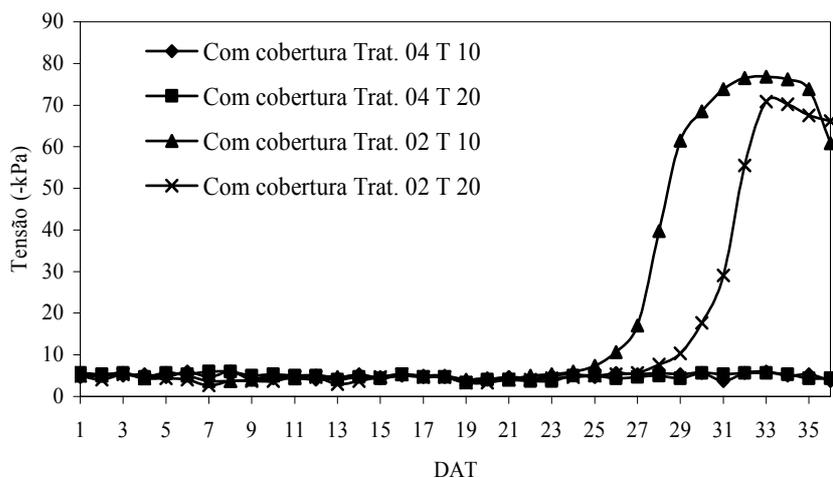


Figura 32 - Perfil de distribuição de água no solo monitorada pelo tensiômetro no sistema de cultivo com utilização de cobertura morta de palhada de gliricídia.

Para o cultivo com utilização de cobertura morta (Figura 32), a menor disponibilidade de água para cultura foi retardada, quando comparada ao outro sistema, podendo ser observada primeiramente na camada 0 a 0,10 m (T2) e logo em seguida na camada 0 a 0,20 m (T2) no tratamento correspondente a 50% da ETC aos 27º DAT. Para o tratamento 100% ETC (T4), o valor médio de tensão da água no solo nas duas profundidades ficou em torno -4 kPa durante todo o ciclo de cultivo. Esse comportamento pode ter contribuído para obtenção da diferença de produtividade observada entre os tratamentos, uma vez que na fase final de cultivo, correspondendo aos últimos 15 dias, o crescimento da cultura é muito acentuado e uma restrição hídrica neste momento pode afetar o crescimento das plantas, diminuindo significativamente a sua produtividade.

Com base nas Figuras 31 e 32, pode-se constatar que o uso da palhada de gliricídia,

visando a manutenção da umidade do solo, proporcionou a obtenção de ótimos resultados, afetando as variáveis de produção avaliadas, justificando, para tanto, o monitoramento da umidade do solo para evitar a ocorrência de déficits hídricos para a cultura, conforme observado no tratamento T2 (50% da ETc) na fase final. Apesar da cultura sob palhada estar sujeita a um menor tempo sob baixa disponibilidade de água, cerca de 9 dias, esse fato foi suficiente para redução da produtividade.

9.5. Eficiência do Uso da Água (EUA)

Na Tabela 11 são apresentados os valores da eficiência do uso da água, considerando as diferentes lâminas de água aplicadas no cultivo com e sem utilização de cobertura morta. O valor máximo para EUA¹ considerando irrigação total (irrigação + precipitação) incluindo a irrigação de aclimação das mudas, foi observado no tratamento T4 (100 % ETc) com utilização de cobertura morta sendo esse valor de 6,25 kg.m⁻³, e o menor observado foi no mesmo sistema de cultivo (com cobertura morta) no tratamento T1 (25% ETc) com o valor de 3,25 kg.m⁻³. Importante lembrar que massa fresca mencionada neste caso é somente da parte área da planta.

Quando se analisou somente a água aplicada pela irrigação (não somando a água aplicada para aclimação das mudas) EUA² apresenta valor máximo na menor lâmina aplicada e a maior eficiência encontra foi de 12,28 kg.m⁻³ no tratamento T1 (25% ETc) sem utilização de cobertura morta. Vale lembrar que neste tratamento mesmo apresentando melhor EUA, a produção da cultura foi inferior ao padrão comercial de 200 g (Comunicado pessoal, Empresa de packing house Irmãos Benassi, CEASA-RJ), produzindo plantas em média com peso de 165,78 g. A menor eficiência também foi observada no sistema de cultivo sem cobertura, no tratamento que recebeu maior lâmina sendo o valor de 5,72 kg.m⁻³. Andrade Junior & Klar (1997), cultivando alface americana em casa de vegetação e com irrigação por gotejamento encontraram um comportamento da eficiência do uso água, quando utilizado somente irrigação aplicada, semelhante ao observado neste trabalho concluindo que neste caso a cultura aumenta a eficiência do uso da água a medida que é aplicada uma menor lâmina de irrigação.

Tabela 11 - Valores de produtividade acumulada (kg m⁻²) e eficiência do uso da água (EUA) considerando as diferentes lâminas aplicadas para o plantio com utilização de cobertura morta (CC) e sem utilização de cobertura morta (SC)

Lâmina Total (mm)	Lâmina Irrigação (mm)	Prod. Acumulada (kg m ⁻²)		EUA ¹ kg.m ⁻³		EUA ² kg.m ⁻³	
		CC	SC	CC	SC	CC	SC
146,7	99,5	6,40	5,70	4,36	3,88	6,43	5,72
134,7	86,5	8,42	5,73	6,25	4,26	9,74	6,63
117,2	69,2	6,61	4,26	5,64	3,64	9,55	6,16
91,0	43,3	4,87	3,54	5,35	3,89	11,24	8,18
69,1	21,6	2,24	2,65	3,25	3,84	10,39	12,28

9.6. Teor de Nutriente no Solo antes e após o Cultivo

A utilização de cobertura morta após o primeiro cultivo proporcionou uma melhora somente para o potássio (Tabela 12), sendo que nos outros nutrientes analisados independente da lâmina aplicada ocorreu uma redução na quantidade de nutriente não seguindo uma tendência definida. Os nutrientes que a palhada que a palhada apresentam maiores teores como Ca, Mg e K as dosagem maiores foram observadas geralmente nas maiores lâminas, provavelmente maior lâmina irá favorecer a decomposição da palhada e uma disponibilidade destes nutrientes para a planta.

Tabela 12 – Teor de nutriente no solo no cultivo com utilização de cobertura morta no início e após o ciclo de 36 dias

% ETc	Início					Fim				
	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K
	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³	
115	8,5	6,2	2,3	244,5	143,4	8,05	5,9	2,18	190,4	261,6
100	8,5	6,2	2,3	244,5	143,4	7,53	5,7	1,90	268,0	238,1
80	8,5	6,2	2,3	244,5	143,4	7,75	5,8	1,95	243,1	250,8
50	8,5	6,2	2,3	244,5	143,4	7,42	5,6	1,88	243,1	258,6
25	8,5	6,2	2,3	244,5	143,4	6,48	4,7	1,70	224,7	267,0

Os teores de nutrientes no solo sem utilização de cobertura morta estão apresentados na Tabela 13. Pode-se observar que para o Ca houve um incremento do seu valor devido à incorporação dos restos culturais do primeiro experimento (análise de crescimento), podendo elevar o teor deste nutriente. Dentro os nutrientes que houve maior redução podem-se destacar o Mg e K, sendo que no magnésio ocorreu uma redução média de 36%, já para o potássio esse valor aproximado pode chegar a 60% valores justificado pela fácil lixiviação do potássio no solo.

Tabela 13 - Teor de nutriente no solo no cultivo sem utilização de cobertura morta no início e após o ciclo de 36 dias.

% ETc	Início					Fim				
	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K
	cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³		cmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³	
110	7,0	4,7	2,3	238,4	166,5	6,6	5,5	1,5	274,1	67,1
100	7,0	4,7	2,3	238,4	166,5	6,6	5,0	1,5	223,5	83,7
80	7,0	4,7	2,3	238,4	166,5	6,6	4,7	1,3	198,9	50,8
50	7,0	4,7	2,3	238,4	166,5	6,6	4,7	1,3	195,8	57,5
25	7,0	4,7	2,3	238,4	166,5	6,4	5,3	1,7	184,3	69,7

10 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- a cobertura morta favoreceu ao melhor desempenho da cultura da alface nas lâminas de 50, 80 e 100% ETc;

- somente não foram observadas diferenças estatísticas entre as lâminas correspondentes a 25 e 115 % ETc, demonstrando que somente a utilização de cobertura morta não é suficiente para obtenção das melhores produtividades, sendo necessário o correto manejo da irrigação.

- as melhores produtividade da cultura para o sistema de cultivo com utilização de cobertura morta foi intermediário as lâminas de 80 e 100% ETc, sendo os valores mais próximo ao 100% ETc.

11 CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram concluir que a cultura da alface apresenta-se sensível à variação de umidade no solo, necessitando para isso, de um manejo adequado de água de irrigação visando a obtenção de melhores produtividades. Face às condições climáticas observadas durante o primeiro experimento, não foi possível observar diferenças estatísticas nas taxas de crescimento da cultura para as diferentes lâminas de irrigação. No entanto, a lâmina de irrigação correspondente a 80% da ET_c, estimada com base no tanque classe A, proporcionou melhores rendimentos. Foi possível perceber que o uso de cobertura morta de gliricídea favoreceu ao melhor desempenho da cultura da alface nas lâminas de 50, 80 e 100% ET_c. Finalmente, pode-se concluir que o manejo correto da irrigação proporcionou maiores taxas de crescimento, de acumulação líquida e produtividade da cultura da alface.

12 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUIAR, J.F.; CINTRA, F.L.D.; PORTELA, J.C.; HOLANDA, F.S.R. *Comparação de métodos para determinação de umidade em solo coeso dos Tabuleiros Costeiros*. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. 4p. Artigo a ser publicado 2007.

AGUIAR, J.V. de. *A Função de Produção na Agricultura Irrigada*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2005. 196p.

AL-GHOBARI, H.M. Estimation of reference evapotranspiration for southern region of Saudi Arabia. *Irrigation Science*, v.19, n.2, p.81-86, 2000.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 301 p. Irrigation and Drainage Paper, 56.

ALMEIDA, D.L de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. DE L.D. *Sistema integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 39p. (Embrapa Agrobiologia. Documento 169).

ALMEIDA, D.L.; AZEVEDO, M.S.F.R.; CARDOSO, M.O. ; DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; MEDEIROS, C.A.B.; NEVES, M.C.P.; NÚNES, M.U.C.; RODRIGUES, H.R.; SAMINEZ, T.C.O; VIEIRA, R.C.M. *Agricultura Orgânica: Instrumento para a Sustentabilidade dos Sistemas de Produção e Valoração de Produtos Agropecuários*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2000. 22p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 122)

ANDRADE JUNIOR, A.S.de.; KLAR, .E. Manejo da irrigação da cultura da alface (*Lactuca sativa*.) através do tanque Classe A. *Scientia Agricola*. v.54 n. 1-2. Piracicaba-SP, Jan/Aug. 1997.

ANDRADE JUNIOR, V.C.; YURI, J.E.; NÚNES, U.R.; PIMENTA, F.L.; MATOS, C.S.M.; FLORIO, F.C.A.; MADEIRA, D.M. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.4, p.899-903, out-dez 2005.

ANDREANI JUNIOR, R.; GALBIATI NETO, P. Avaliação da influência de coberturas mortas sobre o desenvolvimento da cultura da alface na região de Fernandópolis-SP. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, Julho, 2003. Suplemento 2, CD-ROM.

ANDRIOLO, J.L.; ESPINDOLA, M.C.; STEFANELLO, M.O. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, n.1, Jan-Fev, p.35-40, 2003.

ARAUJO, R.C.; SOUZA, R.J.; SILVA, A.M.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos da cobertura morta do solo sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L.). *Ciência e Prática*. Lavras. V.17 n.3 p. 228-233. 1993.

ASANO, J. Effect of organic manúres on quality of vegetables. *Japan Agricultural Research Quarterly*, Ibaraki, v. 18, n.1, p. 31-36, 1984.

- ASSIS, R. L. de; AREZZO, D. C. de; ALMEIDA, D. L. de; DE-POLLI, H. Aspectos Sócio-Econômicos da Agricultura Orgânica Fluminense. *Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 26-42, 1996.
- ASSIS, R. L. de; AREZZO, D. C. de; DE-POLLI, H. Consumo de Produtos da Agricultura orgânica no Estado do Rio de Janeiro. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 84-89, 1995.
- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influencia de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*. Campina Grande, v.4, n.2, p. 152-158, 2000.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas: IAC, 1983. n.p. (Instituto Agrônômico de Campinas. Boletim, 78).
- BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: UNESP-Campus de Jaboticabal, 1988. 41p.
- BLACKMAN, H.H. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany*, 33: 353-360, 1919.
- BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Washington: USDA, 1950. 48p.
- BARNES, D.K. Managing root systems for efficiency water use: breeding plants for efficient water use. In: TAYLOR, H.M.; JORDAN, W.R.; SINCLAIR, T.R. (ed) Limitations to efficient use in crop production. Madison, WI, ASA. 127-135pp. 1983.
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Part 2. 2.ed. Madison: SSSA, 1982. p. 595-624.
- BRIGGS, G.E.; KID, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. *Annals of Applied Biology*, v.7, p.103-123, 1920.
- CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.D. da.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. da. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira Agrometeorologia*, v.14, n.1, p.97-105, 2006.
- CARVALHO, J.E.; ZANELLA, F.; MOTA, J.H.; LIMA, A.L.S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná-RO. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 5, p. 935-939, set./out., 2005
- CHAVES, S.W.P.; MEDEIROS, J.F.; NEGREIROS, M.Z. de; NAGAO, E.O. Rendimento de alface em função da cobertura do solo e frequência de irrigação. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, Julho, 2003. Suplemento 2, CD-ROM.
- COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B.; CONCEIÇÃO, M.A.F.; DUARTE, J.O. Comportamento da cultura do tomateiro sob quatro regimes de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.29, n.12, p. 1959-1968, dez 1994.

CRUZ, F.A. *Instalação e calibração de lisímetros de pesagem, e determinação da ETo para a região de Seropédica-RJ*. Seropédica-RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2005. 52p. (Dissertação de mestrado).

CUENCA, R.H. *Irrigation system design: an engineering approach*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 1989. 133p.

DAROLT, M. R. A qualidade nutricional do alimento orgânico é superior ao convencional? IAPAR-SC. 2003. 4p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome, FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ENGINDENIZ, S.; TUZEL, Y. Economic analysis of organic greenhouse lettuce production in Turkey. *Scientia. Agricola*. Piracicaba, v.63, n.3, p.285-290, May./June. 2006.

ERESTEIN, O. Crop residue mulch in tropical and semi-tropical countries: an evaluation of residue availability and other basic technological implications. *Soil and Tillage Research*. 67(2), 115-133.2002.

ESPÍNDOLA, J.A.; ALMEIDA, D.L.de; MENEZES, E.de L.A.; GUERRA, J.G.M.; NEVES, M.C.P.; FERNANDES, M.do C.de A.; RIBEIRO, R. de L.; ASSIS, R.L.; PEIXOTO, R.T.dos G. Boas Práticas de Produção Orgânica Vegetal na Agricultura Familiar. In: Neto, F.N.(organizador). *Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 117-128p.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.de. *Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável*. Seropédica. Embrapa – Agrobiologia, 1997. 20p. (Embrapa – CNPA. Documento, 42).

EVANS, G.C. *The quantitative analysis of plant growth*. Ed. Blackweel Scientific Publications, Londres, 734 pp. 1972.

FAHL, J.L.; CAMARGO, M.B.P.C.; PIZAAINATO, M.A. et al. (Ed). *Instrumentos agrícolas para as principais culturas econômicas*. 6 ed. Campinas: IAC, 1998, p. 173-174: Alface. (IAC, Boletim, 2000).

FARIA, M.A. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caudas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.133-238

FARIA, R.T.; COSTA, A.C. Tensiômetro: construção, instalação e utilização; um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina: IAPAR, 1987. 24p. Il. (IAPAR, circular, 56)

- FEIDEN, A. *Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Sistemas de Produção Orgânicos*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 2001. 20p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 139).
- FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 195-200, junho 2002.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed., UFV, 2003.
- FRIZONE, J.A. *Funções de resposta das culturas à irrigação*. Série didática nº6. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba-SP. 1993. 42p.
- GLIESSMAN, S.R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653P.
- GOMES, T.M. Efeito do CO₂ aplicado na água de irrigação e no ambiente sobre a cultura da alface (*Lactuca sativa*). Tese (doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
- GOMES, T.M.; BOTREL, T.A.; MODOLO, V.A.; OLIVEIRA, R.F. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.316-319, abr-jun 2005.
- HAMADA, E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento e produtividade da alface submetida a diferentes lâminas de água através da irrigação por gotejamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.9, p. 1201-1209, set. 1995.
- HAMERSCHMIDT, I. Agricultura orgânica: Conceituações e princípios. In: Anais do 38º Congresso Brasileiro de Olericultura. Pretolima-PE; ART&MIDIA, 1998. CD-ROM.
- HARGREAVES, G. H. Water requirements manuals for irrigated crop and rainfed agriculture. Logan: Utah State University, 1977. 41p.
- HEINZMANN, F. X. Mineralização dos resíduos das culturas de inverno e assimilação de Nitrogênio pelas culturas de verão sob plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. (Curitiba: 1983). Anais. Curitiba, Soc. Bras. Ci. Solo, 1983. p.59.
- HUNT, R. *Plant growth analysis*. London, Edward Arnold, 1978. 69p.
- HUNT, R. *Plants Growth Curves – The functional to plant growth analysis*. Editora Edward Londres, 247 pp. 1982.
- JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 89, p. 15-41, 1963.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. *Evapotranspiration and irrigation water requirements*. New York: ASCE, 1990. 332p.

- JOLLIET, O. Hortitrans, a model for predicting and optimizing humidity and transpiration in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Resources*, v.58, p.23-37, 1994.
- JONES, H.G. *Plants and microclimate*. 2 ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 428p.
- KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. *In: SIMPOSIO SOBRE NÚTRICÃO E ADUBAÇÃO DE HORTALIÇAS*, 1990, Jaboticabal. POTAFOS, 1993.
- KVET, J.; ONDOCK, J.P.; NECAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. *In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JAVIS, P.G. (Ed.). Plant photosynthetic production: Manual of methods*. The Hague: 1971. p.341-391.
- LAMPKIN, N. H.; PADEL, S. Agricultural policy in westem Europe: an overview. *In: The economics of organic farming: CAB International*, 1994. p.437-456.
- MACEDO, L. de S.; ALVARENGA M.A.R.; FLORENTINO, C.E.T. Efeito da adubação potássica e lâminas de água sobre a produção do tomateiro, cv. Bônus F1, em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.2, Julho, 2003.
- MAIA NETO, J.M. Efeito da cobertura morta sobre o comportamento de cultivares de alface (*Lactuca sativa*.) no município de Mossoró. Mossoró, 1988, 16 p. (Coleção Mossoroense, série B, no 515).
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. e; SILVA, H.R. da. *Manejo da irrigação em hortaliças*. 5.ed. Brasília : EMBRAPA, SPI, 1996. 72p.
- MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; MORETTI, C.L. *Gotejamento: opção para a irrigação do tomateiro para o processamento nos cerrados*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001 b, Folder.
- MEDEIROS, A.T. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraipaba-CE. 2002. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia: Irrigação e Drenagem). Piracicaba-SP.
- MIRANDA, J.H. ; GONÇALVES, A.C.A.; CARVALHO, D.F. Água e solo. *In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação*. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.1-62.2001.
- MIYAZAWA, M., KHATOUNIAN, C. A. & ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de Alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. *Agroecologia Hoje*. Ano II. N. 7, Fev./Mar. 2001, p.23.
- MULLER, A.G. *Comportamento térmico do solo e do ar em alface (Lactuca sativa.) para diferentes tipos de cobertura do solo*. Piracicaba, 1991. 77p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- NÚÑEZ FHECHA, Pablo Alberto. *Sensibilidade das culturas da batata (Solamum tuberosum L.) a da alface (Lactuca sativa.) ao excesso de água no solo*. Piracicaba, 2004. 68p. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

- OLIVEIRA, F.F. Influência da Cobertura morta com palha de leguminosas e gramíneas no desempenho de alface (*Lactuca sativa.*) sob manejo orgânico. Seropédica, RJ.2005. 55p. Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo – UFRRJ)
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings Royal Society of London. Serie A*, v. 193,p. 120-45, 1948.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. *Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais*. Campinas, SP: Instituto Agronômico. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).
- PEREIRA, A.R.; VILA NOVA, N.A; PEREIRA, A.S.; BARBIERI, V. A model for the class A pan coefficient. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.76, p. 75-82, 1995.
- PEREIRA, C. R. *Análise do Crescimento e Desenvolvimento da Cultura da Soja sob diferentes condições ambientais*. Viçosa : UFV, 2002. 282p. : il.
- PEREIRA, J.B.A. Avaliação do crescimento, necessidade hídrica e eficiência no uso da água pela cultura do pimentão (*capsicum anum.* l), sob manejo orgânico nos sistema de plantio com preparo do solo e direto – Seropédica, RJ. Seropédica, 2006. 129p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- PEREIRA, O.C.N.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; REZENDE, R.; SILVA, F.F. da. Evapotranspiração da alface em função de água e nitrogênio. *Acta Scientiarum. Agronomy* Maringá, v. 25, no. 2, p. 387-391, 2003.
- PIRES, R.C.M., SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; FOLEGATI, M.V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. *In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação*. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.121-194, 2001.
- PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review.*, v. 100, p. 81- 2, 1972.
- RAGHUWANSHI, N.S.; WALLENDER, W.W. Converting from pan evaporation to evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engeneering*. ASCE, New York, v.124, n.5, p.275-277, 1998.
- REICHARDT, K.; TIMM L.C. *Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações*. Barueri, SP. Ed. Manole, p.323-340, 2004.
- ROBINSON, D.W. Mulches ornamental plantings. Author's reply. *Hortscience*, v.23, n.6, 1988.
- RODRIGUES, E. T. Efeito das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sob o crescimento da alface (*Lactuca sativa.*). Viçosa, MG: UFV, 1990, 60p. Dissertação de mestrado.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.355-362, 2003.
- SALE, P.J.M. The response of Summer Lettuce to irrigarion at different stages of growth. *J. Hort. Sci.*, London, v. 41, p. 42-52, 1966.

- SANTOS, I.C.; CASALI, V.W.; MIRANDA, G.V. Comportamento de dez cultivares de alface adubadas com composto de lixo urbano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.2, p. 157-161, fev. 1998.
- SANTOS, R.H.S, MENDONÇA, E.S.; Agricultura Natural, Orgânica, Biodinâmica e Agroecologia. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.22, n. 212, p.5-8, set/out 2001.
- SANTOS, R.H.S. Crescimento, produção e qualidade da alface (*Lactuca sativa*.) cultivada com composto orgânico. Viçosa-MG: UFV (tese de mestrado), 2001.
- SANTOS, S.R dos; PEREIRA, G.M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n.3, p.569-577, set./dez. 2004.
- SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.63-120,2001.
- SENTELHAS, P.C. Class A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.111-115, 2003.
- SIMÃO, S. *Irrigação de alface*. Anais da ESALQ, Piracicaba, v. 12, p. 121-126, 1955.
- SISTI, C. P. J. Influência de sistemas de preparo do solo e manejocultural sobre o estoque de carbono e nitrogênio do solo em diferentes condições agrícolas. 280 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ, 2001.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. ASCE, New York, v. 118, n. 6, p.977-980, 1992.
- SOUZA, M.C.M. Certificação de produtos orgânicos e legislação pertinente. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.22, n.212, p.68-72, set/out.2001.
- SOUZA, P.A.; NEGREIROS, M.Z.; MENEZES, J.B.; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G.L.F.M.; CARNEIRO, C.R; QUEIROGA, R.C.F. Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n.3, p. 754-757, jul set.2005.
- STARK, J.C.; JARRELL, W.M.; LETEY, J. Evaluation of irrigation- nitrogen management practices for celery using continuous-variable irrigation. *Soil Sci Soc.* 95-98pp. 1983.
- TEXEIRA, A.S.; COELHO,S.L. Desenvolvimento e calibração de um tensiômetro eletrônico de leitura automática. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.367-376, maio/ago. 2005.
- THORNTWAITE, G.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Rev.*, New York, v.38, n.1, p.55-94. 1948.
- URCEHI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, mar.2000.

VERNON, A.J.; ALLISON, J.C.S. A method of calculating net assimilation rate. *Nature*, v.200, p.814, 1963.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARNEIRO, P.T. Índices morfológicos da produção de alface sob estresse salino. *Revista Brasileira de Eng. Agrícola*, v.8, n.1, p.23-30, 2004.

VIEIRA, V.C.R.; CURY, D.M.L. Graus-dias na cultura do arroz. *In: Congresso brasileiro de Agrometeorologia*. Piracicaba-SP, 1997, Anais. Piracicaba: SBA, 1997. p.47-49.

VILLA NOVA, N.A. & SENTELHAS, P.C. Evapopluviômetro: novo sistema de medida da evaporação do tanque Classe A. *In: Anais do XI Congresso de Agrometeorologia - II Reunião Latino Americana de Agrometeorologia*. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. v.1. p.2496-2502.

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

WATSON, D. J. The physiological basis of variation in yield. *Adv. Agron.*, New York, NY, v. 4, p. 101-145, 1952.

YURI, J.E. *Avaliação de cultivares de alface americana em duas épocas de plantio em dois locais do Sul de Minas Gerais*. 2000. 51 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; RODRIGUES JUNIOR, J.C.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, jan-mar 2004.

ANEXO 1

Análise de variância geral do experimento de Análise de Crescimento Capítulo I

Variável: Log Número de Folhas

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1412
Coleta	4	0,0000
Níveis de Irrigação	4	0,0649
Níveis de Irrigação*Coleta	16	0,9533
Erro	72	

Coefficiente de variação(%)= 3,84

Média geral= 1,282033

Variável: Log Área Foliar

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1816
Coleta	4	0,0000
Níveis de Irrigação	4	0,0103
Níveis de Irrigação*Coleta	16	0,8357
Erro	72	

Coefficiente de variação(%)= 3,59

Média geral= 2,82287

Variável: Log Peso Fresco

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1714
Coleta	4	0,0000
Níveis de Irrigação	4	0,0165
Níveis de Irrigação*Coleta	16	0,9183
Erro	72	

Coefficiente de variação(%)= 8,38

Média geral= 1,36

Variável: Log Peso Seco

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0589
Coleta	4	0,0000
Níveis de Irrigação	4	0,0172
Níveis de Irrigação*Coleta	16	0,7053
Erro	72	

Coefficiente de variação(%)= 86,79

Média geral= 0,1228187

Análise de Variância da última coleta do experimento do Capítulo I

Variável: Número de Folhas

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,4525
Níveis de Irrigação	4	0,3054
Erro	12	

Coefficiente de variação(%)= 8,13

Média geral= 35

Variável: Área Foliar

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,2764
Níveis de Irrigação	4	0,3799
Erro	12	

Coefficiente de variação(%)= 14,70

Média geral= 3358,4155

Variável: Peso Fresco

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0812
Níveis de Irrigação	4	0,1142
Erro	12	

Coefficiente de variação(%)= 13,31

Média geral= 161,7815

Variável: Peso Seco

Fonte de variação	GL	P>F
Bloco	3	0,2397
Níveis de Irrigação	4	0,1492
Erro	12	

Coefficiente de variação(%)= 13,35

Média geral= 12,75

Análise de variância do Capítulo II
ANOVA GERAL COM UTILIZAÇÃO DE COBERTURA

Variável: Massa Fresca

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0298
Lâmina de Irrigação	4	0,0000
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 11,10

Média Geral: 356,8025

Regressão		
Parâmetro	Estimativa	
C	-985,3194**	** Significativo 1% de probabilidade
B	21,885014**	
A	-0,083010**	
R ²	91,12	

Variável: Número de Folhas

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,5408
Lâmina de Irrigação	4	0,0090
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 12,69

Média Geral: 44,30

Regressão		
Parâmetro	Estimativa	
C	-28,130559*	* Significativo a 5% de probabilidade
B	1,222278*	
A	-0,004826*	
R ²	98,77	

Variável: Área Foliar

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,2101
Lâmina de Irrigação	4	0,0000
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 14,39

Média Geral: 5.558,50775

Regressão		
Parâmetro	Estimativa	
C	-12.534,925761**	** Significativo 1% de probabilidade
B	299,770029**	
A	-1,158866**	
R ²	98,69	

ANOVA GERAL SEM UTILIZAÇÃO DE COBERTURA

Variável: Massa Fresca

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,4083
Lâmina de Irrigação	4	0,0001
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 15,36

Média Geral: 273,5612

Regressão		
Parâmetro	Estimativa	
C	35,339572*	* Significativo a 5% de probabilidade
B	1,5570043*	
A	0,0157799*	
R ²	96	

Variável: Número de Folhas

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,2725
Lâmina de Irrigação	4	0,0357
Erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 7,96

Média Geral: 42,825

Regressão		
Parâmetro	Estimativa	
C	30,723017*	* Significativo a 5% de probabilidade
B	0,149481*	
A	-0,000346*	
R ²	53,49	

Variável: Área Foliar

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,3465
Lâmina de Irrigação	4	0,0111
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 17,18

Média Geral: 4.734,3605

Regressão		
Parâmetro	Estimativa	
C	3.070,828653*	* Significativo a 5% de probabilidade
B	1,095957*	
A	0.115946*	
R ²	79,59	

ANOVA DA ANÁLISE CONJUNTA DOS EXPERIMENTOS

Variável: Massa Fresca

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0115
Lâmina de Irrigação (LI)	4	0,0000
Sistema de Plantio (SP)	1	0,0000
LI*SP	4	0,0003
Erro	27	

Coefficiente de Variação (%): 12

Média Geral: 315,1818750

Desdobramento Sistema de Plantio dentro de cada nível de irrigação

Fonte de Variação	P>F
Lâmina 1	0,3767
Lâmina 2	0,0071
Lâmina 3	0,0000
Lâmina 4	0,0000
Lâmina 5	0,1337

Variável: Número de Folhas

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,2658
Lâmina de Irrigação (LI)	4	0,0002
Sistema de Plantio (SP)	1	0,3127
LI*SP	4	0,0732
Erro	27	

Coefficiente de Variação (%): 10,41

Média Geral: 43,5625

Variável: Área Foliar

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0374
Lâmina de Irrigação (LI)	4	0,0000
Sistema de Plantio (SP)	1	0,0020
LI*SP	4	0,0040
Erro	27	

Coefficiente de Variação (%): 14,83

Média Geral: 5.146,4341

Desdobramento Sistema de Plantio dentro de cada nível de irrigação

Fonte de Variação	P>F
Lâmina 1	0,1372
Lâmina 2	0,4166
Lâmina 3	0,0002
Lâmina 4	0,0070
Lâmina 5	0,2822

Análise de variância do Capítulo II

ANOVA GERAL COM UTILIZAÇÃO DE COBERTURA NO CULTIVO SOB O RESIDUO DA PALHADA

Variável: Massa Fresca

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1197
Lâmina de Irrigação	4	0,1782
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 11,35

Média Geral: 416,3775

Variável: Número de Folhas

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,2920
Lâmina de Irrigação	4	0,4219
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 6,89

Média Geral: 48,225

Variável: Área Foliar

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1649
Lâmina de Irrigação	4	0,2462
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 9,38

Média Geral: 7.052,3929

ANOVA GERAL SEM UTILIZAÇÃO DE COBERTURA NO CULTIVO SOB O RESIDUO DA PALHADA

Variável: Massa Fresca

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,3152
Lâmina de Irrigação	4	0,2215
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 11,41

Média Geral: 330,8075

Variável: Número de Folhas

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1920
Lâmina de Irrigação	4	0,2418
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 5,35

Média Geral: 44,95

Variável: Área Foliar

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,5645
Lâmina de Irrigação	4	0,2742
erro	12	

Coefficiente de variação (%) = 11,83

Média Geral: 5.544,1225

ANOVA DA ANÁLISE CONJUNTA DOS EXPERIMENTOS

Variável: Área Foliar

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,1384
Lâmina de Irrigação (LI)	4	0,0649
Sistema de Plantio (SP)	1	0,0000
LI*SP	4	0,6766
Erro	27	

Coefficiente de Variação (%): 10,33

Média Geral: 6.298,2575

ANOVA DA ANÁLISE CONJUNTA DOS EXPERIMENTOS

Variável: Massa Fresca

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0271
Lâmina de Irrigação (LI)	4	0,0436
Sistema de Plantio (SP)	1	0,0000
LI*SP	4	0,4528
Erro	27	

Coefficiente de Variação (%): 11,16

Média Geral: 373,5925

Variável: Número de Folhas

Fonte de Variação	GL	P>F
Bloco	3	0,0991
Lâmina de Irrigação (LI)	4	0,2454
Sistema de Plantio (SP)	1	0,0013
LI*SP	4	0,3935
Erro	27	

Coefficiente de Variação (%): 6,17

Média Geral: 46,5875