



**EFEITOS DA TENSÃO DE ÁGUA NO
SOLO, NA CULTURA DO PEPINO (*Cucumis
sativus* L.), UTILIZANDO SISTEMA DE
IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO**

DEOCLECIO SANTANA DOS SANTOS

2002

53881
38187 MFN

DEOCLECIO SANTANA DOS SANTOS

EFEITOS DA TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO, NA CULTURA DO
PEPINO (*Cucumis sativus* L.), UTILIZANDO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. Jacinto de Assunção Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

BIBLIOTECA CENTRAL - UFLA

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Deoclecio Santana dos

Efeitos da tensão de água no solo, na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.),
utilizando sistema de irrigação automatizado / Deoclecio Santana dos Santos. --
Lavras : UFLA, 2002.

60 p. : il.

Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Pepino. 2. Irrigação. 3. Automação. I. Universidade Federal de Lavras. II.

Título

CDD-635.6387

DEOCLECIO SANTANA DOS SANTOS

**EFEITOS DA TENSÃO DE ÁGUA NO SOLO, NA CULTURA DO
PEPINO (*Cucumis sativus* L.), UTILIZANDO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de “Mestre”.

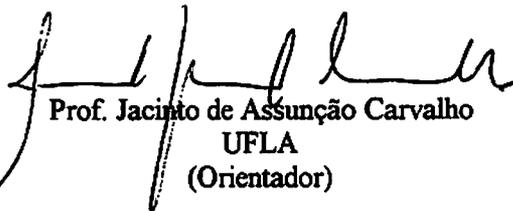
APROVADA em 25 de julho de 2002

Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira

UFLA

Dra. Fátima Conceição Rezende

UFLA



Prof. Jacinto de Assunção Carvalho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

À Daniela Roberta, minha esposa;
À minhas filhas Natielly e Vanielly Roberta;
À Irene Alice e João Santana, meus pais;
A meus irmãos.

Dedico

“Enquanto todo mundo espera a cura do mal
E a loucura finge que tudo isso é normal
Eu finjo ter paciência
O mundo vai girando cada vez mais veloz
A gente espera do mundo, e o mundo espera de nós
Um pouco mais de paciência

Será que é tempo que lhe falta pra perceber?
Será que temos esse tempo pra perceber?
E quem quer saber
A vida é tão rara, tão rara
Mesmo quando tudo pede um pouco mais de calma
Mesmo quando o corpo pede um pouco mais de alma
Eu sei
A vida não pára”

PACIÊNCIA
(Lenine/Dudu Falcão)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo divino dom da criação;

Aos meus pais por terem me conduzido com decência e estima;

A meus irmãos, em especial Suele Santana;

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de realização do curso;

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de estudo;

A sociedade brasileira, por ser o grande incentivo dessa minha busca ao conhecimento;

Aos educadores desta instituição por sua dedicação e compreensão para conosco;

Ao professor orientador, Dr. Jacinto de Assunção Carvalho, pelo apoio e dedicação e pelos ensinamentos durante a realização deste curso;

A todos os professores do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem da UFLA;

Ao professor, Dr. Roberto Alves Braga Júnior, pelos conceitos em instrumentação e automação;

Ao professor, Dr. Joel Augusto Muniz, pela preciosa ajuda na execução e interpretação das análises estatísticas;

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica – DEG, José Luiz, Oswaldo “O Neném” e Lindeberg “O Seu Berg” pela grande ajuda e cooperação;

Aos colegas de curso, Adriana, Joelma, Marcos Alves, João Batista, Silvânio e aos demais colegas de curso, que muito contribuíram nesta minha formação;

Aos amigos de trabalho, Tadeu Queiroz de Miranda, Márcio José de Santana pela ajuda e por compartilhar de suas experiências com experimentos;

Ao bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, Reinaldo Freitas Aquino pela colaboração durante a condução do experimento;

Aos amigos com quem convivi, Erivaldo Alves, Divino Levi, Jorge Giron, Nelson Sá e Alisson Hofstatter pela amizade e companheirismo;

A todos que de alguma forma, contribuíram para que este trabalho atingisse seu objetivo.

BIOGRAFIA

Deoclecio Santana dos Santos, filho de João Santana dos Santos e Irene Alice da Silva Santos, nasceu em 24 de agosto de 1971, em Jaboatão dos Guararapes estado de Pernambuco. Concluiu o curso Técnico em agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão – PE em 1991. Graduiu-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco em agosto de 2000, ano em que ingressou no Mestrado de Engenharia Agrícola/Área de Irrigação e Drenagem pela Universidade Federal de Lavras – MG, concluindo-o em julho de 2002.

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A cultura do pepino	3
2.2 Cultivo em ambiente protegido	4
2.3 Manejo de irrigação	5
2.4 Automação de sistemas de irrigação.....	7
2.5 Automação e aquisição de dados.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Localização e época do experimento	11
3.2 Delineamento Experimental.....	11
3.3 Tratamentos.....	11
3.4 Instalação do experimento	12
3.5 Manejo da irrigação	13
3.5.1 Irrigação Manual.....	13
3.5.2 Irrigação Automatizada.....	14
3.5.2.1 O controlador de irrigação.....	16
3.6 Solo.....	18
3.6.1 Curva de retenção de água no solo	19
3.7 Condução do experimento	20
3.8 Práticas Culturais.....	21
3.8.1 Adubação	21
3.8.2 Poda	22
3.8.3 Tutoramento	22
3.8.4 Controle fitossanitário.....	23
3.9 Características Avaliadas	23

3.10 Análises Estatísticas.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Caracterização das condições internas.....	26
4.2 Avaliação do crescimento da planta	27
4.2.1 Diâmetro do colo da planta	28
4.2.2 Comprimento da haste principal.....	29
4.3 Avaliação da produtividade das plantas de pepino.....	31
4.3.1 Produção total de frutos	32
4.3.2 Produção de frutos comerciais.....	34
4.3.3 Produção de frutos refugo	35
4.4 Peso dos frutos	37
4.5 Matéria seca	37
4.6 Análise qualitativa da produção	37
4.7 Avaliação e desempenho do sistema de irrigação	40
4.7.1 Eficiência do uso da água (EU)	41
4.7.2 Eficiência do sistema de irrigação (ESI).....	48
4.8 Coeficiente de consumo para o pepino	48
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
6 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXO A	58

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1	Croqui da área experimental. 12
FIGURA 2	Representação esquemática da instalação da bateria de tensiômetros (T1, T2 e T3) de coluna de mercúrio modificado para emissão de sinal elétrico ao controlador. 15
FIGURA 3	Visão geral do controlador de irrigação construído para recepção do sensor tensiômetro e automação da irrigação. 17
FIGURA 4	Curva de retenção de umidade do solo. 20
FIGURA 5	Médias das temperaturas máximas e mínimas no interior da estufa, registradas durante a condução do experimento. 26
FIGURA 6	Diâmetro do colo da planta ao longo do período pós-transplante. 28
FIGURA 7	Comprimento da haste das plantas para os diferentes potenciais matriciais aos 60 dias após transplante. 29
FIGURA 8	Eficiência no uso da água em função da tensão matricial e fases fenológicas. 46
FIGURA 10	Consumo relativo de água pela cultura do pepino, considerando a evaporação do atmômetro modificado (CR_{ATM}). 50
FIGURA 11	Consumo relativo de água pela cultura do pepino, considerando a evaporação do Tanque Classe A (CR_{TCA}). 50

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1	Granulometria e classificação textural do solo utilizado no experimento..... 18
TABELA 2	Caracterização química do solo utilizado no experimento..... 19
TABELA 3	Cronograma da aplicação de macronutrientes, época de aplicação, DAT (dias após o transplante), fertilizantes aplicados e dosagens (g/vaso). 22
TABELA 4	Cronograma de pulverizações, época de aplicação, DAT (dias após o transplante), defensivo agrícola e dosagens aplicadas..... 23
TABELA 5	Classificação dos frutos de pepino feita de acordo com o comprimento do fruto. 24
TABELA 6	Análise de variância para as médias dos diâmetros do colo e comprimentos das hastes das plantas de pepino..... 27
TABELA 7	Coefficientes dos polinômios de regressão de 1ª ordem, $C = aX + b$, que descrevem o comportamento da altura das plantas (C), dentro de cada nível de potencial matricial (kPa), em função do tempo X, dias após o transplantio (DAT). 30
TABELA 8	Análise de variância para as médias da produção total (P.T.), produção comercial (P.C.) e produção refugada (P.R.), para os tratamentos e as interações avaliadas. 31
TABELA 9	Comparação de médias, para a produção total de frutos de pepino, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade aplicada à interação fase fenológica x potencial matricial. 32
TABELA 10	Comparação de médias percentuais da produção comercial pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para fase fenológica da cultura do pepino. 34

TABELA 11	Comparação de médias percentuais da produção de refugo pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para fase fenológica da cultura do pepino.	35
TABELA 12	Comparativo entre as médias percentuais relativas a produção total do tratamento, da produção comercial (P.C.) e produção refugada (P.R.).	36
TABELA 13	Distribuição relativa (%) da produção comercial para as classe 5, classe 10 e classe 15 dos frutos de pepino caipira produzido em ambiente protegido.	38
TABELA 14	Análise de variância para a distribuição percentual dos frutos de pepino nas classes 5, 10 e 15.	39
TABELA 15	Comparação do percentual de frutos da classe 5, relativo a produção total, para os sistemas de irrigação manual e automatizado, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.	40
TABELA 16	Consumo de água em litros por planta (L/pl) aplicado aos tratamentos, nas duas fases fenológicas avaliadas, quando em tratamento e não tratamento.	42
TABELA 17	Análise de variância para as médias da eficiência no uso da água (EU), para os tratamentos e as interações avaliadas.	45
TABELA 18	Comparação de médias para a eficiência no uso da água pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade aplicada à fase fenológica da cultura do pepino.	45
TABELA 19	Comparação de médias para a eficiência no uso da água pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para as fases fenológicas dentro de cada potencial matricial.	47
TABELA 20	Valores do coeficiente de consumo para a cultura do pepino relativos a evaporação do atmômetro (CR_{ATM}) e do tanque classe A (CR_{TCA}).	49

RESUMO

SANTOS, Deoclecio Santana dos. Efeitos da tensão de água no solo, na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.), utilizando sistema de irrigação automatizado. UFLA, 2002. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Irrigação e drenagem). Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.*

O pepino é uma hortaliça consumida em quase todos os países do mundo, sendo os estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná os maiores produtores. É a quarta hortaliça mais cultivada em ambiente protegido no Brasil. O manejo da irrigação executado corretamente possibilita, além de suprimento de água às plantas, a absorção de nutrientes de forma a otimizar a produção. Neste processo, a automação tem sido bastante eficiente, porém o grande entrave está relacionado aos altos custos de implantação do sistema. Este trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos de diferentes níveis da tensão matricial sobre a produtividade do pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivado em vasos e a performance de um sistema automatizado de baixo custo utilizando tensiômetros de coluna de mercúrio como sensores de umidade do solo. O experimento foi instalado em casa de vegetação da Universidade Federal de Lavras com delineamento inteiramente casualizado com 6 repetições em esquema fatorial (2 x 2 x 4), com dois sistemas de irrigação (manual e automatizado), duas fases fenológicas, (vegetativa e reprodutiva) e quatro níveis de tensão matricial (10, 25, 45 e 60 kPa). Os resultados obtidos permitem concluir que: a produtividade da cultura não diferiu entre os sistemas avaliados, a tensão matricial não mostrou afetar a fase vegetativa, diferentemente dos resultados observados na fase reprodutiva. Característica semelhante foi apresentada pela produção comercial. A eficiência média no uso da água foi de 25,68 kg/m³; as maiores eficiências foram obtidas para os tratamentos na fase reprodutiva, sendo a máxima eficiência (33,73 kg/m³) estimada na tensão matricial de 38,73 kPa.

*Comitê Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho - UFLA (Orientador), Roberto Alves Braga Júnior - UFLA.

ABSTRACT

SANTOS, Deoclecio Santana dos. Effects of soil water tension, on cucumber crop (*Cucumis sativus* L.) under an automated irrigation system. UFLA, 2002. 60p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.*

Cucumber is a vegetable that is consumed in almost all the countries of the world. In Brazil, where cucumber is the fourth most cultivated vegetable under protected environment, the states of Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro, and Paraná are the largest producers. In addition to the adequate water supply to the plants, irrigation management, when correctly executed, makes possible the absorption of nutrients in order to optimize production. In this process, automation has been quite efficient, however the great fetter is related to the high costs of implantation of automated systems. This work has as objectives to evaluate the effects of different matric potential levels on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and to evaluate the performance of a low cost automated system that uses mercury column tensiometers as soil water moisture sensors. The experiment was carried out inside a green house at the Universidade Federal de Lavras. A completely randomized experimental design in a 2 x 2 x 4 factorial outline composed of two irrigation systems (manual and automated), two growth phases (vegetative and reproductive), four matric potential levels (10, 25, 45 and 60 kPa), and six replications was used. Observed results indicate that crop yield didn't differ among the appraised systems; and differently of results observed in the reproductive phase, matric potential levels didn't affect vegetative phase. Similar behavior was presented by commercial production. The average value of water use efficiency was 25,68 kg/m³, largest values were observed at the reproductive phase. The largest water use efficiency value (33,73 kg/m³) was estimated for a matric potential level equal to 38,73 kPa during the reproductive phase.

*Guidance Committee: Jacinto de Assunção Carvalho - UFLA (Adviser).
Roberto Alves Braga Júnior – UFLA

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, aliada a problemas com escassez de terras cultiváveis próximas a grandes centros consumidores e água de boa qualidade, salinização do solo, poluição ambiental, problemas fitossanitários e a globalização de mercado fazem com que a produção de alimentos se torne altamente tecnificada para ser competitiva e atender esta demanda.

O cultivo de olerícolas em ambientes protegidos tem sido empregado com bastante sucesso, para incrementar produções, controlar variáveis ambientais e propiciar o cultivo em estações do ano não propícias.

O pepino é uma hortaliça consumida em larga escala em quase todos os países do mundo. Os Estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná são os maiores produtores, sendo a quarta hortaliça mais cultivada em ambiente protegido.

No Brasil, a introdução desta tecnologia ocorreu na década de 70, com a instalação de projetos pioneiros de cultivos de tomates e, mais tarde, a introdução do cultivo do pepino na região do cinturão verde da cidade de São Paulo.

Por se tratar de uma técnica apurada e que permite uma grande rotatividade de cultivos, é também detentora de grande quantidade de mão-de-obra na condução da cultura neste ambiente.

Com o advento da modernização no setor agrícola, aliada à migração de mão-de-obra para o setor urbano-industrial, há a necessidade de maximizar o uso de recursos tecnológicos e minimizar o uso da mão-de-obra em qualquer segmento agrícola.

A escassez de mão-de-obra aliada ao baixo nível educacional da população trabalhadora do meio rural conduz, cada vez mais, o produtor rural a

selecionar alternativas que tornem o trabalho no campo mais produtivo, utilizando um menor número de trabalhadores por unidade de área.

No campo, uma opção adotada pelos produtores rurais, é a automação das atividades agrícolas, principalmente a irrigação que, utilizando técnicas modernas, substitui o homem nas atividades da irrigação, como por exemplo, os controladores. Além disso, devido à provável cobrança pelo uso da água, faz com que seja necessário, cada vez mais, o desenvolvimento de metodologias para maximizar o uso da água.

O consumo de água requerido pelas plantas cultivadas em ambiente protegido tem sido tema de muitos trabalhos devido à importância que a irrigação assume sob esta metodologia de cultivo.

O principal objetivo da irrigação é fornecer uma quantidade adequada de água às plantas para evitar o estresse hídrico que pode afetar, tanto em quantidade como em qualidade, a produção da cultura.

Em virtude da escassez e do custo da água, faz-se necessário lançar mão de mecanismos que possibilitem a utilização deste recurso com o máximo de eficiência, obtendo-se máxima produtividade e minimizando os custos com o consumo de água.

Este trabalho teve como objetivos:

- Avaliar o crescimento e produção da cultura do pepino irrigado sob diferentes tensões de água no solo;
- Determinar a tensão de água no solo para promover a irrigação na cultura do pepino em duas fases fenológicas: vegetativa e reprodutiva;
- Avaliar a performance de um sistema automatizado de irrigação de baixo custo, utilizando tensiômetros de coluna de mercúrio como sensores de umidade do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do pepino

O pepino (*Cucumis sativus* L) é uma espécie originária de regiões quentes do norte da Índia ou da África, onde ocorrem espécies silvestres. A planta é herbácea, anual e possui hastes longas. O hábito de crescimento é indeterminado e a planta desenvolve-se no sentido vertical ou prostrado. Dependendo da presença ou ausência de suporte, seu sistema radicular é superficial.

É considerada uma hortaliça de verão, adaptando-se bem às condições climáticas reinantes durante essa época do ano, não tolerando geadas (Blanco et al., 1997). Temperaturas entre 20 e 25°C são favoráveis ao desenvolvimento, floração e frutificação da planta.

A faixa de pH 5,5 a 6,8 é mais favorável ao desenvolvimento, porém deve-se proceder à calagem buscando atingir pH 6,0 (Filgueira, 2000).

Trata-se de uma hortaliça consumida em larga escala em quase todos os países do mundo. O fruto é consumido cru, como salada, curtido em vinagre ou salmoura, como conserva e, raramente, maduro ou cozido (Sonnenberg, 1981) citado por Martins Filho, (1998).

Nos Estados de Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Paraná estão localizados os maiores produtores (Camargo, 1992).

A cultura do pepino é dotada de cinco (05) fases distintas. FASE I – Fase inicial, do transplântio ao pegamento; FASE II – Desenvolvimento vegetativo, do pegamento ao início do florescimento; FASE III – Meio do ciclo, do florescimento ao início da formação dos frutos; FASE IV – Final do ciclo, do início da formação dos frutos ao início da colheita; FASE V – Colheita, do início da colheita ao final do ciclo.

A utilização da poda de ramas na cultura é controversa. Em campo, vários tipos de poda mostraram não haver benefícios e as linhagens do tipo caipira produzem bem em todas as hastes laterais (Filgueira, 2000).

2.2 Cultivo em ambiente protegido

No Brasil, a introdução desta tecnologia ocorreu na década de 70, com a instalação dos projetos pioneiros de cultivos de tomates em ambiente protegido pelo Instituto Adventista Agroindustrial de Manaus, no Amazonas (Martins, 1996).

O cultivo do pepino japonês em ambiente protegido foi introduzido por produtores cooperados da extinta Cooperativa Agrícola de Cotia – Cooperativa Central (CAC - CC) na região do cinturão verde da cidade de São Paulo (Kumagaia, 1991).

Dentre as hortaliças mais cultivadas em ambiente protegido no Brasil destacam-se o pimentão, a alface, o tomate e o pepino (Vecchia, 1999).

Cultivos realizados em ambiente protegido distinguem-se dos demais sistemas de produção a céu aberto, principalmente pelo uso intensivo do solo e controle parcial de fatores ambientais. Assim, o manejo adequado do sistema solo-água-planta-ambiente é de fundamental importância para o sucesso de empreendimentos neste sistema de produção (Carrijo, 1999).

Em ambiente protegido, o pepino apresenta melhor qualidade e melhor produtividade em relação ao produzido em campo aberto. Em função disso, esta cultura passou a ser uma excelente opção para o cultivo protegido em períodos de menor oferta e na obtenção de preços mais elevados devido à melhor qualidade dos frutos (Brandão Filho, 1999).

Na irrigação destes cultivos, deve-se levar em consideração aspectos de solo, água, planta, microclima e equipamentos utilizados, para se obter o

máximo rendimento das culturas, tais como: retenção de água no solo; qualidade da água; métodos de irrigação; volume de água a ser aplicado e frequência de irrigação (Carrijo, 1999).

Em experimento em ambiente protegido, Loomis & Crandall (1977) verificaram que o consumo de água por planta de pepino foi de aproximadamente 31 litros por planta por um período de cultivo de 60 dias. Os autores enfatizam que, embora o pepino seja uma cultura que apresente alta eficiência de utilização de água, grande quantidade da mesma é necessária no período de colheita para suprir as necessidades hídricas das plantas.

Aumentos de produtividades sob este sistema de cultivo, em relação ao cultivo em campo aberto, têm sido relatados no Brasil, variando de 0,3% a 46,3% (Reis et al., 1991), 48,5% (Reis et al., 1992), e de 55,0% a 79,6% (Oliveira et al., 1995).

Ribeiro (1994), comparando o cultivo de plantas em vasos e no campo, verificou redução de produção em cultivos no vaso quando comparado ao cultivo de plantas no campo. As plantas cultivadas em covas “no campo” apresentam melhor desenvolvimento vegetativo e produtivo, comparadas às plantas cultivadas em vasos que sofrem limitações de espaço físico, água e nutrientes.

2.3 Manejo de irrigação

O manejo da irrigação é importante não apenas para suprir as plantas de água, mas também para permitir a absorção dos nutrientes necessários para otimização da produção (Stanley & Maynard, 1990).

As hortaliças, de maneira geral, apresentam melhores produções quando são submetidas a tensões da ordem de 10 a 40 kPa (Silva & Marouelli, 1998).

Eliades (1988), em estudo realizado em estufa com pepino, visando a determinar a lâmina de irrigação mais apropriada para a cultura, verificou que a demanda evapotranspirativa deve ser totalmente reposta e que esta variou de 0,2 a 1,1 vezes a evaporação do Tanque classe A instalado fora da estufa, do início ao final do cultivo.

De acordo com Doorenbos & Pruitt (1977) e Withers & Vipond (1977), o período crítico ao déficit de umidade para o pepino está na fase do florescimento até a fase de colheita.

Chartzoulakis & Michelakis (1990) verificaram que o método de irrigação utilizado teve influencia na eficiência de utilização de água pelo pepino, resultando em eficiências de 27,7 Kg/m³ e 16,8 Kg/m³ de água aplicada por gotejamento e sulcos respectivamente.

Mannini (1988) realizou um experimento para determinar o melhor esquema de manejo da irrigação para o pepino em ambiente protegido para região norte da Itália. Foram testados dois intervalos entre irrigações (3 e 6 dias) e três coeficientes de cultivo (0,5; 1,0 e 1,5), sendo a evapotranspiração de referência estimada pela evaporação do tanque Classe A, utilizando-se um coeficiente de tanque igual a 0,85. O intervalo entre irrigações não apresentou diferença significativa na produtividade, enquanto que, para as diferentes frações de água aplicadas, o aumento no rendimento da cultura foi proporcional ao aumento do volume aplicado de água, resultando em 94,7; 119,3 e 125,6 t/ha respectivamente.

O tensiômetro é indicado para determinação do momento adequado da irrigação em plantios em solos sob cultivos protegidos. Recomenda-se a utilização de tensiômetros providos de vacuômetros pela simplicidade de uso.

Em áreas cobertas, apresentando um mesmo tipo de solo, devem ser instalados no mínimo quatro tensiômetros por área coberta, sendo dois

instalados na profundidade de maior concentração das raízes e os outros dois, no limite inferior do sistema radicular e dentro do bulbo molhado (Carrizo, 1999).

De acordo com Carrizo (1999), para solos de textura média (franco argiloso ou franco arenoso), deve-se irrigar quando o tensiômetro indicar entre 10 a 15kPa, para solos de textura fina (argiloso), entre 15 a 20kPa e para solos de textura grossa (arenosos), entre 5 a 10kPa.

O excesso de irrigação geralmente reduz a produtividade e qualidade da produção, podendo provocar o crescimento excessivo da planta, o retardamento da maturação dos frutos, a lixiviação de nutrientes solúveis (N e K), queda de flores, maior incidência de doenças de solo e distúrbios fisiológicos, maiores gastos com energia e o desgaste do sistema de irrigação (Carrizo, 1999).

2.4 Automação de sistemas de irrigação

Os sistemas de automação têm grande potencial de uso na agropecuária. São utilizados na agricultura e zootecnia de precisão para automatizar processos, monitorar melhor os sistemas, otimizar a produção e reduzir perdas (Silva, 1998).

De acordo com Gornat & Silva (1990), a automação do sistema de irrigação apresenta as seguintes vantagens:

- a) Melhor administração da propriedade ou projeto agrícola: controle centralizado, tomada de decisão automática, monitoramento ou supervisão da operação do sistema, obtenção do histórico completo das aplicações de água e fertilizantes;
- b) Obtenção de maiores produtividades a um menor custo: controle preciso do tempo de aplicação, irrigações ótimas, medições precisas das quantidades de água e fertilizantes;

- c) Economia de mão-de-obra: abertura e fechamento automático de válvulas e registros, operação automática de bombas de recalque e de reforço;
- d) Economia de água;
- e) Economia de energia;
- f) Economia de fertilizante: quantidades administradas de forma precisas, solução balanceada apropriadamente. Além do que, o sistema automatizado por gotejamento mantém, relativamente constante, o potencial de água no solo a 0,2 m para tensões de 10 e 20 kPa (Shock, et al., 1998).

Os sistemas de irrigação localizados são, em geral, instalações fixas e com várias unidades de irrigação que operam consecutivamente com curto tempo de aplicação e alta frequência. Com os equipamentos atualmente existentes no mercado, consegue-se diversos níveis de automação, desde a utilização de uma válvula volumétrica até o uso de microprocessadores com programação automática da irrigação por períodos longos, incluindo a estimativa automática da necessidade de irrigação (Hernandez Abreu, 1987).

Um sistema de irrigação automatizado ou semi-automatizado possibilita uma aplicação automática de agroquímicos ao sistema via água de irrigação. Evidentemente, essa prática possibilita a realização de um grande número de operações.

De maneira geral, a automação na irrigação envolve uma grande quantidade de controles, desde um simples medidor de água, até os sistemas mais complexos totalmente automatizados.

O grande entrave do sistema de irrigação automatizada está, principalmente, relacionado aos custos de implantação do sistema, que são normalmente altos.

Qualquer planejamento e operação de um projeto de irrigação, para obter máxima eficiência, englobam quantidades de água adequadas e frequências

definidas por fatores de solo, de planta e de atmosfera, além dos fatores econômicos envolvidos (Klar, 2001).

Um sistema automático de irrigação bem elaborado deve responder às situações de adversidade de forma inteligente, evitando, assim, danos à cultura e prejuízos ao agricultor, além da redução do fator mão-de-obra, possibilitando ao produtor melhor benefício/custo em suas atividades.

2.5 Automação e aquisição de dados

A obtenção de dados em campo de forma automática possibilita, entre as principais vantagens, a eliminação de erros humanos na leitura de sensores; erros de digitação, perdas de dados, sincronismo de leitura entre vários instrumentos e frequência de leitura com intervalos precisos (Gomide, 2000).

Com o advento da microeletrônica, em especial dos microprocessadores digitais, a redução das dimensões dos sistemas de aquisição automática de dados tornaram-se viáveis e o custo reduziu-se consideravelmente, permitindo a sua aplicação em instrumentos de leitura e armazenamento de dados, inclusive com a incorporação de funções, como a comunicação direta com microcomputadores portáteis, eliminando-se, com isso, os erros decorrentes da digitação na transferência de dados (Crestana et al., 1996).

No mercado já existe uma gama relativamente grande de sistemas de aquisição automática de dados. Os mais comuns são os coletores de dados para leitura de sensores (Gomide, 2000).

De acordo com Crestana et al. (1996), o sensor/transdutor é o elemento em contato com o mundo real que transforma um sinal a ser medido em um outro tipo (geralmente elétrico).

Sempre que um solo não estiver saturado, nele existe ar e, portanto, existem interfaces água/ar (meniscos) que lhe conferem o estado de tensão.

Assim sendo, a água no solo, via de regra, encontra-se sob tensão chamada potencial matricial, resultante da afinidade da água com a matriz do solo, devido às forças adsorptivas e de capilaridade oriundas das forças de coesão e adsorção que se desenvolvem dentro e entre as três fases do solo (Gomide, 2000).

O tensiômetro é o sensor utilizado com grande abrangência pelos irrigantes, por ser de fácil construção, aquisição e manejo. A utilização deste dispositivo permite monitorar o potencial matricial do solo, sendo então um instrumento que permite a tomada de decisão no manejo da irrigação.

Sistemas automáticos, utilizando o tensiômetro, existem comercialmente no mercado, porém em pequena escala e com tecnologias das multinacionais a custo elevados que os tornam inacessíveis a maioria dos agricultores.

De acordo com Carvalho et al., (2001) o desenvolvimento dessa metodologia constitui uma linha de pesquisa e extensão no sentido de sempre contribuir para o advento de equipamentos eficientes no controle de irrigação com baixo custo e acessível a agricultores.

→ Visando a suprir a necessidade em ampliar a eficácia produtiva e redução no uso da água nos cultivos com baixo uso de mão-de-obra, economia de energia e baixo investimento na automação de sistemas de irrigação, buscou-se desenvolver uma metodologia de automação de fácil concepção, baixo custo e que atenda às necessidades da cultura conduzida.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e época do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras “Setor de Hidráulica” no município de Lavras – MG, situado a 910 metros de altitude, e coordenadas geográficas 21°14’ de latitude sul e 45°00’ WGr de longitude. O clima da região é do tipo Cwb, conforme classificação de Koppen (Antunes, 1980). O experimento foi realizado no período de 05 de setembro de 2001 a 15 de dezembro do mesmo ano.

3.2 Delineamento Experimental

O plano experimental usado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 2 x 4, sendo utilizada duas metodologias de irrigação, manual e automatizada; duas fases fenológicas, vegetativa e reprodutiva e quatro níveis de tensão de água no solo, “tensão matricial”, 10 kPa, 25 kPa, 45 kPa e 60 kPa com 6 repetições.

3.3 Tratamentos

Os tratamentos foram assim discriminados: IAFV10, IAFV25, IAFV45 e IAFV60 – Irrigação automatizada na fase vegetativa nas tensões 10, 25, 45 e 60 kPa respectivamente; IAFR10, IAFR25, IAFR45 e IAFR60 – Irrigação automatizada na fase reprodutiva nas tensões 10, 25, 45 e 60 kPa respectivamente; IMFV10, IMFV25, IMFV45 e IMFV60 – Irrigação manual na fase vegetativa nas tensões 10, 25, 45 e 60 kPa respectivamente; IMFR10,

IMFR25, IMFR45 e IMFR60 – Irrigação manual na fase reprodutiva nas tensões 10, 25, 45 e 60 kPa respectivamente.

3.4 Instalação do experimento

O experimento foi instalado na casa de vegetação após preparação e locação das unidades experimentais (vasos) ao acaso. Foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 13 litros, com uma planta por vaso, espaçados de 1,0 m entre linhas e 0,4 m entre plantas.

O sistema de gotejamento foi instalado utilizando-se quatro linhas de gotejadores da marca Plastro do tipo Katif, sendo uma para cada nível de tensão experimental e um gotejador por planta.

Instalou-se uma eletroválvula e um hidrômetro “Modelo AQUILA MNT, DN 20 mm” no início de cada uma das linhas de irrigação (Figura 1) para o acionamento e controle do volume de água aplicado por linha de derivação de cada tratamento.

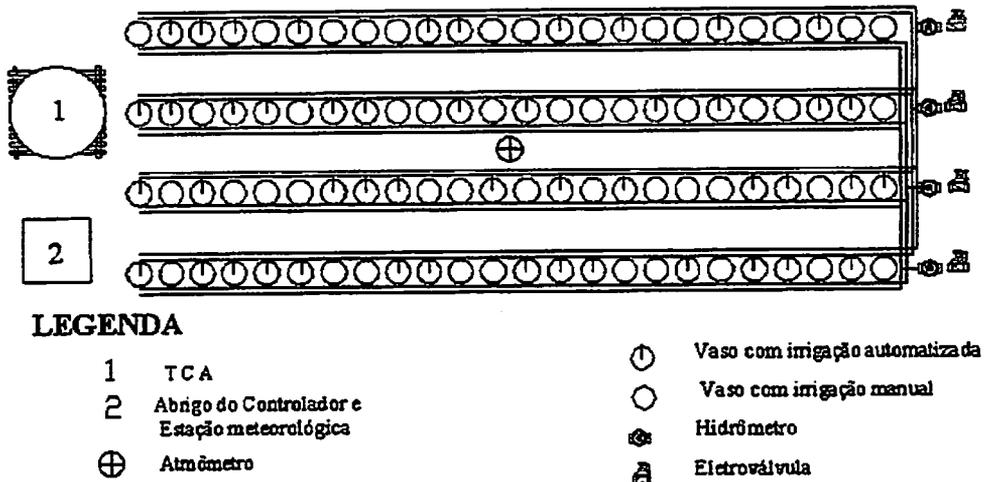


FIGURA 1: Croqui da área experimental.

/3.5 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado com base na tensão matricial do solo obtida por meio de tensiômetros de coluna líquida. Foram instalados três (3) tensiômetros por tratamento para monitorar a tensão matricial a uma profundidade de 12,5 cm. A altura do nível de mercúrio na cuba em relação ao nível do solo foi igual a 12,5 cm. A tensão da água no solo foi calculada pela Equação 1 e as irrigações foram realizadas quando a tensão atingia os valores definidos em cada tratamento.

$$\Psi = \frac{12,6 \times H - h_1 - h_2}{10,2} \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

Ψ = Tensão da água no solo, em kPa;

H = Leitura da coluna de mercúrio, em cm;

h_1 = Profundidade de instalação do tensiômetro, em cm;

h_2 = Altura do nível de mercúrio na cuba em relação ao solo, em cm. //

/3.5.1 Irrigação Manual

Nos tratamentos com irrigação manual, o manejo foi feito baseado na leitura dos três tensiômetros, em cada tratamento. A leitura foi realizada diariamente duas vezes ao dia, às 12:00h e 18:00h. A reposição da irrigação foi efetuada quando a leitura de pelo menos dois dos tensiômetros, de cada tratamento, acusavam valores iguais ou maiores que a tensão matricial referente aos níveis avaliados. /

O volume de água aplicado por irrigação foi calculado para elevar a umidade do vaso à “capacidade de campo”, considerada 5 kPa, de acordo com a Equação 2 e a curva de retenção de umidade.

O volume de água por irrigação era aplicado de forma manual utilizando uma proveta graduada com capacidade de 1l.

$$V_{irr} = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) \times V_{solo} \times Dg \dots\dots\dots (2)$$

Onde:

V_{irr} = Volume de irrigação (litros);

V_{solo} = Volume de solo no vaso (dm³);

Dg = Densidade global (g/cm³);

θ_{cc} = Umidade na capacidade de campo (g/g);

θ_{atual} = Umidade atual, no momento da irrigação (g/g).

3.5.2 Irrigação Automatizada

Nos tratamentos com irrigação automatizada, a pressão de funcionamento nas linhas de gotejamento foi mantida a 2,5 kgf/cm² durante as irrigações, através de um regulador de pressão e a vazão do gotejador 3,16 l/h. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) no sistema foi de 85,86%.

A quantidade de água aplicada foi registrada diariamente pelos hidrômetros, “Modelo AQUILA MNT, DN 20mm”, instalados entre a válvula solenóide e a linha de gotejamento.

A irrigação automatizada foi monitorada a partir de uma bateria de tensiômetros de coluna de mercúrio conectada a um controlador de baixo custo e de fácil construção.

O controlador foi instalado no cabeçal, ao qual eram enviadas as informações das tensões matriciais no interior dos vasos monitorados. A tomada de decisão “irrigar, não irrigar” foi definida pelo controlador, sendo irrigado o tratamento toda vez que, pelo menos, dois dos três vasos monitorados atingia a tensão de tratamento na profundidade de controle.

A leitura dos tensiômetros foi monitorada constantemente e processada de forma a acionar e/ou desligar o sistema de irrigação, quando pelo menos dois dos três tensiômetros atingiam a tensão mínima dos níveis de tratamento, quando então a coluna de mercúrio fechava o contato, acionando a eletroválvula e iniciando o ciclo de irrigação. O esquema da montagem da bateria dos tensiômetros está mostrado na Figura 2.

Os tensiômetros foram modificados para funcionar como chaves liga/desliga. Ao microtubo do tensiômetro foi inserido um fio de cobre especial de 0,03 mm² acima do nível da cuba e um outro dentro da cuba, permitindo fechar contato elétrico através do mercúrio.

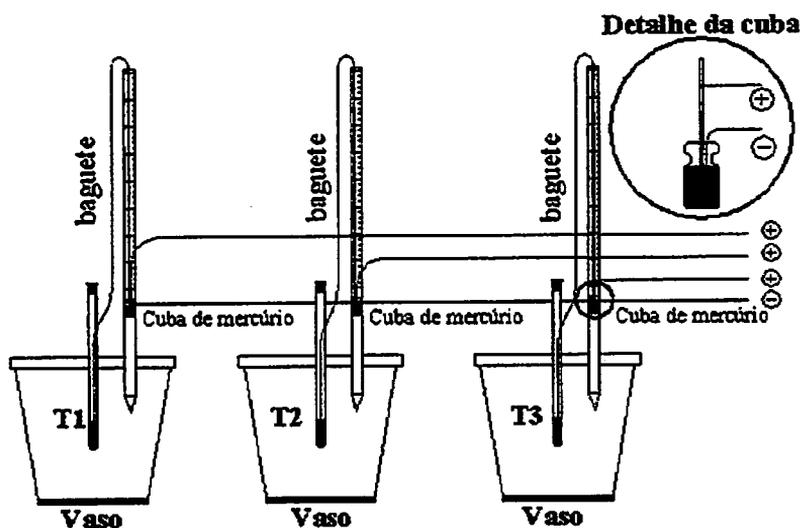


FIGURA 2: Representação esquemática da instalação da bateria de tensiômetros (T1, T2 e T3) de coluna de mercúrio modificado para emissão de sinal elétrico ao controlador.

Os tensiômetros foram construídos para fechar o contato conforme a tensão de tratamento. O fio de cobre foi inserido no microtubo a uma altura (H), acima do nível de mercúrio na cuba, relativo a cada tratamento, calculada com a

Equação 2, para corresponder à tensão de acionamento dos tratamentos, sendo para as tensões de 10 kPa, 25 kPa, 45 kPa e 60 kPa, as alturas correspondentes de 10,08 cm, 22,20 cm, 38,40 cm e 50,50 cm respectivamente.

O fechamento das válvulas era realizado de duas formas: pelo abaixamento da coluna de mercúrio ou tempo de irrigação através de um relé de tempo, abrindo o contato elétrico e executando o fechamento das válvulas e encerrando o ciclo de irrigação.

3.5.2.1 O controlador de irrigação

O sistema de controle da irrigação foi baseado na tensão matricial monitorada via tensiômetros dotados de coluna de mercúrio instalados nos vasos.

O controlador (Figura 4), foi construído para receber o sinal elétrico emitido pelos tensiômetros, processar e emitir um sinal elétrico de comando para as eletroválvulas (válvulas solenóides) das linhas laterais.

Os pontos A, B, C e D da Figura 4 são as entradas dos sinais emitidos pelos sensores (tensiômetros). O presente circuito baseia-se na Álgebra de Boole para o processamento das informações digitais (sinais elétricos) emitidas pelos sensores de umidade do solo. As informações processadas resultavam em um sinal de acionamento das válvulas solenóides que era positivo sempre que, pelo menos, dois dos sensores indicassem o momento da irrigação.

Transistor

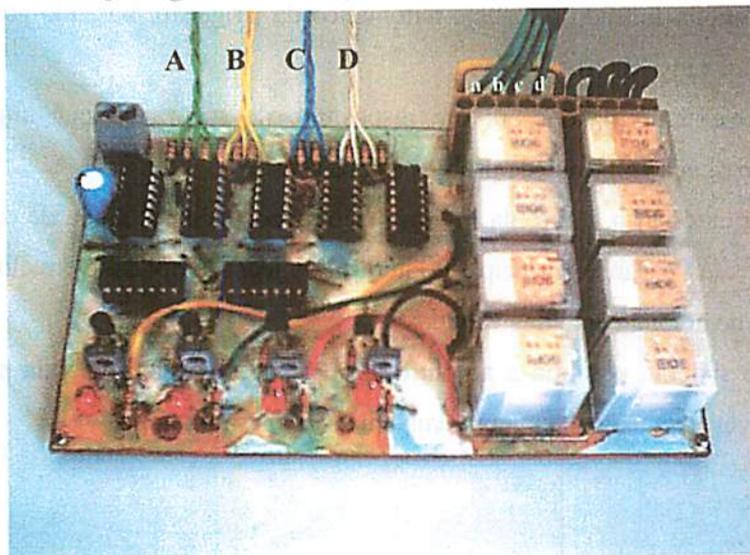


FIGURA 3: Visão geral do controlador de irrigação construído para recepção do sensor tensiômetro e automação da irrigação.

O primeiro relé aciona a válvula principal do sistema e um segundo relé, ligado em paralelo ao primeiro, aciona a válvula da linha lateral. Juntamente com o primeiro, também era acionado o relé temporizador que fazia a contagem do tempo de irrigação. Foi observado um tempo médio de 10 minutos para o abaixamento da coluna de mercúrio, aproximadamente igual ao tempo de irrigação para os tratamentos submetidos a 10 kPa.

Se a coluna de mercúrio não decaísse num intervalo de tempo menor do que aquele calculado como sendo o tempo mínimo necessário para a reposição de água (até a capacidade de campo) o relé temporizador isolava o acionamento das válvulas encerrando o ciclo de irrigação.

Após o desligamento das válvulas, o relé temporizador permanecia acionado até o abaixamento da coluna líquida, quando, então, era desligado e ficava aguardando uma nova ordem de acionamento do circuito digital. E, assim,

o ciclo se repetia fazendo o manejo automático da irrigação, baseado nos sinais emitidos pelos tensiômetros.

O relé temporizador era um dispositivo de segurança que impedia o excesso de irrigação em caso de problemas nos sensores.

Os pontos a, b, c e d, da Figura 4 são as conexões de saída de comando para as válvulas de linha (principal e lateral). Os leds (lâmpadas vermelhas) são indicadores de acionamento das válvulas.

Este sistema permitia a abertura de mais de uma eletroválvula por vez, podendo haver irrigação de uma ou mais linhas ao mesmo tempo.

3.6 Solo ?

O solo utilizado neste experimento foi um Latossolo vermelho (Embrapa, 1999) e classe textural muito argilosa (Tabela 1). O solo foi coletado da camada superficial e previamente peneirado em peneira de malha 4 mm e expurgado com brometo de metila.

TABELA 1: Granulometria e classificação textural do solo utilizado no experimento.

	Areia	Silte	Argila	Classe textural
	*dag/kg			
Amostra 1	18	21	61	Muito argiloso
Amostra 2	19	20	61	Muito argiloso

Fonte: Laboratório de Física do Solo – UFLA

* decagrama

A calagem foi realizada trinta (30) dias antes do transplântio das mudas, aplicando-se carbonato de cálcio puro analítico (p.a) com base nos resultados da análise química, conforme mostrada na Tabela 2, para fins de correção da acidez e elevação da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo ao nível de 80%.

TABELA 2: Caracterização química do solo utilizado no experimento.

	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ²⁺	H + Al
	H ₂ O	Mg/dm ³			cmol _c /dm ³			
Amostra 1	6,5	0,9	27	-	3,7	0,3	0,0	1,7
Amostra 2	6,6	0,9	30	-	3,7	0,3	0,0	1,7

	SB	(t)	(T)	V	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe, Mn, Cu, B e S
	cmol _c /dm ³			%		dag/kg	mg/L	Mg/dm ³		
Amostra 1	4,1	4,1	5,8	70,5	0	-	-	4,1	-	-
Amostra 2	4,1	4,1	5,8	70,6	0	-	-	5,4	-	-

Fonte: Laboratório de análise de solo – UFLA

/3.6.1 Curva de retenção de água no solo

A curva de retenção de água no solo foi determinada no laboratório de Relação Solo-Água-Planta do Setor de Hidráulica do Departamento de Engenharia da UFLA. Usou-se uma bancada dotada de funil de Haines para determinação dos pontos de baixa tensão (1; 2; 4; 6; 8; 10 kPa) e a Câmara de Pressão de Richards para os pontos de maiores tensões (20; 33; 40; 50; 70; 100; 500; 1000 e 1500 kPa).

Com a utilização ^{de} programa computacional SWRC desenvolvido por Dourado Neto et al. (1990), obteve-se a Equação 3, ajustada segundo o modelo Van Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo em função do potencial matricial e a curva de retenção da água no solo/mostrada na Figura 4.

$$\theta = 0,2210 + \frac{(0,7158 - 0,2210)}{\left[1 + (0,1097 \times \psi)^{2,8610}\right]^{0,2398}} \dots\dots\dots (3)$$

Onde:

- θ = Umidade atual (g/g);
- Ψ = Potencial matricial (cm.c.a).

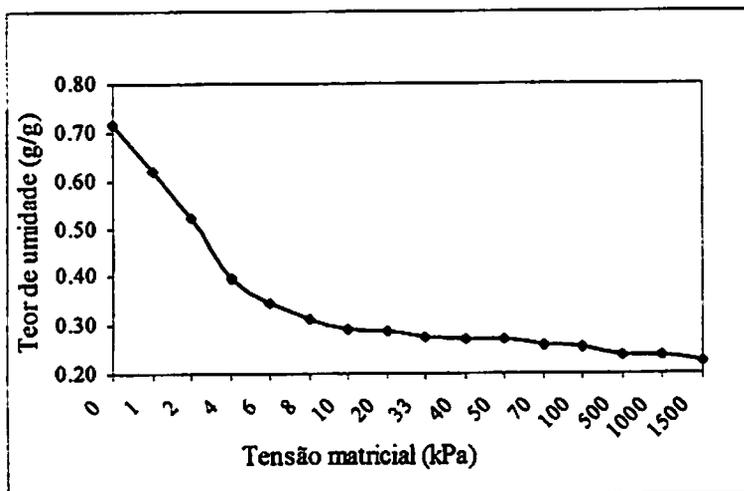


FIGURA 4: Curva de retenção de umidade do solo.

3.7 Condução do experimento

/Foram utilizadas neste trabalho plantas de pepino caipira comercializada pela empresa ISLA S.A.

Para estas plantas a colheita se inicia ao redor dos 60 dias, apresentando frutos de coloração verde-clara, com frutos grandes que variam de 08 a 16 cm podendo chegar a 20 cm de comprimento.

A produtividade varia de acordo com o sistema de cultivo e o espaçamento. Em uma população de 10000 plantas/ha a produção varia de 20 a 30 t, com uma produtividade média de 2 a 3 kg de pepino/planta. /

/As plantas foram obtidas por semeadura em bandejas de isopor com 128 células. Após semeio, as bandejas foram levadas à estufa onde permaneceram até serem transplantadas para os vasos de polietileno com capacidade de 13 litros. /

O transplântio foi realizado 20 dias após semeio para os vasos definitivos devidamente irrigados.

O ciclo da cultura teve a duração de 98 dias, assim distribuídos:

19 dias do semeio ao transplantio;

30 dias do transplantio a início do florescimento (fase vegetativa);

49 dias do florescimento ao final da colheita (fase reprodutiva).

A aplicação dos tratamentos de tensão, durante a fase vegetativa, foi feita após 14 dias do transplantio, período necessário para pegamento e uniformização das mudas. Desta forma, neste trabalho, a aplicação dos tratamentos na fase vegetativa foi feita durante um período de apenas 16 dias.

Foi adotada, como sendo fase vegetativa, o período compreendido entre o transplantio até o surgimento de flores em 50 por cento das plantas dos tratamentos.

3.8 Práticas Culturais

3.8.1 Adubação

Foi realizada adubação de fundação – juntamente com a calagem - de acordo com a recomendação de referência para cultivos em vasos (Malavolta, 1980).

Aplicou-se em cada vaso N, P, K e S nas dosagens de 1500 mg, 5250 mg, 1500 mg e 750 mg respectivamente. Para micronutrientes aplicou-se B, Cu, Mo e Zn nas dosagens de 7,5 mg, 22,5 mg, 1,5 mg e 75 mg, respectivamente, para cada vaso ou unidade experimental.

As adubações de coberturas foram feitas aos 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 dias após o transplantio de acordo com a Tabela 3.

TABELA 3: Cronograma da aplicação de macronutrientes, época de aplicação, DAT (dias após o transplante), fertilizantes aplicados e dosagens (g/vaso).

DAT	Fertilizantes (Fontes de nutrientes)	Dosagem aplicada (g/vaso)
10	Nitrato de Cálcio (20% N)	0,75
10	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,16
20	Nitrato de Cálcio (20% N)	1,50
20	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,47
30	Nitrato de Cálcio (20% N)	3,00
30	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,95
40	Nitrato de Cálcio (20% N)	2,50
40	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,95
50	Nitrato de Cálcio (20% N)	2,50
50	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,95
50	Sulfato de Amônio (22% S)	0,50
60	Nitrato de Cálcio (20% N)	2,50
60	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,95
60	Sulfato de Amônio (22% S)	0,50
70	Nitrato de Cálcio (20% N)	3,00
70	Sulfato de potássio (48% K ₂ O)	0,95

3.8.2 Poda

Em virtude de resultados de trabalhos citados anteriormente, as plantas foram conduzidas sem a realização de podas, sendo tutoradas, todas as hastes emitidas ao longo do ciclo da cultura.

3.8.3 Tutoramento

Utilizou-se um sistema com dois fios de aço na horizontal. O primeiro a 0,15 m e o segundo a 1,60 m, acima do nível do solo, e na vertical dois fitilhos por planta, permitindo o amarrio ao longo do crescimento das plantas.

3.8.4 Controle fitossanitário

O controle de pragas e doenças foi feito preventivamente com aplicações quinzenais. Foram realizadas cinco pulverizações ao longo do experimento, utilizando os seguintes defensivos: Afugan CE, Confidor, Daconil, Decis e Dithane, como mostra a Tabela 4.

TABELA 4: Cronograma de pulverizações, época de aplicação, DAT (dias após o transplante), defensivo agrícola e dosagens aplicadas.

DAT	Defensivos agrícolas	Dosagem aplicada
5	Decis	30 mL/100 L/H ₂ O
5	Daconil	200 mL/100 L/H ₂ O
20	Confidor	40 g/100 L/H ₂ O
20	Dithane	360 g/100 L/H ₂ O
35	Decis	30 mL/100 L/H ₂ O
35	Daconil	200 mL/100 L/H ₂ O
35	Afugan CE	60 mL/100 L/H ₂ O
50	Decis	30 mL/100 L/H ₂ O
50	Dithane	360 g/100 L/H ₂ O
50	Afugan CE	60 mL/100 L/H ₂ O
65	Confidor	40 g/100 L/H ₂ O
65	Daconil	200 mL/100 L/H ₂ O

3.9 Características Avaliadas

/Foram avaliadas as características qualitativas, (frutos comerciais, comprimento dos frutos e diâmetro dos frutos) e quantitativas, (diâmetro do colo das plantas, comprimento da haste das plantas, produção total, peso dos frutos, matéria seca),/a eficiência no uso da água e ainda a performance do sistema automatizado de irrigação.

/Com relação ao crescimento, foram avaliados o diâmetro do colo da planta e o comprimento da haste principal ao longo do ciclo da cultura. As

medidas foram tomadas com intervalos de 15 dias, iniciado aos 30 dias após o transplante, visando a determinar uma correlação para o crescimento da cultura com o tempo nas diferentes tensões de água no solo.

Foram considerados frutos comerciais todos aqueles com comprimentos maiores que 5 cm e sem apresentarem defeitos de conformação (ataque de pragas e ou doenças) e deformações. Após seleção, os frutos comerciais foram distribuídos em classes seguindo a recomendação do Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (Tabela 5).

A produtividade da cultura foi avaliada em função dos parâmetros de produção de frutos totais, comerciais e refugados. A matéria seca dos frutos foi analisada após coleta e classificação dos frutos a fim de verificar uma relação com a tensão da água no solo. /

A eficiência no uso da água foi obtida da relação entre a produção de produto comercial fresco expresso em quilograma e o volume de água aplicado expresso em metro cúbico (kg/m^3).

A performance do sistema automatizado de irrigação foi obtida em função dos parâmetros testados e analisados neste trabalho.

TABELA 5: Classificação dos frutos de pepino feita de acordo com o comprimento do fruto.

Classe	Comprimento
Classe 5	Maior ou igual a 5 e menor que 10 cm.
Classe 10	Maior ou igual a 10 e menor que 15 cm.
Classe 15	Maior ou igual a 15 e menor que 20 cm
Classe 20	Maior ou igual a 20 e menor que 25 cm.
Classe 25	Maior ou igual a 25 cm

FONTE: Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros

3.10 Análises Estatísticas

Os dados amostrados foram submetidos à análise de variância utilizando a distribuição de F para comparação de médias por Tukey a 5% de significância e os valores de tensão matricial submetidos à análise de regressão.

As análises foram realizadas utilizando-se o Software Sisvar para Windows, versão 4.0 para análises estatísticas (Ferreira, 2000). Os valores da produção comercial, produção de refugo e os valores da distribuição dos frutos em classes foram transformados em valores percentuais e analisados pela transformação de $\sqrt{(x+1)}$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das condições internas

As temperaturas máximas e mínimas foram coletadas a partir de uma mini-estação climatológica eletrônica 'Modelo Davis Perception II'. Os dados relativos às médias das temperaturas são mostrados na Figura 5.

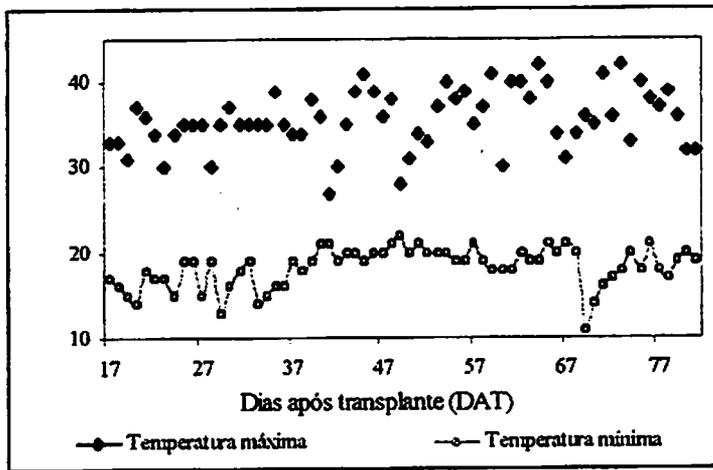


FIGURA 5: Médias das temperaturas máximas e mínimas no interior da estufa, registradas durante a condução do experimento.

Observaram-se os valores médios das temperaturas máxima e mínima no interior da estufa - 35 e 18°C - respectivamente. Estes valores estão fora da faixa ótima de desenvolvimento da cultura (20 e 25°C), o que possivelmente pode ter afetado o crescimento, floração e a frutificação da planta, redundando em baixas produtividades.

4.2 Avaliação do crescimento da planta

Foram avaliados o comprimento da haste principal e diâmetro do colo da planta ao longo do ciclo fenológico da cultura. Na Tabela 6 são mostrados os resultados das análises estatísticas para as médias dos diâmetros do colo e comprimentos das hastes das plantas de pepino.

TABELA 6: Análise de variância para as médias dos diâmetros do colo e comprimentos das hastes das plantas de pepino.

Fonte de Variação	GL	Q.M.	Diâmetro	Comprimento
Método de Irrigação (I)	1	0,8086 ^{NS}	392,0000 ^{NS}	
Fase fenológica (F)	1	0,0187 ^{NS}	496,1250 ^{NS}	
Tensão matricial (Ψ)	3	1,9214 ^{NS}	2850,1169**	
Interação (I X F)	1	4,6869 ^{NS}	1629,2535 ^{NS}	
Interação (I X Ψ)	3	1,2176 ^{NS}	488,8681 ^{NS}	
Interação (F X Ψ)	3	3,2198 ^{NS}	3418,1875**	
Interação (I X F X Ψ)	3	3,0489 ^{NS}	379,4965 ^{NS}	
Resíduo 1	80	1,2904	704,8285	
Tempo (T)	2	50,8124**	793039,3993**	
Interação (T X I)	2	0,3785 ^{NS}	746,7917**	
Interação (T X F)	2	0,4509 ^{NS}	112,7917 ^{NS}	
Interação (T X Ψ)	6	0,1624 ^{NS}	304,6447**	
Interação (T X I X F)	2	0,0209 ^{NS}	136,3993 ^{NS}	
Interação (T X I X Ψ)	6	0,2223 ^{NS}	237,5000 ^{NS}	
Interação (T X F X Ψ)	6	0,4156 ^{NS}	218,5694 ^{NS}	
Interação (T X I X F X Ψ)	6	0,2865 ^{NS}	60,3715 ^{NS}	
Resíduo 2	160	0,2068	99,8795	
Média geral		9,1610	223,5799	
CV 1		12,40%	11,87%	
CV 2		4,96%	4,47%	

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade
^{NS} : Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

4.2.1 Diâmetro do colo da planta

Conforme mostrado na Tabela 6, houve diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade apenas para a avaliação do diâmetro do colo das plantas ao longo do tempo. Na Figura 6 é apresentado o crescimento do diâmetro da haste do pepino em função do tempo (DAT).

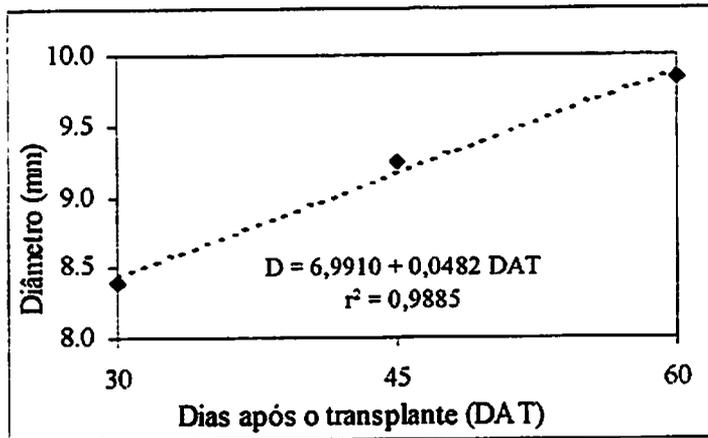


FIGURA 6: Diâmetro do colo da planta ao longo do período pós-transplântio.

A equação de regressão mostrada na Figura 6 indica que houve crescimento linear para o período após o transplântio. Essa linearidade pode ser verificada pelo coeficiente de regressão linear (r^2) de 98,85% ao nível de 1% de probabilidade.

De acordo com a análise de variância estatística pode-se afirmar que o potencial matricial aplicado ao monitoramento da irrigação da cultura do pepino não afetou o desenvolvimento da haste desta cultura, ou seja, em qualquer um dos potenciais matriciais avaliados ou dentro desta escala de potencial não houve diferenças no diâmetro da haste da cultura.

4.2.2 Comprimento da haste principal

O crescimento das plantas de pepino foi influenciado pelo potencial matricial da água no solo de acordo com resultados da análise de variância (Tabela 6). A Figura 7 mostra os valores dos comprimentos das hastes para os diferentes potenciais matriciais testados ao longo do experimento.

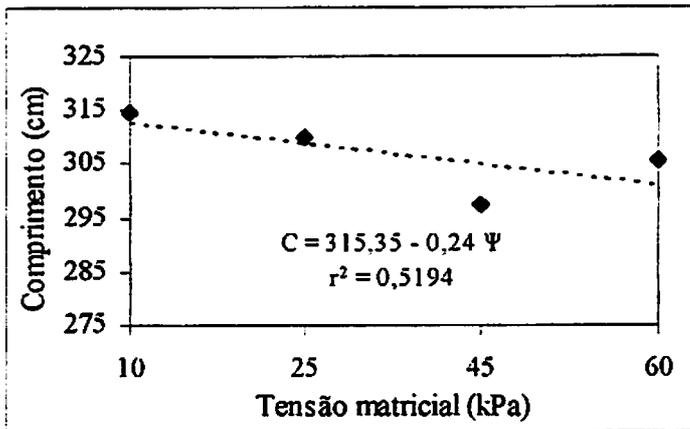


FIGURA 7: Comprimento da haste das plantas para os diferentes potenciais matriciais aos 60 dias após transplante

Conforme observado na Figura 7, o comprimento da haste das plantas é decrescente com o incremento do potencial, exceto para os valores de 60 kPa, que superam os de 45 kPa, provavelmente isto se deve a fatores da casualidade. Os maiores valores de crescimento foram obtidos para os tratamentos submetidos a 10 kPa. Este fato é justificado, pois menores tensões requerem menor consumo de energia pelas plantas para absorver do solo água e sais minerais necessários ao seu metabolismo, conseqüentemente um maior investimento em seu desenvolvimento e armazenamento em forma de matéria seca.

Carneiro Filho (2001), verificou em plantas de meloeiro que o maior comprimento da rama proporcionava maior número de flores e maior número de frutos por planta, além do maior comprimento da haste proporcionar maior número de folhas, responsáveis pela absorção da luminosidade, aumentando a eficiência fotossintética da planta, crescimento está diretamente relacionado ao aumento de peso fresco e matéria seca da mesma. Marcelis (1991) verificou existir equilíbrio entre crescimento vegetativo (haste e folhas) e reprodutivo (frutos) caracterizado pela relação fonte/dreno, o que significa que plantas mais vigorosas tende a produzir mais.

As equações de regressão linear (Tabela 7), mostram a tendência do crescimento das hastes (C) das plantas para cada um dos potenciais matriciais testados neste trabalho, mostrando haver um excelente ajuste na estimativa do crescimento da haste ao longo do tempo, em função do tempo de cultivo (DAT) para um ajuste linear, ou seja, o crescimento das plantas de pepino se deu de forma linearizada.

TABELA 7: Coeficientes dos polinômios de regressão de 1ª ordem, $C = aX + b$, que descrevem o comportamento da altura das plantas (C), dentro de cada nível de potencial matricial (kPa), em função do tempo X, dias após o transplântio (DAT).

Comprimento das plantas (C)	Potencial matricial	Coeficientes dos polinômios		Correlação (r^2)
		a	b	
C	10 kPa	6,15**	-46,92**	0,9818
C	25 kPa	6,06**	-45,85**	0,9790
C	45 kPa	5,78**	-44,94**	0,9922
C	60 kPa	6,05**	-49,65**	0,9799

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

4.3 Avaliação da produtividade das plantas de pepino

A colheita teve início aos 49 dias após o transplântio, sendo feita coletas a cada três dias, prolongando-se até o final do ciclo. Ao todo foram feitas 12 colheitas.

A produtividade das culturas, de modo geral, é influenciada pela adição de nutrientes aplicados e disponibilizados às plantas através da presença da água no solo.

Conforme a análise da variância mostrada na Tabela 8, verifica-se que a produção total (P.T.), apenas apresentou diferenças significativas para a interação fase fenológica x potencial matricial, enquanto que a produção comercial (P.C.) e o refugo (P.R.), diferiram estatisticamente para as fases fenológicas nos tratamentos avaliados neste trabalho.

TABELA 8: Análise de variância para as médias da produção total (P.T.), produção comercial (P.C.) e produção refugada (P.R.), para os tratamentos e as interações avaliadas.

Fonte de Variação	GL	Q.M.		
		P.T.	P.C.	P.R.
Método de Irrigação (I)	1	320704,46 ^{NS}	0,0037 ^{NS}	0,0035 ^{NS}
Fase fenológica (F)	1	601362,71 ^{NS}	0,0289*	0,0332*
Tensão matricial (Ψ)	3	216167,27 ^{NS}	0,0046 ^{NS}	0,0048 ^{NS}
Interação (I x F)	1	308112,55 ^{NS}	0,0083 ^{NS}	0,0111 ^{NS}
Interação (I x Ψ)	3	218191,38 ^{NS}	0,0068 ^{NS}	0,0099 ^{NS}
Interação (F x Ψ)	3	572006,26*	0,0046 ^{NS}	0,0039 ^{NS}
Interação (I x F x Ψ)	3	306710,73 ^{NS}	0,0026 ^{NS}	0,0042 ^{NS}
Resíduo	80	209560,96	0,0062	0,0073
Média geral		1553,94	1,3012	1,1374
CV		29,46%	6,05%	7,49%

*: Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^{NS}: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

4.3.1 Produção total de frutos

Observa-se na Tabela 8 que não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para as médias de produção total (g/pl). Para os tratamentos, porém, quando analisada a interação Fase fenológica x Potencial matricial (F x Ψ), observa-se haver influência do potencial matricial na fase reprodutiva (Tabela 9), indicando que a produtividade da cultura de pepino nesta fase é decrescente com o aumento da tensão matricial.

A Tabela 9 mostra as médias de produção total (g/pl) para os tratamentos nas fases vegetativa e reprodutiva da cultura do pepino. Conforme observado, a produção da cultura do pepino parece não sofrer influências do potencial matricial quando este for adotado na fase vegetativa da cultura, verificando-se também uma aleatoriedade das médias obtidas.

TABELA 9: Comparação de médias, para a produção total de frutos de pepino, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade aplicada à interação fase fenológica x potencial matricial.

Fase fenológica (F)	Tensão (Ψ)	Produção total (g)
Fase vegetativa	10 kPa	1632,04a
	25 kPa	1521,91a
	45 kPa	1704,81a
	60 kPa	1673,59a
Fase reprodutiva	10 kPa	1740,74a
	25 kPa	1631,36ab
	45 kPa	1284,80ab
	60 kPa	1242,28b

Médias na vertical seguida da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Por outro lado, quando avaliados os mesmos parâmetros na fase reprodutiva da cultura, verificou-se uma redução da produção total em função do incremento do potencial matricial no solo. Nesta fase, as produções para as tensões de 10 kPa, 25 kPa e 45 kPa não diferiram estatisticamente entre si, no entanto, maiores produções foram obtidas quando a cultura esteve submetida à tensão matricial de 10 kPa, enquanto que a produção obtida com a tensão de 60 kPa apresentou menor resultado.

Através de uma análise de regressão ao nível de 1% de probabilidade é possível propor uma estimativa aos valores médios de produção ao submetemos a cultura do pepino a tensões matriciais dentro do intervalo de 10 a 60 kPa para a fase reprodutiva:

$$P.T._{FR} = 1859,24 - 10,98\Psi \dots\dots\dots r^2 = 94,36\% \dots\dots\dots (4)**$$

Onde:

P.T. _{FR} = Produção total na fase reprodutiva (g);

Ψ = Tensão matricial (kPa);

r^2 = coeficiente de regressão;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Observa-se que a produtividade da cultura do pepino foi decrescente com o incremento da tensão matricial no solo. Todavia este comportamento não foi observado com os tratamentos na fase vegetativa da cultura, provavelmente devido ao curto período avaliado e também a manutenção de sua fase reprodutiva com tensão matricial de 10 kPa.

Estes resultados parecem estar de acordo com Doorenbos & Pruit, (1977); Withers & Vipond, (1977), pois o aumento da tensão matricial provoca

déficit hídrico na cultura e, quando aplicado à fase reprodutiva, período crítico da cultura, possivelmente provoca redução da produtividade.

As maiores produtividades foram obtidas nas tensões de 10 kPa, 25 kPa e 45 kPa. Estes resultados estão de acordo com Silva & Marouelli (1998), ao afirmar que as hortaliças, de modo geral, apresentam melhores produções quando submetidas a tensões da ordem de 10 a 40 kPa.

No geral, observou-se uma produtividade média de 1553,94 g/planta. De acordo com dados técnicos para esta cultura, esta média de produção foi relativamente baixa, motivo pelo qual se observa esta redução na produção, o que nos leva a crer que a produtividade pode ter sido afetada pelas temperaturas, máxima e mínima, ocorridas no período e pelo acondicionamento em vaso, o que também foi verificado por Ribeiro, (1994).

4.3.2 Produção de frutos comerciais

A produtividade de frutos comerciáveis não foi influenciada pelos sistemas de irrigação avaliados e nem pelo potencial matricial, contudo as análises apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para a fase fenológica da cultura (Tabela 10).

TABELA 10: Comparação de médias percentuais da produção comercial pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para fase fenológica da cultura do pepino.

Fase fenológica (F)	Médias (%)
Fase vegetativa	73,85 ^a
Fase reprodutiva	64,81 ^b

Médias na vertical seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os valores mostrados na Tabela 10, é possível verificar que os tratamentos avaliados na fase vegetativa do cultivo produzem maior percentual de frutos comerciais em relação àqueles com tratamentos aplicados na fase reprodutiva.

O provável motivo para este resultado pode estar ligado ao fato de que o período em que a fase vegetativa esteve submetida ao tratamento foi bem menor que o período da fase reprodutiva, além de que estes tratamentos foram mantidos a uma tensão matricial de 10 kPa durante toda a sua fase reprodutiva.

4.3.3 Produção de frutos refugo

A produção de frutos refugados apresentou diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade para a fase fenológica de acordo com análise de variância mostrada na Tabela 8. Comportamento igual foi verificado para a produção comercial.

Na Tabela 11 é mostrada a comparação das médias referentes à produção de frutos não comerciáveis nas fases vegetativa e reprodutiva da cultura.

TABELA 11: Comparação de médias percentuais da produção de refugo pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para fase fenológica da cultura do pepino.

Fase fenológica (F)	Médias (%)
Fase vegetativa	25,17 ^a
Fase reprodutiva	33,62 ^b

Médias na vertical seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

A Tabela 12 mostra uma comparação entre as médias percentuais da produção comercial e refugo para a cultura do pepino nas fases vegetativas e reprodutivas, relativas à produção total do tratamento.

De acordo com a Tabela 12, deduz-se que os valores referentes às produções, quando aplicado o tratamento de tensão durante a fase vegetativa, obtêm-se melhores resultados com relação aos percentuais de frutos comerciáveis, resultando em menor quantidade de frutos-refugo.

Estes resultados parecem ter relação com o período de duração do tratamento, visto que a fase vegetativa foi avaliada por 16 dias, enquanto que a duração da fase reprodutiva foi de 49 dias, isto é, após diferenciação da fase vegetativa, estes tratamentos foram conduzidos com uma tensão matricial igual a 10 kPa o que fez aumentar o volume de água aplicado. Portanto, o aumento do volume de água aplicado, certamente, proporcionou incrementos na produção destes tratamentos. Resultado semelhante também foi verificado por Mannini, (1988).

TABELA 12: Comparativo entre as médias percentuais relativas à produção total do tratamento, da produção comercial (P.C.) e produção refugada (P.R.).

Fase fenológica (F)	Tensão (Ψ)	P.C.	P.R.
Fase vegetativa	10 kPa	0,74	0,26
	25 kPa	0,69	0,31
	45 kPa	0,77	0,23
	60 kPa	0,76	0,24
Fase reprodutiva	10 kPa	0,68	0,32
	25 kPa	0,66	0,34
	45 kPa	0,70	0,30
	60 kPa	0,62	0,38

4.4 Peso dos frutos

A análise de variância não apresentou diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para o peso médio dos frutos, indicando não haver influências da irrigação, da fase fenológica e do potencial mátrico (nos níveis avaliados) sobre o peso dos frutos. O peso médio observado para o pepino caipira foi de 221,23 gramas. A literatura nada menciona a respeito do peso médio para frutos de pepino caipira, sendo seu peso variável de acordo com a cultivar.

4.5 Matéria seca

Para avaliar o teor de matéria seca, foram coletadas três amostras de forma aleatória, de frutos dos tratamentos, colocados em saco de papel e levados à estufa de ventilação forçada à temperatura constante de 60°C até atingir peso constante.

Não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade para os tratamentos e as interações testadas, demonstrando não haver influências dos níveis de tensão matricial na quantidade de matéria seca dos frutos de pepino, o que parece estar intimamente ligado apenas ao peso fresco dos frutos.

Para esta cultivar analisada, o percentual de matéria seca encontrado nos frutos foi de 3,59%, indicando que 96,41% destes frutos é composto por água.

4.6 Análise qualitativa da produção

A análise qualitativa foi baseada na classificação da qualidade do pepino destinado ao consumo “in natura”, conforme a Norma de Classificação do Pepino para o “Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros”.

A Tabela 13 mostra a distribuição percentual dos frutos de pepino classificados, devidamente, conforme norma padrão. Dentre os resultados obtidos é possível verificar que não houve frutos da classe 20 e classe 25, as quais estariam enquadrados os frutos com comprimento superior a 20 cm, indicando que os frutos de pepino caipira para esta cultivar apresentaram comprimento entre 5 e 20 cm.

TABELA 13: Distribuição relativa (%) da produção comercial para as classe 5, classe 10 e classe 15 dos frutos de pepino caipira produzido em ambiente protegido.

Tratamentos	Classe 5	Classe 10	Classe 15
IAFV10	11,77	52,94	35,29
IAFV25	27,59	62,07	10,34
IAFV45	10,53	68,42	21,05
IAFV60	7,15	57,14	35,71
IAFR10	6,66	76,67	16,67
IAFR25	4,16	79,17	16,67
IAFR45	11,11	55,56	33,33
IAFR60	10,53	73,68	15,79
IMFV10	—	68,18	31,82
IMFV25	—	83,33	16,67
IMFV45	—	88,00	12,00
IMFV60	—	51,85	48,15
IMFR10	—	58,33	41,67
IMFR25	—	76,00	24,00
IMFR45	—	73,91	26,09
IMFR60	4,76	95,24	0,00
Média	5,89	70,03	24,08

De acordo com os resultados observados na Tabela 13, houve uma maior concentração de frutos na classe 10, ou seja, a maior parte dos frutos produzidos (70%) atingiu o comprimento maior ou igual a 10 cm e menor que 15 cm e estes resultados estão de acordo com o padrão de comprimento desta variedade para o

pepino caipira (Filgueira, 2000), enquanto que os frutos acima e abaixo do comprimento padrão somaram 24,08% e 5,89%, respectivamente.

Provavelmente o motivo pelo qual não se verificaram frutos da classe 5 (exceto IMFR60) na irrigação manual pode ser a relação com o volume de água consumido nos tratamentos.

Os tratamentos irrigados de forma automatizada na fase vegetativa consumiram maior volume de água e na fase reprodutiva o volume consumido foi menor, comparado aos tratamentos irrigados de forma manual.

Possivelmente o maior volume de água aplicado na fase vegetativa possa ter provocado redução da aeração no sistema radicular, enquanto que o menor volume na fase reprodutiva pode ter provocado um déficit hídrico.

A Tabela 14 mostra a análise de variância para as classes de frutos de pepino obtidas neste trabalho usando-se a transformação estatística $\sqrt{(x+1)}$.

TABELA 14: Análise de variância para a distribuição percentual dos frutos de pepino nas classes 5, 10 e 15.

Fonte de Variação	GL	Q.M.		
		Classe 5	Classe 10	Classe 15
Método de Irrigação (I)	1	0,0670**	0,0426 ^{NS}	0,0007 ^{NS}
Fase fenológica (F)	1	0,0022 ^{NS}	0,0003 ^{NS}	0,0001 ^{NS}
Tensão matricial (Ψ)	3	0,0008 ^{NS}	0,0049 ^{NS}	0,0064 ^{NS}
Interação (I x F)	1	0,0041 ^{NS}	0,0182 ^{NS}	0,0051 ^{NS}
Interação (I x Ψ)	3	0,0008 ^{NS}	0,0081 ^{NS}	0,0121 ^{NS}
Interação (F x Ψ)	3	0,0065 ^{NS}	0,0107 ^{NS}	0,0396 ^{NS}
Interação (I x F x Ψ)	3	0,0044 ^{NS}	0,0104 ^{NS}	0,0094 ^{NS}
Resíduo	80	0,0037	0,0139	0,0151
Média geral		1,0281	1,2827	1,1203
CV		5,89%	9,21%	10,97%

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{NS} : Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

De acordo com a análise de variância, apresentada na Tabela 14, apenas os métodos de irrigação diferiram significativamente ao nível de 1% de probabilidade para a classe 5. As médias percentuais para cada sistema de irrigação, de frutos classe 5 são mostradas na Tabela 15.

Observa-se que os tratamentos irrigados manualmente apresentaram um percentual muito baixo de frutos da classe 5 (0,34%), ou seja, produziram frutos de maiores comprimentos. Uma provável justificativa para os valores observados na Tabela 15 é a mesma discutida para a Tabela 13.

TABELA 15: Comparação do percentual de frutos da classe 5, relativo à produção total, para os sistemas de irrigação manual e automatizado, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

Sistema de Irrigação	Médias (%)
Manual	0,34 a
Automatizado	11,21 b

Médias na vertical seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade.

4.7 Avaliação e desempenho do sistema de irrigação

Foram avaliadas as eficiências no uso da água pela cultura e a caracterização da performance do sistema automatizado de irrigação de fácil construção e de baixo custo. O sistema automatizado de irrigação apresentou desempenho satisfatório na execução de suas funções.

Foi observado, durante o experimento, uma perfeita sincronia do controlador com os sensores utilizados.

Sempre que dois dos três tensiômetros atingiam a tensão de controle, era acionada a eletroválvula e iniciado o processo de irrigação, depois de decorridos

cerca de 10 minutos; com o abaixamento da coluna de mercúrio, a eletroválvula era desligada.

Um fato importante a ser aperfeiçoado em trabalhos futuros está relacionado com a entrada de ar pela extremidade superior do tensiômetro, nas tensões superiores a 25 kPa, sendo necessário executar escorvas periódicas nestes tensiômetros.

O custo do controlador foi de R\$ 248,00, um valor relativamente baixo quando comparado a controladores comerciais com desempenho de funções semelhantes.

Os tensiômetros de coluna de mercúrio podem ser construídos em qualquer local e a custo relativamente baixo em comparação aos modelos comerciais existentes.

Após verificar estes resultados, deduz-se que este equipamento pode desempenhar papel fundamental no controle do manejo da irrigação por gotejamento em ambientes protegidos e com custo reduzido.

4.7.1 Eficiência do uso da água (EU)

O consumo de água pelas culturas é um fator extremamente importante no planejamento da irrigação, principalmente quando levado em consideração regiões áridas e semi-áridas em que a disponibilidade deste recurso é um fator limitante. Por outro lado, é importante o manejo adequado da cultura e irrigação.

Uma análise prévia da viabilidade econômica, levando em consideração o custo da água no processo produtivo de uma cultura, permite ao produtor incremento na produção e um maior retorno financeiro.

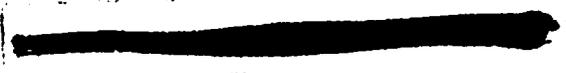
O quadro a seguir (Tabela 16), mostra o consumo de água por planta nas duas fases fenológicas, volume total de água consumido por planta durante todo o ciclo e a eficiência no uso da água para cada tratamento.

TABELA 16: Consumo de água em litros por planta (L/pl) aplicado aos tratamentos, nas duas fases fenológicas avaliadas, quando em tratamento e não tratamento.

(1)	EM TRATAMENTO		NÃO TRATAMENTO		TOTAL (L/pl) (6)	E.U (kg/m ²) (7)
	FV (2)	FR (3)	FV (4)	FR (5)		
IAFV10	13,79	—	—	75,48	89,27	22,18
IAFV25	9,19	—	—	75,48	84,67	20,82
IAFV45	7,01	—	—	75,48	82,49	27,75
IAFV60	11,76	—	—	75,48	87,24	18,91
IAFR10	—	75,48	13,79	—	89,27	20,17
IAFR25	—	27,49	13,79	—	41,28	41,92
IAFR45	—	21,15	13,79	—	34,94	35,27
IAFR60	—	21,63	13,79	—	35,42	32,18
IMFV10	14,85	—	—	51,80	66,65	23,84
IMFV25	12,02	—	—	51,80	63,82	23,05
IMFV45	11,64	—	—	51,80	63,44	20,71
IMFV60	9,79	—	—	51,80	61,59	27,54
IMFR10	—	51,80	14,85	—	66,65	25,21
IMFR25	—	39,97	14,85	—	54,82	27,95
IMFR45	—	40,34	14,85	—	55,19	24,23
IMFR60	—	34,68	14,85	—	49,53	27,15

De acordo com valores observados na Tabela 16, observa-se que o volume de água aplicado durante a fase vegetativa foi muito menor que aquele aplicado para a fase reprodutiva. Essa diferença está relacionada ao período de duração da fase vegetativa e também a uma maior exigência no consumo de água durante a fase reprodutiva, considerada crítica, de maior consumo para a cultura (Doorenbos & Pruit, 1977) e (Withers & Vipond, 1977).

Comparando os volumes de água aplicados entre a fase reprodutiva nos dois sistemas de irrigação (coluna 5 da Tabela 16), nota-se que, para o sistema automatizado, o consumo foi 45,71% maior em relação ao sistema manual. Esses valores foram aplicados às plantas durante o período em que as mesmas não estavam submetidas aos tratamentos de tensão.



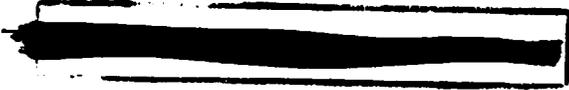
Neste período, os tratamentos estavam submetidos à tensão de 10 kPa, juntamente com uma maior demanda evapotranspirativa nesta fase. O sistema automatizado era ligado várias vezes ao dia, enquanto que no sistema manual, a cultura só era irrigada no máximo duas vezes ao dia, concorrendo para menores aplicações.

Para as plantas irrigadas com tensão de 10 kPa (coluna 4 da Tabela 16), durante a fase vegetativa, verifica-se que o consumo foi maior para o sistema manual. Provavelmente esse comportamento pode ser justificado pela menor demanda da cultura nesta fase, o que provocaria menor número de ligações do sistema automatizado, conseqüentemente, menor volume de água e, no sistema de irrigação manual, as irrigações só eram feitas quando os tensiômetros acusassem valores ≥ 10 kPa, o que muitas vezes induzia a aplicação de maiores quantidades de água.

Quando avaliados, os tratamentos, na fase reprodutiva da cultura (coluna 3 da Tabela 16), o volume de água aplicado decresce com o incremento da tensão matricial no solo.

Com relação às duas metodologias para a irrigação, podemos observar que a metodologia de irrigação automatizada, no geral, utilizou maior volume de água durante todo o ciclo (coluna 6 da Tabela 16). Porém, se comparado o volume de água consumido pelas plantas dos tratamentos na fase reprodutiva, nos dois sistemas, verifica-se que o sistema automatizado apresentou menor consumo (exceto para o tratamento IAFR10).

Uma provável explicação, para diferentes volumes consumidos, possivelmente, pode estar relacionado ao fato de que o sistema automatizado acionava a irrigação no momento exato em que a tensão de controle do tratamento era atingida, aplicando sempre o mesmo volume em todas as irrigações (nos tratamentos de mesma tensão), enquanto na irrigação manual, o volume aplicado era calculado para elevar a capacidade de campo, a partir da



umidade no momento da irrigação, concorrendo para que maiores volumes fossem aplicados por irrigação.

As eficiências no uso da água (coluna 7 da Tabela 16) são semelhantes quando avaliadas na fase vegetativa para ambos os sistemas de irrigação.

Por outro lado, se comparadas as eficiências no uso da água para a fase reprodutiva, observa-se que, no geral, as melhores eficiências são obtidas para o sistema de irrigação automatizado. Isto se verifica em consequência dos menores volumes aplicados aos tratamentos da fase reprodutiva (coluna 6 da tabela 16).

As relações entre as lâminas de água aplicada e as eficiências de uso de água obtidas permitem o conhecimento da forma como a planta está utilizando a água no processo de transformação em produto comercializável (Oliveira, 1993).

A Tabela 17 mostra a análise de variância para as médias da eficiência no uso da água (EU), para os tratamentos e as interações avaliadas. Pode-se observar que não foram significativas as diferenças entre os dois métodos de irrigação, presumindo-se não haver diferenças entre irrigar manual ou automaticamente a cultura do pepino, desde que obedecidas as tensões limites para o desenvolvimento ideal da cultura.

TABELA 17: Análise de variância para as médias da eficiência no uso da água (EU), para os tratamentos e as interações avaliadas.

Fonte de Variação	GL	Q.M.
		Eficiência no uso da água
Método de Irrigação (I)	1	48,87 ^{NS}
Fase fenológica (F)	1	1229,60**
Tensão matricial (Ψ)	3	155,88*
Interação (I x F)	1	558,75**
Interação (I x Ψ)	3	210,03*
Interação (F x Ψ)	3	165,00*
Interação (I x F x Ψ)	3	98,42 ^{NS}
Resíduo	80	56,41
Média geral		25,68
CV		29,24%

* e **: Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente.

^{NS}: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

O resultado da análise de médias entre as fases vegetativa e reprodutiva para a eficiência no uso da água é mostrado na Tabela 18.

TABELA 18: Comparação de médias para a eficiência no uso da água pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade aplicada à fase fenológica da cultura do pepino.

Fase fenológica (F)	Eficiência no uso da água (kg/m ³)
Fase vegetativa	22,10 b
Fase reprodutiva	29,26 a

Médias na vertical seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com dados mostrados na Tabela 18, percebe-se que há um melhor aproveitamento da água para os tratamentos avaliados na fase reprodutiva da cultura.

A Figura 8 mostra a eficiência no uso da água para os tratamentos nas duas fases fenológicas para as diferentes tensões matriciais. A Equação 5

descreve a função quadrática que permite estimar a eficiência no uso da água para a fase reprodutiva.

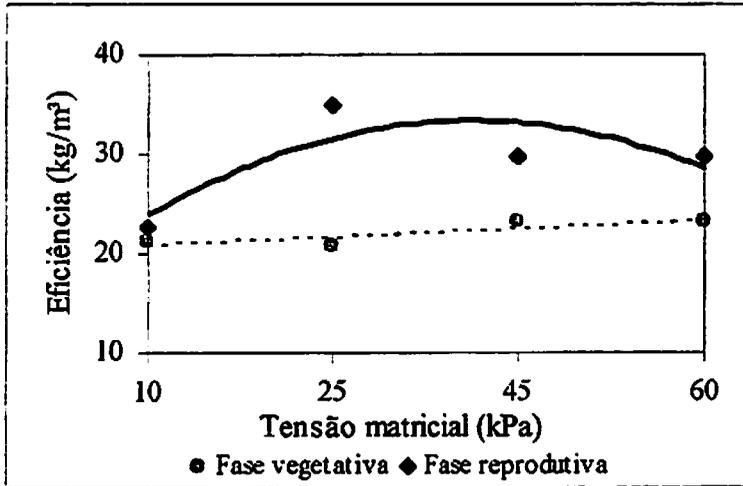


FIGURA 8: Eficiência no uso da água em função da tensão matricial e fases fenológicas.

$$E.U._{FR} = 16,1803 + 0,9063 \Psi - 0,0117 \Psi^2 \dots\dots\dots r^2 = 0,6382 \dots\dots\dots (5)**$$

Onde:

$E.U._{FR}$ = Eficiência no uso da água na fase reprodutiva (kg/m³);

Ψ = Tensão matricial (kPa);

r^2 = coeficiente de ajuste da regressão;

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Conforme verificado pela Equação 5, a eficiência no uso da água para a fase reprodutiva é apresentada sob um modelo quadrático, em que a máxima eficiência no uso da água será obtida quando o tratamento for submetido à

tensão matricial de 38,73 kPa, sendo obtida nesta tensão matricial a eficiência de 33,73 kg de frutos por m³ de água aplicado.

A média da eficiência de uso da água, mostrada na Tabela 18, foi um pouco inferior àquela encontrada por Chartzoulakis & Michelakis (1990), entretanto se adotada a tensão de maior eficiência (38,73 kPa), o resultado obtido seria superior àquele encontrado por esses autores ao conduzirem a cultura do pepino sob irrigação por gotejamento.

Analisando a Tabela 19, pode-se afirmar que a eficiência do uso da água na fase reprodutiva foi superior para todas as tensões avaliadas.

Quando o tratamento foi submetido à tensão de 10 kPa, as médias não diferiram estatisticamente e foram menores do que as médias obtidas para as demais tensões.

De acordo com análise de variância, as produtividades dos tratamentos na fase vegetativa não apresentaram diferenças estatísticas, possibilitando manejar a cultura com 60 kPa na fase vegetativa.

Durante a fase reprodutiva, a produtividade apresentou diferença significativa, sendo o melhor manejo aquele que possibilite a melhor utilização da água, neste caso, a tensão de 38,73 kPa.

TABELA 19: Comparação de médias para a eficiência no uso da água pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade para as fases fenológicas dentro de cada potencial matricial.

Tensão matricial	10 kPa	25 kPa	45 kPa	60 kPa
Fase vegetativa	21,30a	20,82b	23,06b	23,24b
Fase reprodutiva	22,69a	34,94a	29,75a	29,66 ^a
DMS	6,10	6,10	6,10	6,10

Médias na vertical seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

4.7.2 Eficiência do sistema de irrigação (ESI)

O sistema foi avaliado sob os aspectos técnico e produtivo. O aspecto produtivo foi baseado na produtividade da cultura do pepino quando comparada com a metodologia de irrigação manual.

O aspecto técnico foi baseado no desempenho do controlador com base na execução e eficácia de suas funções, momento de iniciar a irrigação e momento de parar com a irrigação, tempo de funcionamento e volume de água aplicado.

O tempo de decaimento da coluna de mercúrio observado foi de aproximadamente 10 minutos. Este tempo era menor do que o tempo mínimo necessário (calculado) para a irrigação dos tratamentos nas tensões de 25 kPa, 45 kPa e 60 kPa. Isso indica que o relé temporizador (dispositivo de segurança) não foi requerido.

O motivo provável para o decaimento rápido da coluna de mercúrio se deve a dois fatores principais:

- O pequeno volume de solo, pois este estava contido em um vaso de 13 L;
- A alta taxa de infiltração de água no solo, atingindo a cápsula, rapidamente, o que se deve à utilização de solo deformado.

Com relação aos parâmetros avaliados, observou-se que a metodologia apresentou resposta de forma esperada e satisfatória aos propósitos a que foi submetida, apresentando, ainda, performance adequada e que pode ser indicada a produtores agrícolas para efetivação da automação em seus projetos de irrigação em cultivos sob ambiente protegido.

4.8 Coeficiente de consumo para o pepino

O consumo foi dividido de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura: fase vegetativa e reprodutiva. A fase reprodutiva foi subdividida em

duas outras: a primeira compreendendo o início da floração até o início da colheita, e a segunda, do início da colheita até o final do ciclo.

O consumo pelas plantas durante as fases vegetativa, floração e colheita foram de 695, 1290 e 954 ml respectivamente. O consumo médio ao longo do ciclo (1007 ml/dia) é maior que o consumo nas fases vegetativa e de colheita, porém menor que na fase de floração.

Portanto, se a irrigação for efetuada com base no consumo médio do ciclo, a cultura estará sendo submetida a excesso de irrigação na fase vegetativa e na fase de colheita, propiciando surgimento de doenças, além do desperdício de água. No entanto, na fase de floração, a cultura sofrerá déficit hídrico resultando em perdas de produtividade.

A tabela 20 apresenta a relação entre o consumo de água pela planta e a evaporação do atmômetro e do tanque classe A (CR – consumo relativo).

TABELA 20: Valores do coeficiente de consumo para a cultura do pepino relativos à evaporação do atmômetro (CR_{ATM}) e do tanque classe A (CR_{TCA}).

Fase Fenológica		DAT	CR_{ATM}	CR_{TCA}
Vegetativa		19 a 30	171	255
Reprodutiva	Floração	31 a 49	341	435
	Colheita	50 a 80	293	303
Média do ciclo			294	337

Com base no consumo relativo (CR) é possível estabelecer o manejo da irrigação da cultura utilizando os dados de evaporação obtidos do atmômetro ou do tanque classe A.

De acordo com as Figuras 10 e 11, observa que o consumo é crescente na fase vegetativa, atingindo um pico na floração e decrescente ao aproximar-se do final do ciclo.

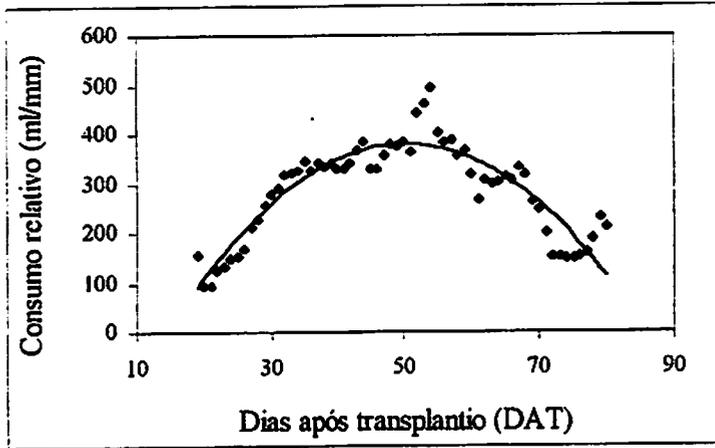


FIGURA 10: Consumo relativo de água pela cultura do pepino, considerando a evaporação do atmômetro modificado (CR_{ATM}).

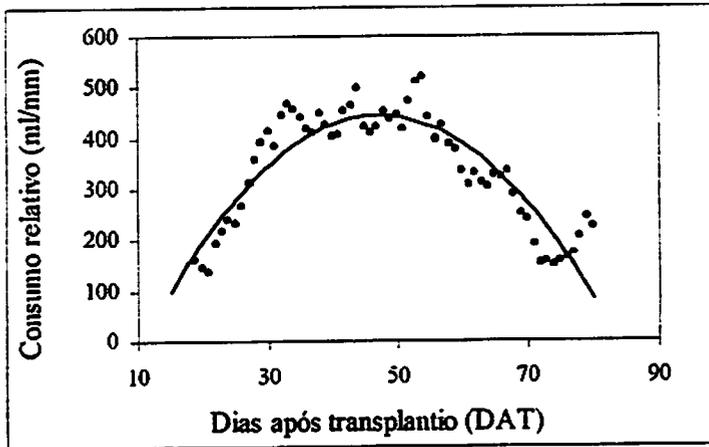


FIGURA 11: Consumo relativo de água pela cultura do pepino, considerando a evaporação do Tanque Classe A (CR_{TCA}).

O ajuste do consumo relativo (ml/mm) em função do dia após o transplante (DAT), pode ser representado pelas Equações 6 e 7.

$$CR_{ATM} = - 0,30 DAT^2 + 30,13 DAT - 374,55 \dots\dots\dots r^2 = 0,8169 \dots\dots (6)$$

$$CR_{TCA} = - 0,34 DAT^2 + 34,63 DAT - 299,99 \dots\dots\dots r^2 = 0,7994 \dots\dots (7)$$

Para melhor manejar a irrigação na cultura com uso do atmômetro ou do tanque classe A, pode-se adotar os valores médios de consumo relativo em cada fase fenológica da cultura, ou adotar as Equações 6 e 7, que irão permitir um melhor aproveitamento da água aplicada e, conseqüentemente, uma melhor eficiência no uso da mesma.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da performance satisfatória obtida pelo sistema de irrigação automatizada, verificada ao longo da execução deste trabalho, é preciso que outros trabalhos sejam realizados, visando ao aprimoramento do processo de escorva dos tensiômetros de coluna de mercúrio, obtendo automação deste processo, ampliando a eficiência do sistema de irrigação automatizado.

Faz-se necessário avaliar o desempenho do sistema operando em estufas de cultivos diretamente no solo e em pequenas áreas sob condições de campo, submetido às variações ambientais.

6 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

A tensão matricial a que as plantas foram submetidas não influenciou o crescimento do diâmetro do colo das plantas.

O crescimento da haste das plantas de pepino foi afetado pelo incremento da tensão matricial a que foi submetido, apresentando maiores valores para a tensão matricial de 10 kPa.

De maneira geral, a produtividade da cultura foi reduzida em função do incremento da tensão matricial a que a planta esteve submetida.

O potencial matricial, quando aplicado na fase vegetativa da cultura do pepino, não afetou a produtividade, podendo submeter à cultura a maiores tensões (60 kPa), obtendo-se economia de recursos e, conseqüentemente, maiores eficiências.

O melhor resultado, com relação à eficiência no uso da água, foi obtido com uma tensão matricial na fase vegetativa de 60 kPa e, na fase reprodutiva, a uma tensão igual a 38,73 kPa.

Os tratamentos irrigados automaticamente não diferiram daqueles irrigados de forma manual, sugerindo que o sistema de irrigação automatizado apresentou desempenho satisfatório quando comparado ao sistema de irrigação manual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do cerrado em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 6, n. 61, p. 52-63, jan. 1980.

* BLANCO, M. C. S. G.; GROPPPO, G. A.; TESSARIOLI NETO, J. Pepino. In: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. *Manual técnico das culturas: olerícolas, medicinais e ornamentais*. 2. ed. rev. atual. Campinas, 1997. Tomo II, p. 91-95.

* BRANDÃO FILHO, J. U. T.; CALLEGARI, O. Cultivo de hortaliças de frutos em solo em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 20, n.200/201, p. 64- 68, set/dez. 1999.

* CAMARGO, L. de S. *As Hortaliças e seu cultivo*. 3. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1992. 252 p.

CARNEIRO FILHO, J. *Produção e qualidade de frutos de melão cantaloupe influenciadas pela poda e pelo tutoramento, em condições de estufa e de campo*. 2000. 102 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

CARVALHO, D. F.; SILVA, W. A.; MÉDICE, L. O.; PEREIRA, M. G. Avaliação de um sistema automático de baixo custo para manejo da irrigação (Compact disk). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGEHARIA AGRÍCOLA, 30. 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: SBEA, 2001.

* CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da. Manejo da água na produção de hortaliças em cultivo protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 20, n.200/201, p. 45-51, set./dez. 1999.

* CHARTZOULAKIS, K.; MICHELAKIS, N. Effects of different irrigation systems on growth and of greenhouse cucumber. *Acta Horticulturae*, Amsterdam, v. 278, p. 237-243, 1990.

CRESTANA, S.; CRUVINEL, P. E.; MASCARENHAS, S.; BISCEGLI, C. I.; MARTIN-NETO, L. M.; COLNAGO, L. A. *Instrumentação agropecuária: contribuições no limiar do novo século*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 291 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. *Guidelines for predictings crop water requeriments*. Roma: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

DOURADO NETO, D.; VAN LIER, Q. J.; BOTREL, T. A. et al. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo Genuchten. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 1, p. 92-102, jul. 1990.

ELIADES, G. Irrigation of greenhouse-grown cucumbers. *Journal of Horticultural Science*, Ahsford, v. 63, n. 2, p. 235-239, Apr. 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, SP. *Anais...* São Carlos: Sociedade Internacional de Biometria, 2000. p. 255-258.

* FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa, 2000. 402 p.

GOMIDE, R. L. Automação de sistemas de irrigação em fruticultura irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza, CE. *Palestra...* Fortaleza, 2000. p. 156-181.

GORNAT, B.; SILVA, W. L. V. Sistemas de controle e automação da irrigação. *ITEM*, Brasília, n. 41, p. 20-24, 1990.

HERNANDEZ ABREU, J. M.; RODRIGO LÓPEZ, J.; PÉREZ REGALADO, A. y GONZÁLAZ HERNANDEZ, J. F. *El riego localizado: curso internacional de Riego Localizado*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987.

KLAR, A. E. Jeito certo: para manter a planta com o volume de água necessário, disponível, deve-se ter um correto monitoramento. *Revista Cultivar Máquinas*, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 15-18, jan./fev. 2001.

* KUMAGAIA, *Plasticultura na Cooperativa Agrícola de Cotia – Cooperativa Central*. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, 1., 1989, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: FUNEP, 1991. p. 53-55.

* LOOMIS, E. L.; CRANDALL, P. C. Water consumption of cucumbers during vegetative and reproductive stages of growth. *Journal of America Society of Horticulturæ Science*, Alexandria, v. 102, n. 2, p. 124-127, Mar. 1977.

MALAVOLTA, D. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 215 p.

MANNINI, P. Effects of different irrigation scheduling and systems on yield response of melon and cucumber. *Acta Horticulturae*, Amsterdam, n. 278, p. 155-162, 1988.

MARCELIS, L. F. M. Effects of sink demand on photosynthesis in cucumber. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 42, n. 244, p. 1387-1392, Nov. 1991.

MARTINS, S. R. Desafios da plasticultura brasileira: limites sócio-econômicos e tecnológicos frente as novas e crescentes demandas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 133-138, nov 1996.

* MARTINS FILHO, C. A. S. **Comportamento de diferentes porta-enxertos na produção de mudas de pepino (*Cucumis sativus* L.)**. 1998. 112 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

{ OLIVEIRA, A. C. B.; ARAUJO, M. L.; LEAL, N. R. Avaliação do comportamento de três cultivares de pepino submetidas ao cultivo sob estrutura de proteção e a céu aberto na região Norte Fluminense - RJ. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 13, p. 99, maio 1995.

OLIVEIRA, S. L. **Funções de resposta do milho doce ao uso de irrigação e nitrogênio**. 1993. 91 p. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

✧ REIS, N. V. B.; HORINO, Y.; OLIVEIRA, C. A. S.; BOITEUX, L. S. Influência da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre os componentes de produção de nove genótipos de pepino plantados a céu aberto e sob estufas plásticas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 9, n. 1, p. 55, maio 1991.

✧ REIS, N. V. B.; HORINO, Y.; OLIVEIRA, C. A. S.; BOITEUX, L. S.; LOPES, J. F. Influência da temperatura - graus-dias sobre a de produção pepino sob cultivo protegido e a céu aberto. *Horticultura Brasileira*, v. 10, n. 1, p. 65, 1992.

✧ RIBEIRO, S. A. **Comparação entre cultivo de plantas em vasos e no campo**. 1994. 107 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.

SHOCK, C. C.; FEIBERT, E. B. G.; SAUNDERS, L. D. Irrigation management for drip-irrigated onions. Oregon: Oregon State University Agricultural Experimental Station, 1998. p. 42-48. (Special Report 988)

SILVA, I. J. Desenvolvimento de modelos matemáticos análise da influência das condições ambientais na produção de ovos. 1998. 140 p. Tese (Doutorado em engenharia agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poço de Caldas. Anais... Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 311-348.

STANLEY, C. D.; MAYNARD, D. N. Vegetables. In: STEWART, D. R.; NIELSEN, D. R. (Ed.). Irrigation of agricultural crops. Madison: ASA, CAAA, SSSA, 1990. p. 921-950.

VECCHIA, P. T. D.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 5-10, set./dez. 1999.

WITHERS, B.; VIPOND, S. Irrigação: projeto e prática. São Paulo: EPU, 1977. 339 p.

ANEXO A

	Página
FIGURA 1A Projeto técnico da placa de circuito impresso para montagem do controlador de irrigação.	59
FIGURA 2A Projeto técnico da placa de circuito impresso para montagem da fonte para o controlador de irrigação	60

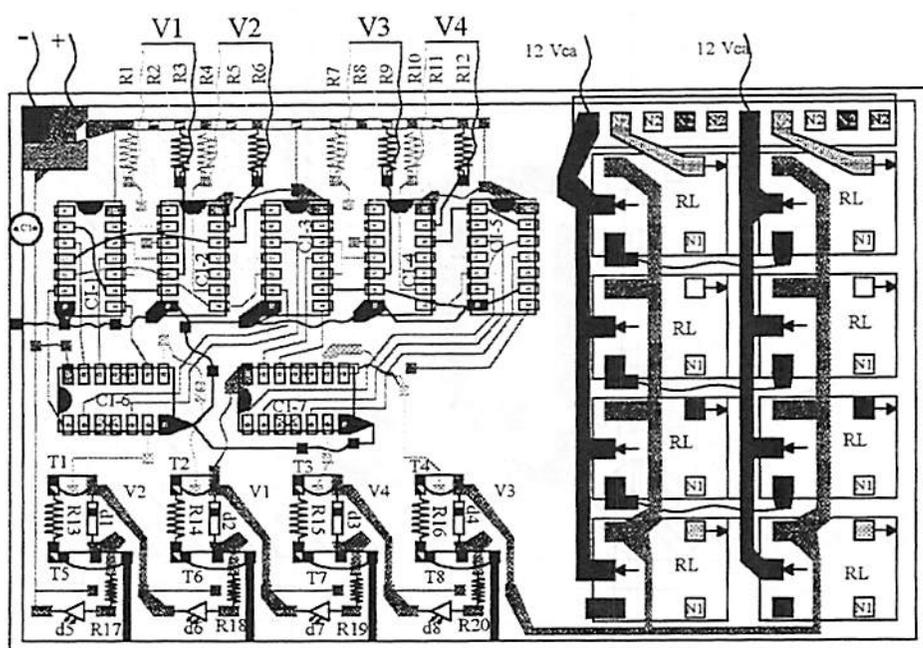


FIGURA 1A: Projeto técnico da placa de circuito impresso para montagem do controlador de irrigação.

Descrição dos componentes eletrônicos do Circuito

d1, d2, d3 e d4 = diodos - 1N4007;
d5, d6, d7 e d8 = LED's;
C1 = Capacitor eletrolítico - 20 μ F 16 V;
R1 - R12 = Resistor - 10 k Ω ;
R13 - R16 = Resistor - 1 k Ω ;
R17 - R20 = Resistor - 0,33 k Ω ;
T1 = Transistor - C548B;

T2 = Transistor - BD 135 -10;
RL = Relé de 5 Vcc;
CI 1, CI 3 e CI 5 = END - SN 74 LS 08;
CI 2 e CI 4 = INV - 74 LS 04;
CI 6 e CI 7 = OR - 74 LS 32;
N1 = Sinal de acionamento - entrada;
N2 = Sinal de acionamento - saída.

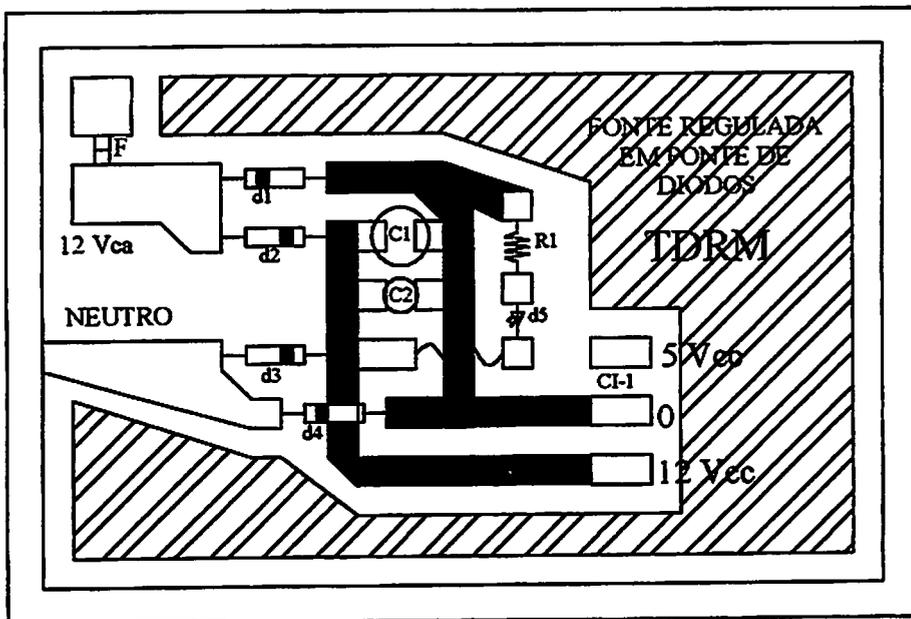


FIGURA 2A: Projeto técnico da placa de circuito impresso para montagem da fonte para o controlador de irrigação

Descrição dos componentes eletrônicos do Circuito

F = Fusível de 250 mA;

d1, d2, d3 e d4 = diodos - 1N4007;

C1 = Capacitor eletrolítico - 1000 μ F 16 V;

C2 = Capacitor eletrolítico - 100 μ F 16 V;

R1 = Resistor 1/8 W- 1 k Ω

CI 1 = Retificador de tensão - 7805.