

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO
BRÓCOLI TIPO “CABEÇA ÚNICA” EM
AMBIENTE PROTEGIDO**

GUILHERME SILVA COELHO

2005

59076

050426

GUILHERME SILVA COELHO

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO BRÓCOLI TIPO
“CABEÇA ÚNICA” EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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. Dr. Geraldo Magela Pereira

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2005**

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

Coelho, Guilherme Silva

Manejo da irrigação na cultura do brócoli tipo “Cabeça única” em ambiente protegido / Guilherme Silva Coelho. -- Lavras : UFLA, 2005. 60 p. : il.

Orientador: Geraldo Magela Pereira.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Irrigação. 2. Manejo. 3. Brocoli. 4. Ambiente protegido. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-635.3587

GUILHERME SILVA COELHO

**MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA CULTURA DO BRÓCOLI TIPO
“CABEÇA ÚNICA” EM AMBIENTE PROTEGIDO**

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 fevereiro de 2005.

Prof. Dr. Rovilson José de Souza

DAG/UFLA

Dra. Fátima Conceição Rezende

DEG/UFLA

Dr. Jonhy Eishi Yuri

DAG/UFLA


Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

DEDICO

A Deus, por sempre estar ao meu lado, iluminando-me e velando por mim ao longo desta caminhada.

OFEREÇO

Aos meus pais, pelo amor, carinho, confiança, educação e pelos valores ensinados.

Ao meu irmão Fabrício, pelo companheirismo e pela ajuda no experimento.

Aos meus familiares, pelo apoio e carinho, em especial à Tia Ana, que está sempre presente em nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

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

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro relacionado à parte experimental;

Ao professor Dr. Geraldo Magela Pereira, pela atenção, apoio, amizade e pelos valiosos ensinamentos;

Ao professor Dr. Luiz Artur Alvarenga Vilela (in memoriam), pela orientação, enriquecendo este trabalho relacionado ao manejo da irrigação;

Ao professor e Dr. Rovilson José de Souza (co-orientador), pela ajuda, sugestões e pelos conceitos na área de agricultura;

À pesquisadora Fátima Conceição Rezende, por ter aceitado com muita boa vontade participar da banca, e pelas sugestões.

Ao pesquisador Jony Eishi Yuri, pela participação na banca e pelos esclarecimentos às dúvidas relacionadas à cultura.

Aos professores do Departamento de Engenharia, pelos ensinamentos transmitidos e pela amizade.

Às secretárias do Departamento de Engenharia, Daniela e Juliana, pelo constante apoio e por estarem sempre dispostas a me auxiliar.

Ao aluno de graduação Bruno Leite Teixeira Perroni, pela amizade e pela ajuda na condução do experimento;

Aos amigos, Marcio Ronaldo e Fábio Akira Sato, pela constante amizade desde a graduação, tornando-se verdadeiros irmãos;

Aos funcionários do Setor de Hidráulica (Departamento de Engenharia), Lindeberg “Seu Berg”, Oswaldo “Nenê” e José Luiz, e aos funcionários do Setor de Olericultura (Departamento de Agricultura), Pedro, Milton, Leandro e Josimar, por estarem sempre dispostos a ajudar na condução do experimento.

Aos colegas de mestrado, Pedro, Giuliane, Marcio Santana (Patinho), Welson Lima, Hudson, Carlinhos e demais colegas de pós-graduação, pela amizade e companheirismo.

Aos amigos do Setor de Hidráulica, Polyana, Edson, Mirian, Márcio Koetz, Renato, Carla, Natalino, Joelma, em especial ao amigo Gilberto Coelho pela ajuda na realização das fertirrigações.

Ao Engenheiro Agrícola Ms. Sc. José Antônio Alves Dias, pelos conhecimentos transmitidos na área de irrigação.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Guilherme Silva Coelho, filho de José Francisco Coelho Filho e Vanda Silva Coelho, nasceu na cidade de Lavras, Sul de Minas Gerais, em 15 de dezembro de 1977.

Em 1993, concluiu o ensino fundamental no Colégio Tiradentes da PMMG e em 1996 concluiu o ensino médio no Instituto Gammon, ambos em Lavras-MG.

Ingressou no curso de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em março de 1998 e graduou-se em janeiro de 2003. Durante este período trabalhou como bolsista de iniciação científica (CNPq), desenvolvendo trabalhos relacionados com o manejo de irrigação e a fertirrigação na cultura do café.

Iniciou o mestrado em Engenharia Agrícola na área de concentração em Irrigação e Drenagem, em março de 2003.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1.0 INTRODUÇÃO.....	1
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 A cultura do brócoli.....	3
2.2 Exigências climáticas da planta.....	5
2.3 O cultivo em ambiente protegido.....	7
2.4 Manejo da irrigação.....	10
3.0 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 Caracterização da área experimental.....	13
3.1.1 Clima.....	13
3.1.2 Solo.....	14
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	18
3.3 Sistema e manejo da irrigação.....	20
3.4 Híbrido empregado e produção das mudas.....	25
3.5 Condução do experimento.....	25
3.6 Práticas culturais.....	27
3.6.1 Adubação.....	27
3.6.2 Controle de plantas daninhas.....	27
3.6.3 Controle fitossanitário.....	28
3.6.4 Variáveis meteorológicas.....	29
3.7 Variáveis analisadas.....	29
3.7.1 Massa fresca total e comercial.....	29
3.7.2 Diâmetro médio da cabeça.....	30

3.7.3 Teor de massa seca da parte comercial.....	30
3.7.4 Produtividade total e comercial.....	31
3.7.5 Eficiência no uso da água.....	31
3.8 Análise Estatística.....	31
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Resultados gerais do experimento.....	32
4.1.1 Condições climáticas na casa de vegetação.....	32
4.1.2 Avaliação do sistema de irrigação.....	34
4.1.3 Lâminas de irrigação e potencial de água no solo.....	35
4.2 Massa fresca total e comercial.....	38
4.3 Diâmetro médio da cabeça.....	41
4.4 Teor de massa seca da parte comercial.....	43
4.5 Produtividade total e comercial.....	45
4.6 Eficiência no uso da água.....	48
5.0 CONCLUSÕES.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	58

RESUMO

COELHO, Guilherme Silva. Manejo da irrigação na cultura do brócoli tipo “cabeça única” em ambiente protegido. 2005. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

O manejo da água de irrigação em qualquer cultura é de fundamental importância por permitir o uso racional desse fator de produção visando à obtenção da máxima produção por unidade de água aplicada, mas também por minimizar problemas como doenças e lixiviação de nutrientes. Dessa forma, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o comportamento produtivo do brócoli tipo “cabeça única” cultivado em ambiente protegido na região de Lavras (MG), baseado na evaporação de um minitanque. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras, com delimitamento em blocos casualizados, tendo quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco níveis de irrigação (25; 50; 75; 100 e 125%) da evaporação do minitanque. Os resultados permitiram concluir que o manejo da água de irrigação utilizando o minitanque proporcionou uma boa estimativa do consumo hídrico da cultura do brócoli em ambiente protegido. Com o emprego do nível 100% da evaporação do minitanque, correspondendo a uma tensão máxima de água no solo de 60 kPa, há a tendência de se obter plantas com maior massa fresca, maior diâmetro da cabeça, maior produtividade total e comercial. O teor de massa seca da parte comercial e a eficiência do uso da água apresentaram resposta linear decrescentes com o acréscimo dos níveis de irrigação aplicados.

* Comitê Orientador: Geraldo Magela Pereira - UFLA, Luiz Artur Alvarenga Vilela (in memoriam) - UFLA, Rovilson José de Souza - UFLA.

ABSTRACT

COELHO, Guilherme Silva. Irrigation management of Broccoli, in a protected environment. 2005 60 p. Dissertation (Master Science in Agricultural Engineering/Irrigation and Drainage) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais State.

For any crop irrigation water scheduling is very important because it allows the rational use of this production factor, with the purpose to obtain the highest productivity per unit of applied water. It permit also to minimize some problems as disease and nutrientes leaching. In this way, the objective of this research was to evaluate the effect of different irrigation depths on the productive behavior of Brocolis, cultivated under protected environment, based on the evaporation of a small-pan. The experiment was set in a greenhouse inside the campus of the Federal University of Lavras, Minas Gerais State. The estatistical deliniation was compound by randonnized blocks with four replications. The treatments consisted of five irrigation levels based on evaporations fractions of a small-pan (25; 50; 75; 100 e 125%). The conclusion is that the water irrigation management using the small-pan, can afford a good estimation of Broccoli water consume in a protected environment. With the using of 100% fraction the small-pan evaporation, that corresponds to maximum 60 kPa soil water tension, there is a tendency to obtain plants with greater fresh mass, greater head diameter, greater total yield and commercial yield. Both the commercial dry mass fraction and the water use efficiency presented a linear decreasing response with the levels of irrigation water applied.

* Guidance Committee: Geraldo Magela Pereira - UFLA (Major Professor), Luiz Artur Alvarenga Vilela (in memoriam) - UFLA, Rovilson José de Souza - UFLA.

1. INTRODUÇÃO

A cultura de brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) vem adquirindo grande importância atualmente como fonte de alimento, principalmente por ser uma hortaliça rica em vitaminas e fibras, indispensável para regulação das funções do organismo. Sem exceção, nas mais variadas dietas alimentares, indicadas pelos especialistas em nutrição humana, o consumo de brócoli tem sido sempre recomendado. Estudos mais recentes têm comprovado a presença de substâncias anticancerígenas, além disto, o brócoli apresenta propriedades antivirais.

De modo semelhante à grande maioria das hortaliças, o seu cultivo requer uma grande quantidade de mão-de-obra, pois toda condução da cultura, desde a semeadura até a colheita, é realizada manualmente, gerando, deste modo, para região produtora, uma grande quantidade de empregos.

Trata-se de uma hortaliça que além da possibilidade de ser consumida “in natura”, permite também a realização de processamento, podendo ser comercializado de forma minimamente processada ou congelada. Deste modo, atende a um mercado crescente, visto que consumidores, principalmente dos grandes centros, vêm alterando os hábitos de consumo, dando preferência para produtos semipreparados, que agilizem as suas refeições.

A introdução de novas tecnologias para produção e processamento de hortaliças, tem possibilitado a expansão da cultura para novas áreas de produção, entre elas o sul de Minas Gerais. Entretanto, tem-se constatado que essa expansão da área tem ocorrido sem devido respaldo de resultados de pesquisa, tendo em vista que, até o momento, poucos estudos envolvendo essa hortaliça foram realizados.

No Brasil, tem-se observado um aumento significativo do uso de cultivo em ambiente protegido, sobretudo nas regiões Sudeste e Sul. Sua expansão tem

se dado mais para o cultivo de hortaliças, visando protegê-las de chuvas, granizos e geadas. Apesar desse aumento, ainda representa muito pouco frente ao potencial de crescimento dessa atividade, tanto em termos de regiões exploradas no país quanto a culturas envolvidas, bem como a fatores de produção. Relacionados aos fatores de produção, nota-se que ainda são poucos os trabalhos de pesquisa ligados à irrigação nesse tipo de ambiente, principalmente utilizando-se a cultura do brócoli.

O cultivo protegido, no entanto, apresenta algumas limitações. Uma delas é a exigência em irrigação, já que é a única forma de repor a água consumida pela cultura. O método de irrigação que atende às condições de ambiente protegido, que possibilite o umedecimento adequado do solo sem ocasionar efeitos deletérios à cultura é a irrigação localizada, sendo o gotejamento o sistema mais empregado.

Segundo Volpe & Churata-Masca (1988), existem vários métodos para efetuar-se o manejo da água de irrigação e, dentre eles, destaca-se o do tanque Classe A, devido à sua facilidade de operação, ao custo relativamente baixo e, principalmente, à possibilidade de instalação próxima à cultura a ser irrigada. Entretanto, visando diminuir o custo do tanque Classe A e devido ao espaço reduzido no interior das casas de vegetação, tem-se adotado tanques de evaporação com dimensões reduzidas (minitanque), como alternativa para a estimativa da evapotranspiração.

Desse modo, é necessário o investimento em pesquisa, pois ela é capaz de fornecer o suporte técnico para o desenvolvimento seguro do cultivo em ambiente protegido.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre o comportamento produtivo do brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), cultivado em ambiente protegido na região de Lavras (MG), baseado na evaporação de um minitanque.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura do brócoli

O Brócoli (*Brassica oleracea* L.) pertence à família *Brassicaceae* var. *italica*, é também conhecido como brócolo, brócolis ou couve-brócolo. Seu nome se originou do italiano “brocco”, que significa broto, pois são as brotações florais a parte comestível (Filgueira, 1982). Durante a fase vegetativa, a planta se assemelha à couve-flor, posteriormente produz uma inflorescência central, compacta (tipo “cabeça”) de coloração verde-escura, formada por pequenos botões florais ainda fechados e pedúnculos tenros (Filgueira, 2000).

É uma crucífera nativa da Ásia Ocidental e das costas do mar Mediterrâneo, que se desenvolveu a partir de um repolho selvagem que, mediante processos de melhoramentos genéticos, se transformou na hortaliça que conhecemos atualmente (Cultivo...,2001). Trata-se de uma hortaliça amplamente difundida, produzida e consumida, principalmente nos Estados Unidos, por seu alto valor nutricional e medicinal, devido às suas propriedades antivirais e alto conteúdo em cálcio. O brócoli tem sido classificado como uma hortaliça de maior valor nutritivo por unidade de produto comestível. A quantidade de vitamina C, B₂ e vitamina A é elevada, tendo também quantidades significativas de minerais. Recentes estudos têm apontado como possível aliado no combate ao câncer, por apresentar uma substância sulforafano, que pode bloquear ou reduzir danos celulares no caso de tumores (Cultivo, 2001).

Por serem originadas e domesticadas em regiões de clima frio e/ou temperado, as brássicas eram cultivadas somente no inverno, ou seja, no período de março a agosto. Contudo, com os programas de melhoramento genético realizados por pesquisadores brasileiros e pela introdução de híbridos resistentes

De acordo com Silva (1997), embora o plantio de verão seja menos produtivo, a rentabilidade do cultivo nessa época é favorecida por preços mais altos em virtude da colheita ocorrer no período de entressafra.

As cultivares chamadas de verão resistem a temperaturas médias de até 28 ou 29°C, enquanto as cultivares de inverno se desenvolvem melhor com temperaturas entre 8 e 21°C. No entanto, basicamente a produção se concentra na região sudeste do país, principalmente no estado de São Paulo.

Segundo Björkmam & Pearson (1998), o brócoli cresce satisfatoriamente em diferentes partes do mundo, mas temperaturas acima de 30°C podem provocar deformação das cabeças em cultivares sensíveis a temperaturas altas, tornando de alto risco o cultivo dessa cultura nestas condições. A temperatura média mensal para o desenvolvimento das brássicas varia de 15 a 20°C (Ferreira, 1983), sendo a temperatura ótima para o crescimento vegetativo poucos graus acima da ótima para o crescimento reprodutivo (Trevisan et al., 2003).

Períodos prolongados de temperatura acima de 25°C podem retardar a formação da cabeça em plantas que se encontram na fase de desenvolvimento vegetativo, enquanto que plantas com cabeças em formação podem reverter para crescimento vegetativo, reduzindo o tamanho das cabeças e causando o desenvolvimento de folhas ou brácteas nos pedúnculos florais (Trevisan et al., 2003). Por outro lado, elevações abruptas de temperatura podem provocar crescimento excessivamente rápido da cabeça e alongamento do pedúnculo em determinadas cultivares.

Segundo Cultivo... (2001), para um adequado desenvolvimento da planta, esta necessita de climas frios e úmidos, com temperatura ótima em torno de 12 a 16°C, com mínimas de 5°C. Temperaturas maiores que 20°C causam desuniformidade na formação das inflorescências, ocasionando uma menor compactação das mesmas, fator determinante na qualidade do produto. Por outro

lado, temperaturas próximas de 0°C detêm o crescimento da planta. Para um bom desenvolvimento vegetativo, requerem umidades relativas do ar em torno de 60 a 80%.

2.3 Cultivo em ambiente protegido

A utilização do plástico teve sua expansão lenta enquanto as técnicas ainda não eram empregadas corretamente, porém à medida que seu emprego foi sendo ajustado, expandiu-se a sua utilização pelos agricultores, quebrando as resistências do conservadorismo, e mudando técnicas e conceitos da produção agrícola (Sganzerla, 1995). Neste contexto, o autor faz alusão a muitas pessoas que ligam a utilização do plástico, principalmente às aplicações de estufas e túneis, ao cultivo de plantas somente nas regiões frias, considerando-a desnecessária para os locais de clima quente. No entanto, muitas regiões do mundo são hoje agricultáveis, como é o caso do Oriente Médio, onde o sucesso da agricultura se deve ao manejo da água e ao controle do clima.

Ao se optar pelo cultivo de qualquer hortaliça em ambiente protegido é necessário conhecer o hábito de crescimento e desenvolvimento das plantas; características estas influenciadas por fatores como: temperatura, fotoperíodo, intensidade luminosa, época de cultivo e irrigação (Kimoto, 1993).

Um dos principais objetivos da produção em ambiente protegido, comparado com o campo, é o controle do crescimento da cultura pela manipulação do clima, além do efeito de proteção contra fatores adversos do clima como: vento, geada, granizo, excesso de chuva, sol muito forte durante o dia e queda da temperatura durante a noite (Santos, 1994; Sganzerla, 1995; Oliveira, 1995).

Uma das vantagens do cultivo de hortaliças em casa de vegetação é propiciar condições de produção ao longo do ano, inclusive na entressafra, com

ótima qualidade e excelente produtividade (Martins, 1996). Também favorece a precocidade das colheitas, protege da erosão e da lixiviação de nutrientes do solo, economia de insumos, promove uma adequada proteção contra pragas e doenças, da lavagem de defensivos e nutrientes aplicados às folhas e dos danos mecânicos causados à planta, como queda de flores (Martins, 1996; Oliveira, 1995).

No Brasil, há aproximadamente 15 anos, com a introdução da tecnologia de cultivo de hortaliças em ambiente protegido, têm sido cultivadas principalmente as hortaliças do grupo de frutos (solenáceas e cucurbitáceas), além de algumas folhosas e condimentares. Apenas alguns produtores, em pequena escala, têm experimentado produzir outras hortaliças, dentre elas, as brássicas (Goto, 1997).

Não se tem notícia de plantios comerciais de brócoli em ambiente protegido em grande escala, pois a área ocupada por planta é relativamente grande (Goto & Costa 1999). Segundo os mesmos autores, ao se optar pelo plantio de brócoli em ambiente protegido, devem-se escolher sempre os materiais mais adaptados ao verão ou de meia estação, os quais necessitam de temperaturas nunca abaixo de 20°C. Se forem utilizadas cultivares de inverno, pode não ocorrer a formação da cabeça. As brássicas são, no entanto, uma boa opção de rotação de culturas.

O cultivo de hortaliças em condições protegidas utilizando o próprio solo como substrato é a forma mais utilizada no mundo, principalmente em países em desenvolvimento (Silva & Marouelli, 1998).

Estudos das variações micrometeorológicas mostram que, em casa de vegetação, ocorre redução da radiação global, com aumento da proporção da radiação difusa; aumento da temperatura do ar e do solo; redução da evapotranspiração; aumento da umidade relativa do ar e diminuição da movimentação do ar (Santos, 1994). De acordo com diversos autores, a redução

da evapotranspiração se deve, principalmente, à diminuição da ação dos ventos e à parcial capacidade de transmissividade da cobertura plástica à radiação solar, que são os principais fatores da demanda evaporativa da atmosfera (Bergamaschi, et al. 1992; Silva & Marouelli, 1998).

Segundo Evangelista (1999), estudando a temperatura e umidade relativa do ar no interior e na parte externa de uma casa de vegetação em Lavras-MG, concluiu que tanto a temperatura máxima do ar quanto a umidade relativa máxima foram maiores no interior da casa de vegetação, devido à baixa taxa de renovação e volume de ar. Os valores de umidade relativa mínima do ar foram menores internamente à casa de vegetação, em virtude de a umidade relativa estar relacionada à temperatura do ar, cujos maiores valores são atingidos no período diurno. Quanto à temperatura mínima do ar não houve diferença significativa no interior e fora da casa de vegetação.

Quanto ao manejo do minitanque, Medeiros et al. (1997); comparando a evaporação medida em um tanque Classe A e o minitanque, dentro e fora da casa de vegetação, verificou que a evaporação do minitanque foi em média 15% a mais do que o tanque Classe A, enquanto que dentro da casa de vegetação correspondeu a 47% da evaporação medida na estação meteorológica (fora da casa de vegetação).

De acordo com Fernandes et al. (1997), é de extrema importância o conhecimento das exigências hídricas das plantas, a fim de se aplicar corretamente a irrigação, visto que as coberturas plásticas das casas de vegetação são impermeáveis aos líquidos, o que impede a entrada da chuva, sendo desse modo, a irrigação, a única forma de se fornecer água às plantas.

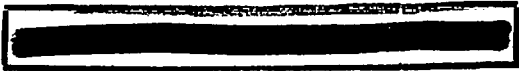
2.4 Manejo da irrigação

As hortaliças, sejam em condições de campo ou em ambiente protegido, têm seu desenvolvimento intensamente influenciado pela condição de clima e umidade do solo. A reposição de água ao solo através da irrigação na quantidade adequada e no momento oportuno é decisiva para o sucesso da produção de hortaliças (Silva & Marouelli, 1998). Segundo esses autores, as hortaliças irrigadas por gotejamento apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões inferiores 10-40 kPa. Eles afirmam que a tensão de água no solo em que se deve promover a irrigação para a produtividade máxima de brócoli está entre 40 e 70 kPa.

De acordo com Carrijo et al., 1999, o excesso de irrigação geralmente reduz a produtividade e a qualidade da produção, podendo provocar o crescimento excessivo da planta, o retardamento da maturação dos frutos, a lixiviação de nutrientes solúveis (N e K), maior ocorrência de doenças de solo e distúrbios fisiológicos, maiores gastos de energia e o desgaste de sistema de irrigação.

O manejo racional da irrigação pode ser baseado em critérios relacionados ao estado energético da água no solo e na planta, na taxa de evapotranspiração da cultura ou na combinação de dois ou mais deles (Silva & Marouelli, 1998). Para a sua execução torna-se indispensável conhecer a resposta da cultura face às condições hídricas do solo e à demanda evaporativa da atmosfera. A escolha do critério a ser seguido vai depender principalmente da disponibilidade de informações relacionadas ao sistema solo-água-planta-clima, equipamentos para medições, e também do grau de conhecimento do produtor.

A evaporação da superfície de água do tanque Classe A fornece uma medida do efeito integrado da radiação solar, vento e umidade relativa do ar, os



quais são os mesmos elementos climáticos que afetam a demanda hídrica da cultura (Doorenbos & Pruitt, 1977 e Klar, 1991).

Para a otimização da quantidade de água a ser aplicada, vários métodos foram desenvolvidos, entretanto, o tensiômetro tem sido utilizado com maior frequência para saber o quanto de água aplicar e quando aplicar, e tem sido referenciado por vários autores (Carrijo & Oliveira, 1997).

Na combinação do tensiômetro com o tanque classe A, o tensiômetro é usado para determinar o momento da irrigação e monitorar as condições de umidade do solo, e o tanque classe A para determinar a lâmina de água de reposição (Carrijo et al., 1999).

Como o valor da quantidade de água a ser aplicada, determinada por qualquer método, deve ser entendido como um referencial, a utilização de evaporímetros alternativos, de dimensões reduzidas, baixo custo e de fácil manuseio, tem sido proposta por alguns pesquisadores para o manejo da irrigação, entre os quais, Waister & Hudson (1970), Sobrinho & Neto (1999). Yuan *et al.* (2001), concluíram que a evaporação de um recipiente com 20 cm de diâmetro, localizado no centro do ambiente protegido e mantido a altura próxima ao topo das plantas, foi adequado para o cálculo da irrigação do tomateiro.

Blanco & Folegatti (2002) conduziram um experimento com o objetivo de estudar o manejo da água e nutrientes na cultura do pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. A lâmina de irrigação era calculada com base na evaporação do tanque Classe A e estimada a partir da evaporação de um tanque reduzido. Os autores verificaram que a aplicação de uma lâmina elevada manteve o potencial mátrico próximo à capacidade de campo, porém não resultou em aumento de produtividade.

Andrade Júnior (1994), avaliando o efeito de quatro lâminas de irrigação na alface (25; 50; 75 e 100 % da evaporação do tanque classe A) sobre o comportamento fisiológico e produtivo de uma cultivar do tipo americana (Mesa

659), sob cultivo protegido, obteve melhores resultados de número de folhas, área foliar e matéria seca durante o crescimento para os níveis de irrigação correspondentes a 50 e 75 % da evaporação do tanque classe A (ECA). No final do ciclo os melhores resultados de número de folhas, área foliar, matéria fresca e produtividade foram proporcionados pelo nível de 75 % da ECA. As lâminas totais aplicadas foram 61,43; 101,87; 142,30 e 182,74 mm para as frações de 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00, respectivamente. A eficiência no uso da água apresentou resposta linear e decrescente com o acréscimo dos níveis de irrigação aplicados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, situada no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no período compreendido entre os meses de abril e junho de 2004. A UFLA situa-se no município de Lavras, sul de Minas Gerais, numa altitude média de 910 metros, 21° 14' de latitude sul e a 45° 00' de longitude oeste.

A casa de vegetação possui estrutura de madeira do tipo "capela" apresentando 2,0 m de pé-direito, 3,5 m de altura na parte central, 31 m de comprimento e 10 m de largura (310 m²), coberta por um filme de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com aditivo anti-ultravioleta e espessura de 150 µm. As laterais foram fechadas com tela clarite (Figura 1).

3.1.1 Clima

De acordo com a classificação de Köppem (Antunes, 1980), a região apresenta clima Cwa, ou seja, clima temperado suave, chuvoso, com inverno seco. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e superior a 3°C, e o verão apresenta temperatura média do mês mais quente superior a 22°C. Lavras apresenta umidade relativa do ar média de 76,2%, com uma precipitação média anual de 1.529,7 mm, bem como uma evaporação média anual de 1.034,3 mm (Brasil, 1992).



FIGURA 1 Vista geral do experimento no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

3.1.2 Solo

O solo da área onde a casa de vegetação está situada foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 1999).

A curva característica de água do solo foi determinada no Laboratório de Relação Água-Solo-Planta do Departamento de Engenharia da UFLA. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade. As amostras indeformadas em anéis de PVC foram colocadas para saturar em água destilada durante 24 horas e depois foram levadas para uma bancada dotada de funil de Haines para determinação dos pontos de baixa tensão (0, 2, 4, 6, 8 e 10 kPa) com 3 repetições para cada camada.

Já as amostras de solo com estrutura deformada (terra fina seca ao ar) foram colocadas em cilindros de PVC e, depois de saturadas, foram levadas para Câmara de Pressão de Richards para a determinação dos pontos de maiores tensões (33, 100, 500 e 1500 kPa).

Com os valores das umidades associadas às suas respectivas tensões foram obtidos os ajustes conforme os parâmetros empíricos da equação proposta por Van Genuchten (1980). O ajuste das curvas de retenção foi processado utilizando-se do programa computacional SWRC (Dourado Neto et al., 1990). A partir das equações 1 ($r^2 = 0,998$), camada de 0 a 20 cm e 2 ($r^2 = 0,997$), camada de 20 a 40 cm, e dos valores observados, foram geradas as curvas de retenção da água no solo (Figura 2).

$$\theta_{0-20} = 0,256 + \frac{0,403}{\left[1 + (0,4397 \cdot \Psi_m)^{1,7206}\right]^{0,4188}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\theta_{20-40} = 0,242 + \frac{0,376}{\left[1 + (0,5680 \cdot \Psi_m)^{1,7748}\right]^{0,4365}} \dots\dots\dots(2)$$

em que:

θ = umidade atual ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$);

Ψ_m = tensão de água no solo (kPa).

A fim de determinar a umidade na capacidade de campo, utilizaram-se as equações acima citadas, considerando uma tensão de água no solo correspondente a 10 kPa (Carvalho et al., 1996). Foram encontrados os valores

de $\theta_{cc} = 0,39 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $\theta_{cc} = 0,34 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para as camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, respectivamente.

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Lavras e os resultados encontram-se na Tabela 1.

Com o objetivo de realizar a correção da acidez do solo, foram aplicados, 54 kg de calcário dolomítico, PRNT 100%, nos 310 m² correspondentes à área da casa de vegetação, equivalendo a 1,73 t.ha⁻¹. A quantidade foi determinada a partir do método de “Saturação por Bases”, utilizando o V_e de 70%, recomendado para a cultura do brócoli, segundo Gomes et al. (1999), e de acordo com os resultados de análise do solo (Tabela 1).

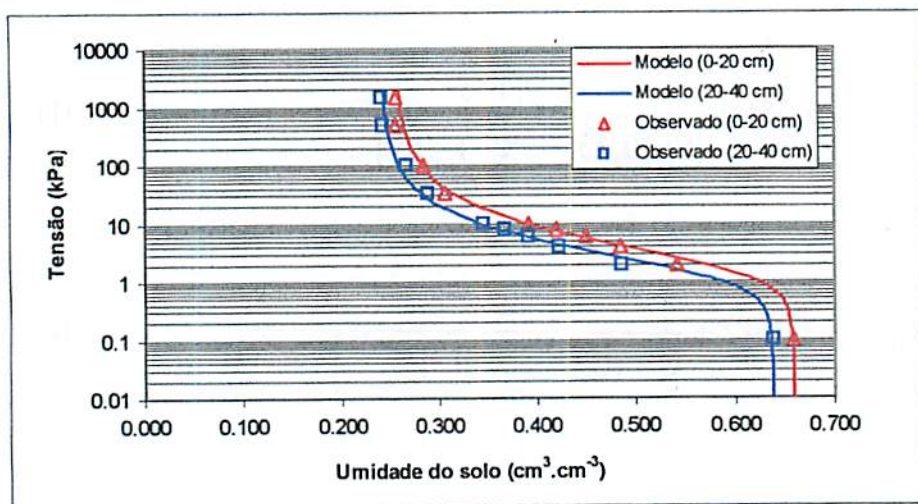


FIGURA 2 Curva característica de água no solo gerada, utilizando o modelo descrito por Van Genuchten (1980). UFLA, Lavras, MG, 2004.

Quanto ao preparo do solo foi passada enxada rotativa por duas vezes, sendo uma antes da adubação de plantio e a outra logo após, visando à incorporação do adubo.

TABELA 1 Análise física e química de amostras de solo coletadas na área experimental*. UFLA, Lavras, MG, 2004.

SIGLA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	AMOSTRAS**	
			0 a 0,20 m	0,20 a 0,40 m
pH	Em água (1:2.5)	-	5,6 (AM)	5,5 (AM)
P	Fósforo (Mehlich)	mg/dm ³	15,9 (mb)	7,8 (M)
K	Potássio	mg/dm ³	55 (M)	48 (M)
Ca	Cálcio	Cmol/dm ³	3,2 (b)	2,7 (b)
Mg	Magnésio	Cmol/dm ³	0,8 (M)	1,3 (mb)
Al	Alumínio	Cmol/dm ³	0,0 (MB)	0,0 (MB)
H+Al	Ac. Potencial	Cmol/dm ³	4,5 (M)	4,0 (M)
SB	Soma bases	Cmol/dm ³	4,1 (b)	4,1 (b)
(t)	CTC efetiva	Cmol/dm ³	4,1 (M)	4,1 (M)
(T)	CTC a pH 7,0	Cmol/dm ³	8,6 (M)	8,1 (M)
V	Sat. Bases	%	47,9 (B)	50,7 (MB)
M	Sat. Alumínio	%	0,0 (MB)	0,0 (MB)
Mo	Mat. Orgânica	dag/kg	1,9 (B)	2,1 (B)
P-rem	Fósforo remanescente	mg/l	9,4 (b)	6,8 (M)
Zn	Zinco	mg/dm ³	2,8 (mb)	1,8 (b)
Fe	Ferro	mg/dm ³	27,3 (b)	26,0 (b)
Mn	Manganês	mg/dm ³	13,9 (mb)	10,3 (b)
Cu	Cobre	mg/dm ³	2,5 (mb)	2,5 (mb)
B	Boro	mg/dm ³	0,4 (M)	0,3 (B)
S	Enxofre	mg/dm ³	17,1 (mb)	43,7 (A)
Areia	-	dag/kg	13	12
Silte	-	dag/kg	18	14
Argila	-	dag/kg	69	74
Textura	Classe textural	-	M.A	M.A
Ms	Massa específica solo	Mg/m ³	1,10	1,02

* Análise realizada no Laboratório do Departamento de Ciências do Solo. UFLA, Lavras, MG, 2004.

** A = alto; b = bom; mb = muito bom; B = baixo; M = médio; MB = muito baixo;

AM = acidez média; M.A. = muito argilosa.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Foi empregado o delineamento em blocos casualizados (DBC), tendo sido utilizados cinco tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 20 parcelas. Os tratamentos constituíram-se de cinco lâminas de água com base na evaporação do minitanque, sendo:

- T_{25%}** – lâmina de água referente a 25% da evaporação do minitanque;
- T_{50%}** – lâmina de água referente a 50% da evaporação do minitanque;
- T_{75%}** – lâmina de água referente a 75% da evaporação do minitanque;
- T_{100%}** – lâmina de água referente a 100% da evaporação do minitanque;
- T_{125%}** – lâmina de água referente a 125% da evaporação do minitanque;

O minitanque tem a forma circular, construído em chapa galvanizada com 60,5 cm de diâmetro (50% do diâmetro do tanque Classe A), 25,4 cm de profundidade, e apoiado sobre estrado de madeira, esse com altura de 15 cm acima do solo (Figura 3). O minitanque foi instalado no centro da casa de vegetação conforme a Figura 1.

Cada parcela experimental apresentava as dimensões de 3,20m de largura e 2,40m de comprimento, portanto com uma área de 7,68 m². Foram utilizadas quatro linhas de plantas espaçadas de 0,80m entre si e 0,40m entre plantas perfazendo um total de 24 plantas por parcela. A área útil da parcela foi constituída pelas duas fileiras centrais (2,56 m²), sendo descartadas a primeira e a última planta destas linhas, dando um total de 8 plantas, sendo utilizadas as 4 plantas centrais para a medição das variáveis (Figura 4).



FIGURA 3 Minitanque evaporimétrico utilizado no experimento. UFLA, Lavras, MG, 2004.

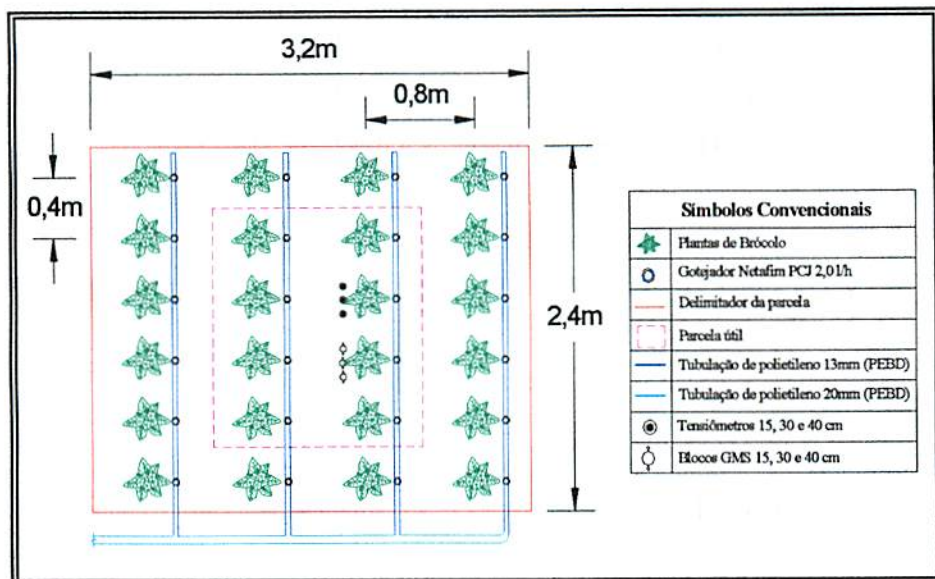


FIGURA 4 Esquema de uma parcela experimental com o sistema de irrigação implantado e os sensores de umidade. UFLA, Lavras, MG, 2004.

3.3 Sistema e Manejo da Irrigação

Para a aplicação das lâminas de água utilizou-se um sistema de irrigação por gotejamento, sendo os emissores com inserção na linha e distanciados entre si de 0,40m e com vazão de 2,0 L.h⁻¹ (Netafim®, modelo PCJ). Cada parcela experimental possuía quatro linhas de gotejadores com diâmetro nominal de 13 mm, sendo um gotejador por planta.

As linhas laterais foram conectadas às linhas de derivação de polietileno (PLBD, DN16; PN40), esta que por sua vez foi conectada à linha principal (PLBD, DN16; PN40) que tinham no seu início válvulas de comando elétrico, localizadas na saída do cabeçal de controle. Foi utilizada uma válvula para cada tratamento. Essas válvulas foram acionadas por um controlador previamente programado em cada irrigação para funcionar o tempo necessário para repor a lâmina de água referente à evaporação do minitanque (aplicação dos tratamentos).

O manejo da água de irrigação foi baseado na evaporação diária do minitanque, com turno de rega de três dias. No cálculo da lâmina líquida (equação 3), consideraram-se a evaporação medida no período correspondente ao turno de rega, o coeficiente de localização, e a fração de evaporação de cada tratamento:

$$LLI = EVm * KI * f \dots\dots\dots(3)$$

em que:

LLI = lâmina líquida de irrigação a ser aplicada em cada tratamento
(mm);

EVm = evaporação do minitanque medida no período (mm);

Kl = coeficiente de localização (0,71);

f = fração de evaporação de cada tratamento (0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25).

O coeficiente de localização foi calculado com base na proposta de Keller e Karmelli (1974) citados por Cabello (1996). Segundo os autores, o cálculo de Kl depende da fração de área molhada, que é a relação entre a área molhada pelos emissores e a área total ocupada por planta, que resultaram nos valores médios de 0,18 m² e 0,32 m² para a área molhada e ocupada por planta, respectivamente. A relação entre esses valores, 0,56, resultou na fração de área molhada.

Diversos autores vêm estudando a relação entre o coeficiente de localização Kl e a fração de área molhada por emissor, obtendo as seguintes fórmulas:

Aljibury et al.	$Kl = 1,34 * A;$
Decroix	$Kl = 0,1 + A;$
Hoare	$Kl = A + 0,5 (1 - A);$
Keller	$Kl = A + 0,15 (1 - A).$

em que:

A = fração de área molhada.

De posse do valor da fração de área molhada, calculou-se o coeficiente de localização, sendo este a média dos valores encontrados das equações acima citadas.

A lâmina bruta de irrigação (equação 4) foi determinada de acordo com Cabello (1996).

$$LBI = \frac{LLI}{(1-k)*CU} \dots\dots\dots(4)$$

em que:

LBI = lâmina bruta de irrigação (mm);

k = constante que leva em consideração a salinização do solo, ou a eficiência de aplicação de água do sistema. É determinado encontrando-se o maior valor nas equações seguintes:

$$k = 1 - Ea \dots\dots\dots(5)$$

$$k = LR = \frac{CEi}{2 * CEe} \dots\dots\dots(6)$$

em que:

Ea = eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (0,9);

LR= lâmina necessária para lavagem do solo, caso tenha problema com salinidade;

CEi = condutividade elétrica da água de irrigação (0,032 dS.m⁻¹);

CEe = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; assumida como sendo 2,8 dS.m⁻¹ (Cabello, 1996);

CU = coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (0,97).

As diferentes lâminas de irrigação, para cada tratamento, foram obtidas mediante diferentes tempos de funcionamento das linhas de gotejadores. Esse tempo foi obtido a partir da vazão média dos gotejadores, do espaçamento entre plantas e entre linhas de plantas, conforme a equação abaixo:

$$T_i = \frac{LBI * Sp * Slp}{e * q} \dots\dots\dots(7)$$

em que:

- T_i = tempo de irrigação para cada tratamento (h);
- LBI = lâmina bruta de irrigação a ser aplicada em cada tratamento (mm);
- Sp = espaçamento entre plantas (m);
- Slp = espaçamento entre linhas de plantas (m);
- e = número de emissores por planta (1,0);
- q = vazão média dos emissores (L.h⁻¹).

O monitoramento e controle da umidade do solo foram efetuados por meio de tensiômetros (tratamentos T100 e T125%), instalados nas profundidades de 0,15 m, 0,30 m e 0,40 m. Nos demais tratamentos (T25; T50 e T75%) a umidade do solo foi monitorada por sensores do tipo GMS (Grain Matrix Sensor) fabricados pela Irrometer, Inc., instalados nas mesmas profundidades citadas anteriormente. As leituras foram realizadas diariamente às 8:00 horas, com tensiômetro digital de punção com precisão de ±0,03% e leitor digital GMS. Os valores de tensão foram utilizados para monitorar a umidade do solo em cada tratamento e relacionar com a produtividade de brócoli.

Foram realizados testes a fim de determinar a vazão média do gotejador e o coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação. Para isso, adotou-se o procedimento recomendado por Merriam & Keller (1978), citados por Cabello (1996), em que se escolhe uma subunidade e nela se selecionam quatro laterais: a primeira, a situada a 1/3 do início, a situada a 2/3 e a última. Em cada lateral, selecionam-se quatro emissores, o primeiro, o situado

a 1/3, o situado a 2/3 e o último. São coletadas vazões desses emissores e, a partir da equação 8, é calculado o coeficiente de uniformidade.

No caso do sistema de irrigação em questão, os tratamentos eram as subunidades. Como cada tratamento possuía quatro laterais, foram todas usadas no teste. Foram usadas apenas as laterais do tratamento T_{25%}, sendo empregados os gotejadores 1, 3, 7 e 24 de cada lateral.

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \dots\dots\dots(8)$$

em que:

CU = coeficiente de uniformidade de distribuição;

q₂₅ = média das 25% menores vazões coletadas (L.h⁻¹);

q_a = média das vazões coletadas (L.h⁻¹).

Foi determinado também o coeficiente de variação total (CVt) de vazão, conforme metodologia apresentada por Bralts & Kesner (1978), descrita por Cabello (1996). O coeficiente de variação total é a relação entre o desvio padrão das vazões e a vazão média, e indica como está a uniformidade da vazão na subunidade estudada. Cabello (1996) apresenta uma tabela classificando a uniformidade de acordo com o valor do CVt. Segundo essa tabela, o CVt estando acima de 0,4 a uniformidade é inaceitável, de 0,4 a 0,3 é baixa, de 0,3 a 0,2 é aceitável, de 0,2 a 0,1 é muito boa e de 0,1 a 0 é excelente.

3.4 Híbrido empregado e produção das mudas

Utilizou-se, neste experimento, o híbrido do tipo “cabeça única” Legacy (Figura 5), por apresentar boas características para o consumo “in natura” e para o processamento, como cabeças uniformes, redondas, bem verdes, firmes e fechadas, o que possibilita também o seu congelamento.

A fase de produção de mudas desenvolveu-se em um viveiro no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A semeadura foi efetuada no dia 15 de março de 2004, em bandejas de isopor de 128 células preenchidas com substrato comercial Plantmax[®] HT, com duas sementes por “célula”. Após uma semana efetuou-se o desbaste, mantendo apenas uma muda por “célula”.

O transplântio das mudas para os canteiros definitivos foi realizado no dia 12 de abril de 2004, quando as mudas apresentaram de cinco a seis folhas definitivas, correspondendo a 28 dias após a semeadura.

3.5 Condução do experimento

Após o transplântio das mudas para os sulcos definitivos, foram efetuadas irrigações diárias por um período de 14 dias utilizando-se a microaspersão, com microaspersor Naan Hadar 7110, bocal azul (1,4mm) que fornece uma vazão de 103 L.h⁻¹ a uma pressão de 20 m.c.a com espaçamento de 3,90 m entre linhas e 3,95 m entre microaspersor. Nesta condição, a intensidade de precipitação média calculada foi de 6,7 mm.h⁻¹. Este sistema foi utilizado com a finalidade de uniformizar a umidade do solo em todas as parcelas para favorecer o estabelecimento da cultura. Após este período, a irrigação foi feita por gotejamento.

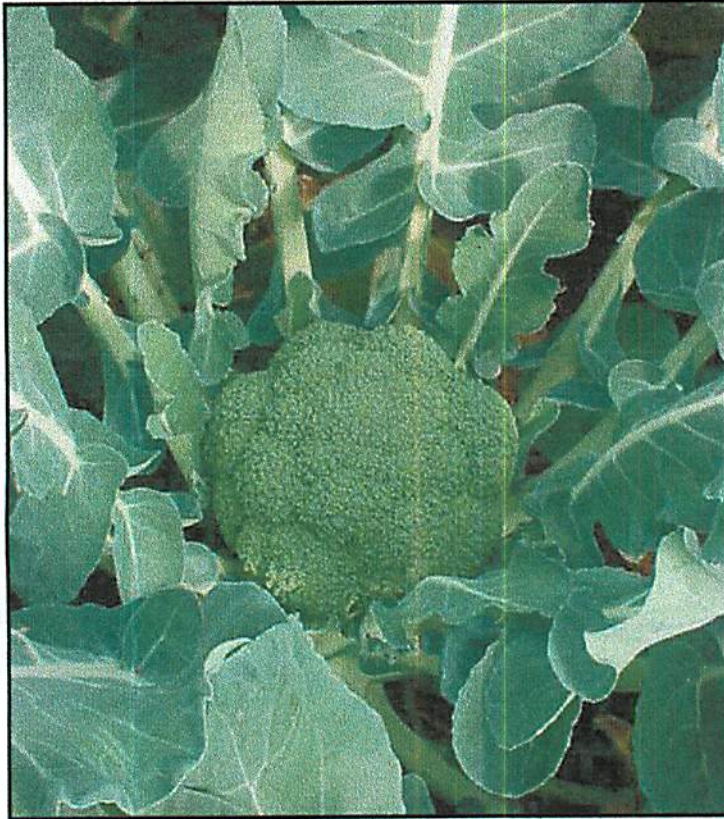


FIGURA 5 Aspecto do brócoli produzido no experimento utilizando o híbrido Legacy. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Desde o transplântio (12/04) até o início da diferenciação dos tratamentos (26/04) foram feitas irrigações diárias repondo-se a lâmina evaporada do tanque Classe A. As lâminas aplicadas podem ser observadas na Tabela 2.

TABELA 2 Lâminas aplicadas na cultura do brócoli desde o transplântio até o início da diferenciação dos tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Data	Lâmina aplicada (mm)
12/abr	4,33
13/abr	4,10
14/abr	3,50
15/abr	3,80
16/abr	3,45
17/abr	2,40
18/abr	2,93
19/abr	1,80
20/abr	2,95
21/abr	2,50
22/abr	2,30
23/abr	2,60
24/abr	2,20
25/abr	2,45
Total	41,31

3.6 Práticas culturais

3.6.1 Adubação

A adubação básica foi realizada dois dias antes do transplântio, sendo aplicadas quantidades com base na análise química do solo (Tabela 2) e de acordo com Gomes et al (1999). Foram aplicados 20 kg.ha⁻¹ de N sendo a uréia empregada como fonte desse elemento; 50 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ cuja fonte foi o superfosfato simples e 36 kg.ha⁻¹ de K₂O, sendo empregado como fonte o cloreto de potássio. Todos os nutrientes citados foram aplicados no sulco de plantio.

Foram aplicados os micronutrientes boro e molibdênio, muito exigido pela cultura do brócoli. O boro foi aplicado no sulco de plantio, sendo aplicados

30 kg.ha⁻¹, e realizadas três pulverizações foliares durante o ciclo da cultura com soluções de 0,25% de bórax e 0,15% de molibdato de sódio, segundo Filgueira (2000).

A adubação de cobertura foi feita via fertirrigação segundo as recomendações da 5ª aproximação (Gomes et al., 1999). O cloreto de potássio foi utilizado como fonte de potássio (600 kg.ha⁻¹ de KCl) e a uréia como fonte de nitrogênio (767 kg.ha⁻¹ de N). Para a aplicação dos fertilizantes durante a cobertura dividiu-se o ciclo do brócoli em três fases fenológicas.

3.6.2 Controle de plantas daninhas

Antes da sistematização do solo da casa de vegetação com a enxada rotativa para o preparo das parcelas, houve o crescimento de plantas daninhas, as quais foram eliminadas por meio de capina manual.

Durante a fase de experimentação, as plantas daninhas que eventualmente ocorriam foram eliminadas por meio de capinas manuais.

3.6.3 Controle fitossanitário

O controle de doenças foi feito preventivamente, de acordo com as condições de clima que pudessem ser favoráveis à ocorrência de um determinado patógeno. Com relação às pragas, o controle foi feito na medida em que se detectava a presença do inseto no nível crítico que justificasse a aplicação de defensivos.

3.6.4 Variáveis meteorológicas

Durante a condução do experimento foram registrados parâmetros meteorológicos por meio de uma estação agrometeorológica automática instalada no centro da casa de vegetação a uma altura de 1,5 m, que registrou diariamente a temperatura e umidade relativa do ar.

3.7 Variáveis analisadas

A colheita foi realizada quando as plantas completaram seu máximo desenvolvimento vegetativo, ou seja, quando as “cabeças” estavam bem formadas e compactas. As diferentes lâminas aplicadas ocasionaram uma diferenciação no ciclo da cultura, sendo o primeiro tratamento a ser colhido o T125%, o segundo o T100% e assim sucessivamente até o T25%. A colheita final ocorreu no dia 28 de junho, aos 78 dias após transplântio. A diferença entre o primeiro tratamento colhido e o último foi de 7 dias.

3.7.1 Massa fresca total e comercial

Após a retirada de todas as folhas e, no ponto em que a haste era única efetuou-se o corte, esta parte foi pesada em balança digital, obtendo-se assim a massa fresca total. Com o auxílio de uma faca, eliminou-se a haste principal e em seguida pesou-se a massa fresca restante em balança digital, obtendo-se a massa fresca comercial. Os dados foram expressos em kg, representados pela média de quatro plantas por parcela.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados gerais do experimento

4.1.1 Condições climáticas na casa de vegetação

Os dados relativos à temperatura máxima, média e mínima do ar e à umidade relativa máxima, média e mínima do ar, durante o período de aplicação dos tratamentos (abril a junho de 2004), são apresentados nas Figuras 6 e 7. Observa-se nessas figuras que a temperatura média do ar durante o período experimental foi de 22,3 °C, a média das temperaturas mínimas resultou em 13,3 °C e a média das temperaturas máximas em 32,3 °C.

Segundo Trevisan et al. (2003), períodos prolongados de temperatura acima de 25°C podem retardar a formação da cabeça em plantas que se encontram na fase de desenvolvimento vegetativo, enquanto que plantas com cabeças em formação podem reverter para crescimento vegetativo, reduzindo o tamanho das cabeças e causando o desenvolvimento de folhas ou brácteas nos pedúnculos florais. Björkmam & Pearson (1998) relatam que temperaturas acima de 30°C podem provocar deformação das cabeças, tomando de alto risco o cultivo dessa cultura nestas condições. A temperatura média do ar atingiu valor próximo dos valores citados por Ferreira (1983) para a obtenção de um ótimo crescimento vegetativo e reprodutivo do brócoli, que é a faixa de 15°C a 20°C, sendo a temperatura ótima poucos graus acima. Em relação à umidade relativa do ar (Figura 7) seu valor médio no período foi de 72,1 % , estando de acordo com a umidade relativa do ar ideal para um bom crescimento vegetativo, segundo Cultivo....(2001).

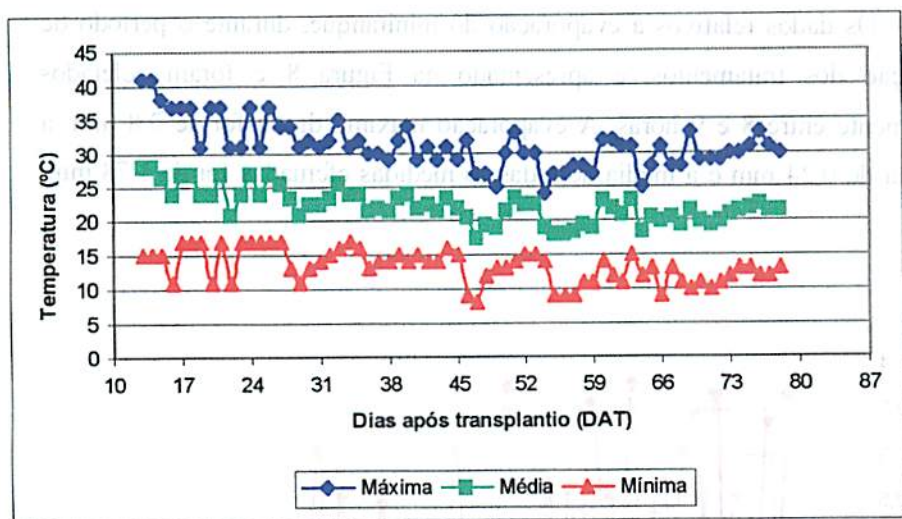


FIGURA 6 Temperatura do ar (°C) máxima, média e mínima ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

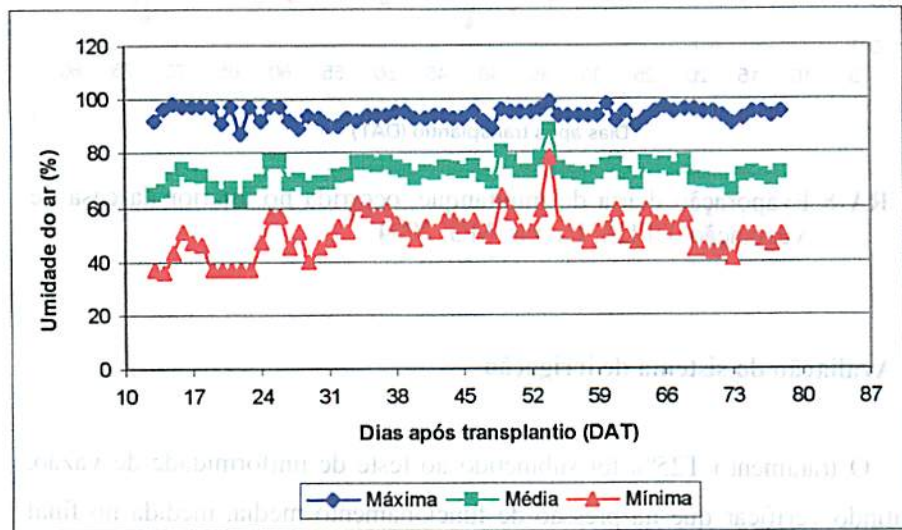


FIGURA 7 Umidade relativa do ar (%) máxima, média e mínima ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Os dados relativos à evaporação do minitanque, durante o período de aplicação dos tratamentos, é apresentado na Figura 8 e foram coletados diariamente entre 8 e 9 horas. A evaporação máxima diária foi de 3,8 mm, a mínima de 0,24 mm e a média de todas as medidas efetuadas foi de 1,78 mm. dia⁻¹.

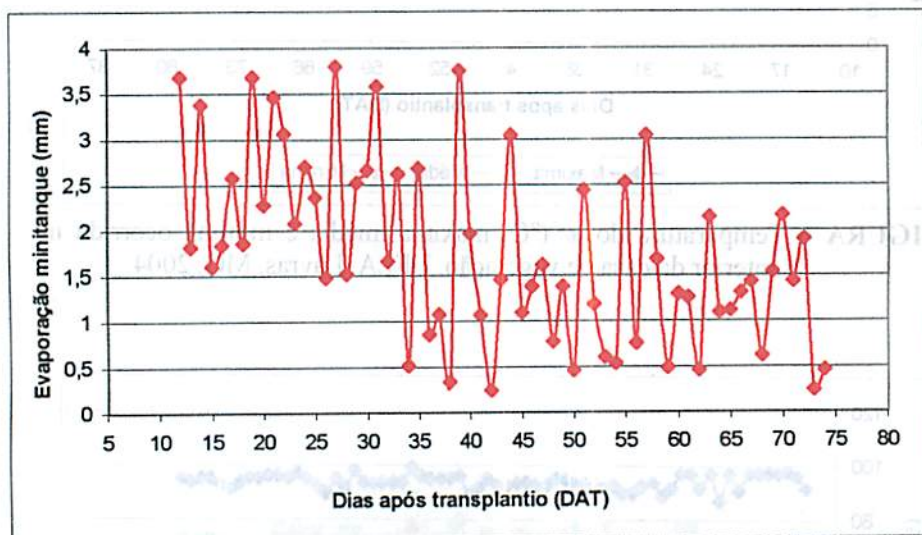


FIGURA 8 Evaporação diária do minitanque, ocorrida no interior da casa de vegetação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

4.1.2 Avaliação do sistema de irrigação

O tratamento T25% foi submetido ao teste de uniformidade de vazão, permitindo verificar que na pressão de funcionamento média, medida no final das laterais logo após o último emissor, cujo resultado foi de 20 mca, os gotejadores do sistema de irrigação forneceram uma vazão média de 2,0 L.h⁻¹ estando, portanto, de acordo com o valor indicado pelo fabricante. O coeficiente de uniformidade de distribuição de água encontrado foi de 97%, significando

que a água foi uniformemente distribuída nas parcelas em qualquer nível de irrigação, não se constituindo em uma fonte de variação adicional no ensaio, além da prevista pela aplicação dos diferentes coeficientes de evaporação atribuídos aos tratamentos.

Calculou-se também o coeficiente de variação total de vazão (CV_t). O valor encontrado foi de 0,03, indicando uma excelente uniformidade de vazão nos tratamentos. O CV_t é um dos parâmetros usados para diagnosticar problemas de uniformidade em campo (Cabello, 1996).

4.1.3 Lâminas de irrigação e tensão de água no solo

Visando o estabelecimento da cultura foram realizadas irrigações diárias, por meio de um sistema de microaspersão, até 14 dias após transplântio (DAT) totalizando 41 mm de lâmina aplicada em cada tratamento. Salienta-se que, nas lâminas de irrigação por tratamento não estão computados os 41 mm que foram aplicados durante a fase de estabelecimento da cultura. No entanto, essa lâmina adicional (41 mm) será considerada para o cálculo da eficiência do uso de água (EUA), discutida posteriormente.

Encontram-se na Figura 9 os valores das lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos obtidos a partir da adoção dos coeficientes 0,25 (T25%), 0,50 (T50%), 0,75 (T75%), 1,0 (T100%) e 1,25 (T125%) sobre a evaporação do minitanque.

No início da aplicação dos tratamentos, observa-se uma pequena diferenciação entre as lâminas de irrigação, essa diferença foi acentuando-se durante o experimento. No final do ciclo, aos 74 DAT, as lâminas totais aplicadas foram de 23, 45, 68, 91 e 113 mm nos tratamentos T25%, T50%, T75%, T100% e T125%, respectivamente. Verifica-se na Figura 9 que a lâmina aplicada no tratamento T125% foi, aproximadamente, cinco vezes superior à

lâmina aplicada no tratamento T25%, evidenciando ter ocorrido uma ampla variação no teor de umidade do solo para o desenvolvimento do brócoli.

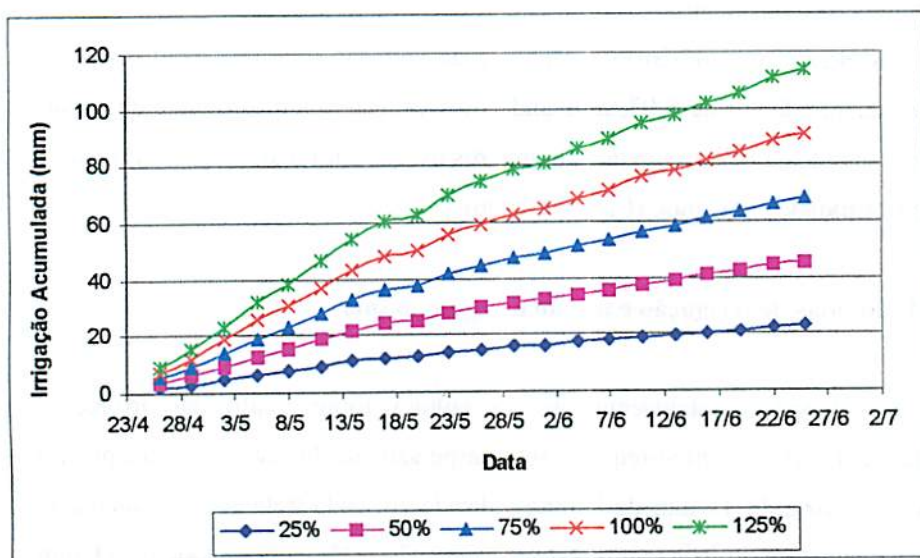


FIGURA 9 Lâmina de irrigação acumulada aplicada nos tratamentos 25%, 50%, 75%, 100% e 125% ao longo do ciclo do brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Na Tabela 3, são apresentados os valores, mínimos, máximos e médios da tensão de água no solo para cada tratamento, observados durante todo o período experimental, nas diferentes profundidades dos sensores de umidade do solo.

TABELA 3 Valores mínimos, máximos e médios da tensão (kPa) de água no solo em função dos níveis de irrigação. UFLA, Lavras MG, 2004.

Tratamentos	Prof. (m)	Mínimos (kPa)	Máximos (kPa)	Médios (kPa)
T25%	0,15	16,5	175,0	75,3
	0,30	17,0	151,0	65,6
	0,40	19,0	155,0	75,0
T50%	0,15	22,0	99,5	50,5
	0,30	18,5	92,5	39,7
	0,40	19,5	112,5	46,4
T75%	0,15	18,0	83,5	44,2
	0,30	18,0	88,0	39,3
	0,40	19,5	80,0	40,5
T100%	0,15	9,5	60,4	25,3
	0,30	10,5	63,5	25,2
	0,40	9,5	64,0	23,9
T125%	0,15	5,5	50,5	17,9
	0,30	8,4	48,9	20,1
	0,40	6,4	49,4	18,6

Observa-se que na profundidade de 0,15 m (região de maior concentração das raízes), os valores de tensão (mínima, máxima e média) diminuíram com a aplicação dos tratamentos T25% ao T125% (maior lâmina acumulada aplicada).

Os valores de tensão observados em uma dada profundidade aumentaram ao longo do experimento, pois, sendo o turno de rega adotado de 3 dias e com o aumento da demanda de água pelo brócoli ao longo das fases de crescimento e produção; o déficit hídrico no solo foi crescente.

Observa-se que para o nível de irrigação de 125% a tensão mínima ocorrida foi de 5,5 kPa, indicando que a umidade do solo ficou abaixo do teor correspondente à capacidade de campo, resultando provavelmente numa diminuição do arejamento do solo e lixiviação de nutrientes, prejudicando a produção do brócoli, conforme será visto mais adiante.

No nível de irrigação de 100% os valores de tensão de água no solo variaram entre 9,5 kPa e 60,4 kPa, faixa de tensão considerada adequada para a maioria das hortaliças (Silva & Marouelli, 1998), refletindo na maior produção do brócoli (Figuras 10 e 11). Porém, nos níveis de irrigação de 75%, 50% e 25%, os valores de tensão máxima foram altos, 83,5 kPa, 99,5 kPa e 175 kPa, respectivamente, ocasionando redução na produção da cultura (Figuras 10 e 11).

No entanto, a análise posterior do comportamento fisiológico e produtivo do brócoli, em função da aplicação dos níveis de irrigação, permitirá definir qual o valor adequado da tensão de água no solo.

4.2 Massa fresca total e comercial

Os níveis de irrigação empregados no experimento exerceram influência, a 5% de probabilidade, pelo teste F na matéria fresca total (MFT) e comercial (MFC) das plantas de brócoli (Tabela 4)

Observa-se pela Figura 10 e 11 a diferença da massa fresca comercial obtida pela aplicação dos tratamentos 25; 50; 75; 100 e 125% da evaporação do minitanque.

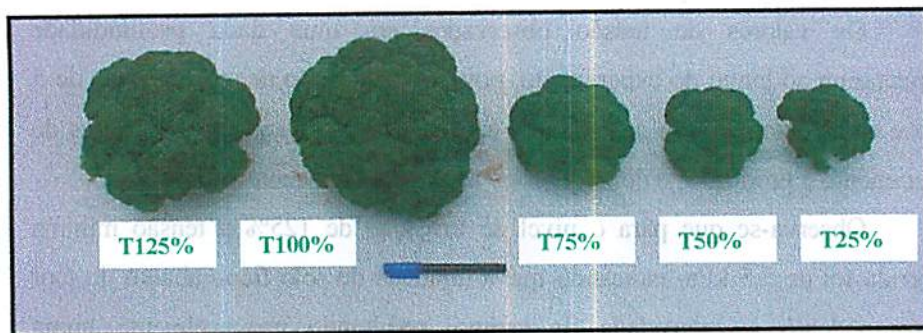


FIGURA 10 Massa fresca comercial de plantas de brócoli, dos tratamentos 25; 50; 75; 100 e 125% da evaporação do minitanque. UFLA, Lavras MG, 2004.

TABELA 4 Resumo da análise de variância e de regressão para massa fresca total (MFT; kg) e comercial (MFC; kg) de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Fonte de Variação	G.L.	Q.M.	
		MFT	MFC
Tratamentos	4	0,0466*	0,0415*
Blocos	3	0,0161 ^{ns}	0,0122 ^{ns}
Resíduo	12	0,0127	0,0112
Média	-	0,5219	0,4652
C.V. (%)	-	21,62	22,7
Linear	1	0,0875*	0,1007*
Quadrática	1	0,0416 ^{ns}	0,0256 ^{ns}
Cúbica	1	0,0501 ^{ns}	0,3564 ^{ns}
Desvios	1	0,0063 ^{ns}	0,0069 ^{ns}
Resíduo	12	0,0127	0,0112

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

^{ns} não significativo

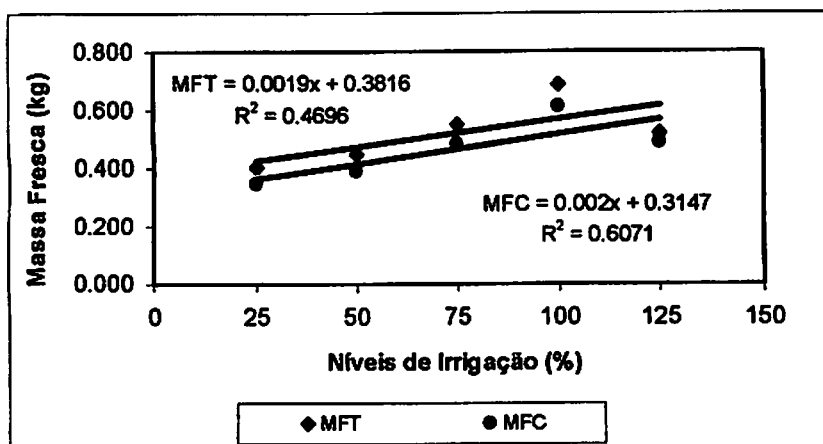


FIGURA 11 Massa fresca total (MFT) e comercial (MFC) de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

A massa fresca total e comercial apresentaram resposta linear crescente para os diferentes níveis de irrigação aplicados, a 5% de probabilidade (Figura 11). De acordo com a equação de regressão apresentada na Figura 11,

verificamos que a maior massa fresca obtida foi com a aplicação do nível de irrigação de 125%, mas analisando os resultados observados nesta figura verificamos que o nível de irrigação 125% promoveu um decréscimo na massa fresca total e comercial de plantas de brócoli. A umidade do solo neste tratamento ficou abaixo do teor correspondente à capacidade de campo (Tabela 3), resultando provavelmente numa diminuição do arejamento do solo. Para comprovar este comportamento seria necessária a aplicação de um nível de irrigação superior a 125% da evaporação do minitank ou talvez se tivéssemos mais uma repetição (maior grau de liberdade do resíduo) a regressão quadrática poderia apresentar efeito significativo. Os maiores valores observados de massa fresca total e comercial foram obtidos pelo nível de irrigação de 100% da evaporação do minitank, sendo 686 g e 611 g, respectivamente. Analisando ainda esta figura, verificamos que o menor valor de massa obtido foi resultante da aplicação do nível 25% da evaporação do minitank, evidenciando, portanto, a importância do fornecimento da água para a cultura.

Trevisan et al. (2003), estudando o rendimento de cultivares de brócoli na região central do Rio Grande do Sul, obteve para as cultivares “Baron” e “Hana Midori”, pesos médios de 430 e 359 g, não diferenciando estatisticamente entre si, mas foram estatisticamente maiores que as demais cultivares estudadas.

Pereira et al., 1999, obteve comportamento semelhante para a cultura do rabanete. Ele encontrou resposta linear para a massa fresca total, e observou que o maior peso (16,7 g) ocorreu mantendo-se a água disponível (A.D.) em 100% e o menor (12,3 g), para o nível de reposição quando tivesse sido consumido pela cultura 60% da A.D. Com relação às diferentes frequências de irrigação testadas (uma e duas irrigações por dia), não houve efeito significativo para a massa fresca total.

4.3 Diâmetro médio da cabeça

A regressão linear pode ser usada para explicar as variações ocorridas com o diâmetro médio da cabeça de brócoli em função dos diferentes níveis de irrigação (Tabela 5). A análise de variância não mostrou efeito significativo para o diâmetro médio da cabeça. O desdobramento da soma de quadrados de tratamentos na análise de variância em diferentes efeitos de regressão, ao se tratar de níveis quantitativos, às vezes pode detectar diferenças significativas (Gomes, 2000).

TABELA 5 Resumo da análise de variância e de regressão para diâmetro médio da cabeça (DMC; cm) de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Fonte de variação	G.L	Q.M
		DMC
Tratamentos	4	7,0133 ^{ns}
Blocos	3	1,5646 ^{ns}
Resíduo	12	2,4918
Média	-	15,971
C.V(%)	-	9,89
Linear	1	20,5736 ^{**}
Quadrática	1	2,8175 ^{ns}
Cúbica	1	4,5152 ^{ns}
Desvios	1	0,1471 ^{ns}
Resíduo	12	2,4918

**** e *** significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente
^{ns} não significativo

Provavelmente, os níveis de irrigação alteraram a absorção de nitrogênio, pois a formação da cabeça é influenciada pela disponibilidade de nitrogênio, tanto o excesso quanto a falta desse nutriente tem implicações negativas na sua formação (Nogueira et al. 1983).

Observa-se na Figura 12 que 73,34% das variações ocorridas nessa variável em função dos níveis de irrigação são explicadas pela regressão linear, e

que para um aumento de um por cento no nível de irrigação, há um aumento de 0,0287 cm no diâmetro da cabeça de brócoli, sendo o nível que proporcionou o maior diâmetro (17,7 cm) foi o de 100% da evaporação do minitanque.

O diâmetro médio da cabeça é correlacionado negativamente com o teor de massa seca da parte comercial, ou seja, o aumento de uma implica na diminuição da outra (Tabela 2A). Ressaltando-se que a correlação é uma ferramenta estatística que permite medir o grau de associação entre duas variáveis. Tratamentos com maior diâmetro de cabeça, dentro de certos limites, deveriam apresentar maior quantidade de massa seca, o que não ocorreu. No entanto, o que se apresentou foi uma relação inversa, ou seja, quanto maior o diâmetro da cabeça menor a sua quantidade de massa seca.

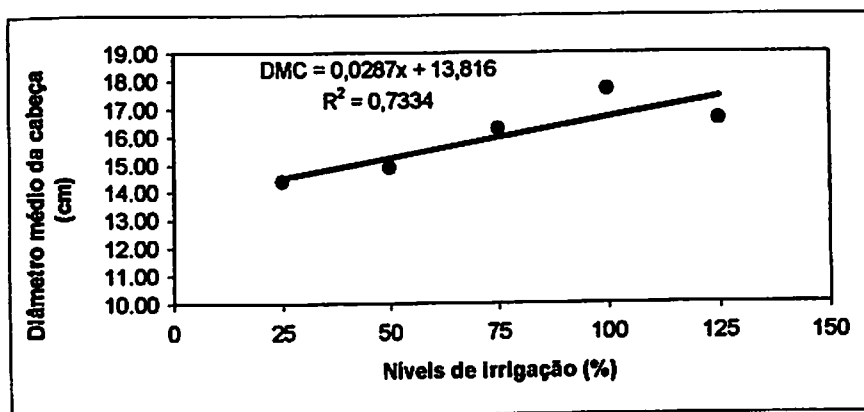


FIGURA 12 Diâmetro médio da cabeça de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Cisneros & Tobias (2003), em trabalho realizado com o brócoli cv. Marathom obtiveram para o diâmetro médio de cabeça valores entre 10 a 14 cm, utilizando a irrigação a cada três dias e aplicando 450 kg.ha⁻¹ de N via fertirrigação, valores bem inferiores aos encontrados neste trabalho. Vale ressaltar que não se podem fazer comparações, pois os experimentos foram conduzidos em locais, condições ambientais e objetivos diferentes.

4.4 Teor de massa seca da parte comercial

Como pode ser observado na Tabela 2A (Anexos), o teor de massa seca da parte comercial é correlacionada negativamente com quase todas as variáveis estudadas, como: produtividade total e comercial, massa fresca total e comercial e diâmetro médio da cabeça, exceção para eficiência no uso da água.

Os níveis de irrigação influenciaram o teor de massa seca da parte comercial do brócoli, a 1% de significância. Essa influência é explicada por meio de uma regressão linear decrescente, a 1% de significância. Para essa variável, o delineamento em blocos ao acaso, a 5% de probabilidade mostrou-se eficiente, justificando o controle local (Tabela 6).

Verifica-se pela Figura 13 que o aumento dos níveis de irrigação reduziu o TMSPC. O nível de irrigação que proporcionou o maior TMSPC foi o T25% resultando no valor de 8,65%. Ainda pela Figura 13, nota-se que para o aumento de um por cento nos níveis de irrigação, tem-se uma redução de 0,0167 % no TMSPC.

Segundo Andrade Júnior (1994), as plantas tendo maior disponibilidade de água, acumulam maior teor de água nos seus tecidos, diluindo a massa seca. Esse autor obteve resultados semelhantes aos aqui apresentados para teor de massa seca, para as plantas de alface, em que o teor de massa seca da parte aérea reduziu com o aumento das lâminas aplicadas com base nas frações da evaporação do tanque Classe A, ou seja, a elevação dos níveis de irrigação contribui para aumentar o teor de água na planta.

TABELA 6 Resumo da análise de variância e de regressão para teor de massa seca da parte comercial (TMSPC; %) de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Q.M
		TMSPC
Tratamentos	4	2,1255**
Blocos	3	0,7034*
Resíduo	12	0,2134
Média	-	7,5002
C.V. (%)	-	6,16
Linear	1	6,9505**
Desvios de regressão	3	0,5171 ^{ns}
Resíduos	12	0,2134

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente
^{ns} não significativo

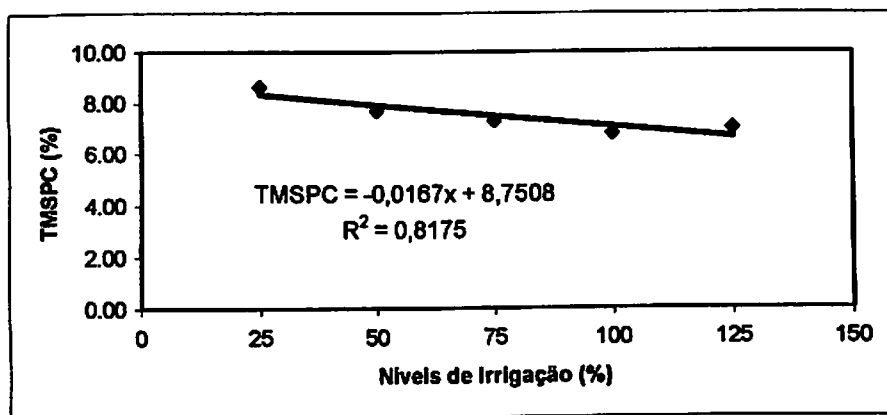


FIGURA 13 Teor de massa seca da parte comercial de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Santos (2002), estudando diferentes tensões de água no solo em ambiente protegido na cultura da alface americana, obteve para o teor de matéria seca da parte comercial resposta linear crescente para o aumento das tensões de água no solo, ou seja, quanto mais seco estava o solo (menor lâmina aplicada),

maior era TMSPC, resultados também semelhantes aos obtidos no presente experimento com a cultura do brócoli.

Cisnero & Tobias (2003), em experimento realizado na cultura do brócoli utilizando a irrigação por gotejamento, observaram que não houve efeito significativo para a massa seca utilizando três frequências de irrigação (diário, a cada três dias e semanal).

4.5 Produtividade total e comercial

As produtividades totais e comerciais foram significativamente influenciadas pelos diferentes níveis de irrigação baseados na evaporação do minitanque (Tabela 7). As variações ocorridas são explicadas por regressão linear crescente em ambas e significativas a 1% de probabilidade.

O comportamento da produtividade é semelhante ao apresentado pela massa fresca, isto é, aumenta linearmente com o aumento dos níveis de irrigação (Figura 14), não poderia ser diferente, uma vez que existe uma correlação direta entre esses dois componentes de produção (Tabela 2A).

Observa-se, pela equação apresentada nesta figura, que para um aumento de um por cento no nível de irrigação, há um aumento tanto na produtividade total quanto comercial de 58,42 e 62,79 kg.ha⁻¹, respectivamente. O nível de irrigação de 100% da evaporação do minitanque foi o que promoveu maior produtividade comercial e total, sendo 19.107 kg.ha⁻¹ e 21.435 kg.ha⁻¹, respectivamente.

TABELA 7 Resumo da análise de variância e de regressão para produtividade total (kg.ha⁻¹) e comercial (kg.ha⁻¹) de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	
		Produt. Total	Produt. Com.
Tratamentos	4	45438446,13*	40563235,52*
Blocos	3	15784301,68 ^{ns}	11998066,01 ^{ns}
Resíduo	12	12424098,34	10899837,44
Média	-	16303,12	14536,33
C.V. (%)	-	21,62	22,71
Linear	1	85327881,12*	98586175,17*
Quadrática	1	40688756,53 ^{ns}	250478870,04 ^{ns}
Cúbica	1	49593198,86 ^{ns}	34805570,14 ^{ns}
Desvios	1	6143948,01 ^{ns}	3812326,72 ^{ns}
Resíduo	12	12424098,34	10899837,44

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente
^{ns} não significativo

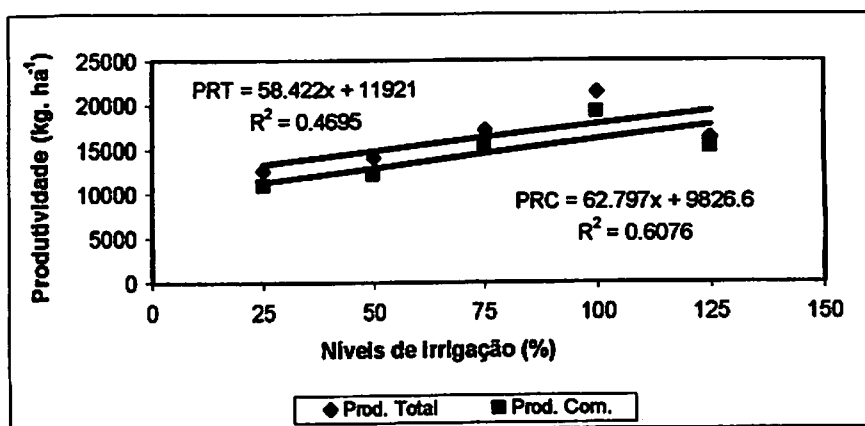


FIGURA 14 Produtividade total (PRT) e comercial (PRC) de plantas de brócoli em função dos níveis de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Observa-se, ainda pela Figura 14, que o tratamento T125% provocou uma redução na produtividade das plantas de brócoli. Este fato deve ter ocorrido em função dos elevados teores de água no solo (Tabela 3), reduzindo-se assim o

arejamento adequado na região de maior concentração das raízes, bem como a lixiviação de nutrientes, conforme já discutido anteriormente.

Cisneros & Tobias (2003), estudando três freqüências de irrigação (diária, a cada três dias e semanalmente) e a fertirrigação na cultura do brócoli, não encontraram diferença estatística entre irrigar diariamente e a cada três dias, mas quando a irrigação era semanalmente a produtividade diminui significativamente. Os valores encontrados por estes autores foram 15,7; 16,6 e 14,2 t.ha⁻¹, respectivamente. Já Perniola et al. (1993) verificaram para as cultivares Orion e Gran Vert, produtividades de 16,2 e 16,9 t.ha⁻¹, respectivamente. A produtividade comercial máxima verificada no presente trabalho foi de 19,1 t.ha⁻¹ (Figura 14), valor superior ao encontrado no trabalho acima citado. Porém, é importante ressaltar que não se devem fazer comparações, pois os experimentos foram desenvolvidos em condições ambientais diferentes e com objetivos diferentes.

Melo & Giordano (1995) avaliaram em Brasília híbridos comerciais e experimentais de brócolis e obtiveram para os mais produtivos, rendimentos de 9,4 a 13,0 t.ha⁻¹. Babik & Elkner (2002) encontram para a cultivar Marathon, produtividade máxima de 22,6 t.ha⁻¹ para o tratamento irrigado e com a aplicação de 600 kg.ha⁻¹ de N.

Relacionando-se os valores de tensão de água no solo durante todo o ciclo da cultura do brócoli mantidos com a aplicação dos níveis de irrigação, verifica-se que a obtenção da massa fresca e produtividade máxima foram conseguidas com a aplicação do nível de 100% da evaporação do minitanque, correspondente a uma tensão máxima de 60,4 kPa e uma tensão média durante o seu ciclo de desenvolvimento de 25,3 kPa (Tabela 3).

O valor máximo da tensão de água no solo obtido (60,4 kPa) está dentro da faixa recomendada na literatura de 40 a 70 kPa, considerado adequado para a

obtenção da produtividade máxima da cultura do brócoli (Silva & Marouelli, 1998).

4.6 Eficiência no uso da água

O consumo de água pela cultura é muito importante para o planejamento da irrigação, principalmente levando-se em conta lugares onde este recurso é um fator limitante. É importante saber se a água aplicada está sendo utilizado pela planta, caso contrário, o fornecimento a mais de água estará sendo desnecessário, somente aumentando os custos da produção, quando se leva em consideração o custo da água no processo produtivo (Marques, 2003). A eficiência do uso da água relaciona a produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) com a quantidade de água aplicada (mm). Para esta análise, a lâmina de 41 mm aplicada para o pegamento das mudas foi adicionada às lâminas aplicadas aos tratamentos.

Pode-se observar na Tabela 8 que a análise de variância não detectou efeito significativo para a eficiência no uso da água. Mas quando realizamos o desdobramento da soma de quadrados, a eficiência no uso da água foi significativamente afetada pelos níveis de irrigação a 5% de probabilidade.

A eficiência do uso da água (EUA) apresentou correlação linear decrescente, com os níveis de irrigação aplicados (Figura 15). Observa-se que o nível de irrigação que promoveu a maior produção não foi o mesmo que possibilitou a maior eficiência do uso da água. Apesar do nível de 100% da evaporação do minitanque ter proporcionado a maior produtividade, a máxima eficiência do uso da água ocorreu com a aplicação do nível 25% da evaporação do minitanque.

TABELA 8 Resumo da análise de variância e de regressão para a eficiência no uso da água (EUA) de plantas de brócoli. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.
		EUA
Tratamentos	4	2577,7331 ^{ns}
Blocos	3	1752,5461 ^{ns}
Resíduo	12	1102,3614
Média	-	139,09
C.V. (%)	-	23,87
Linear	1	7707,6751*
Quadrática	1	209,0887 ^{ns}
Cúbica	1	2285,1159 ^{ns}
Desvios	1	109,0527 ^{ns}
Resíduo	12	1102,3614

** e * significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente

^{ns} não significativo

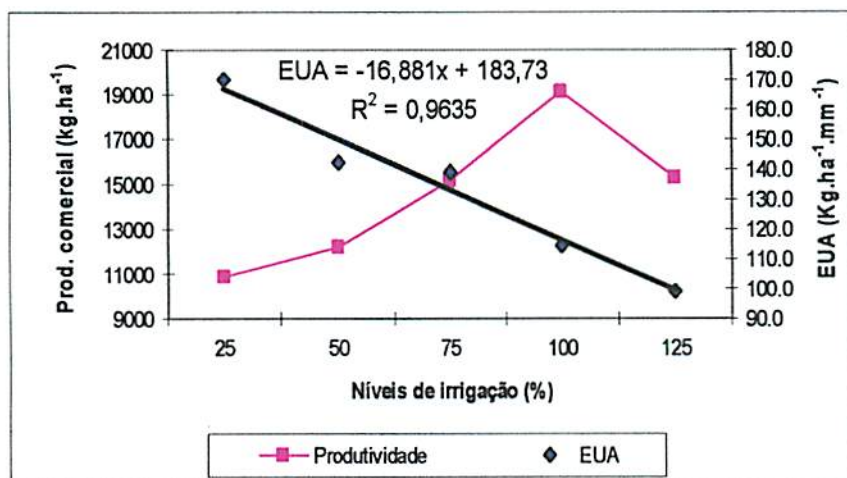


FIGURA 15 Produtividade comercial (kg.ha⁻¹) e eficiência do uso de água (EUA; kg.ha⁻¹.mm⁻¹) de plantas de brócoli, sob influência de diferentes níveis de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

A análise conjunta das curvas de eficiência do uso de água e produtividade (Figura 15) permite concluir que o nível de irrigação 75% da evaporação do minitanque foi o que possibilitou a maior produtividade ($17.119 \text{ kg.ha}^{-1}$) com a máxima economia de água. É aconselhável realizar uma análise econômica criteriosa, a partir do nível de 75% da evaporação do minitanque, para verificar se compensa a obtenção de uma maior produtividade com a aplicação de um nível de água mais elevado.

5.0 CONCLUSÕES

Diante das condições em que o experimento foi desenvolvido e dos resultados obtidos para a cultura do brócoli, pode-se concluir que:

- o manejo da água de irrigação utilizando o minitanque proporcionou uma boa estimativa do consumo hídrico do brócoli em ambiente protegido;
- a máxima produtividade alcançada com a utilização da melhor eficiência do uso da água pela cultura do brócoli foi obtida com a aplicação do nível de 75% da evaporação do minitanque;
- o teor de massa seca da parte comercial e a eficiência do uso da água apresentaram resposta linear decrescentes com o acréscimo dos níveis de irrigação aplicados;
- para a obtenção de maior produtividade (total e comercial), plantas com maiores diâmetro de cabeça, com maior massa fresca total e comercial, deve-se utilizar o nível de irrigação de 100% da evaporação do minitanque, correspondendo a uma tensão máxima de água no solo de 60 kPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. Manejo da irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) através do tanque classe A. 1994. 104 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

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

x BABIK, I.; ELKNER, K. The effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and quality of broccoli. Acta Horticulturae, Poland, n. 571, p. 33-43, 2002.

BERGAMASCHI, H.; BERTOLATO, A. M.; MATZENAUER, R.; FONTANA, D. C.; CUNHA, R. G.; SANTOS, M. L. do; FARIAS, J. R. B.; BARNI, N. A. Agrometeorologia aplicada à irrigação. Porto Alegre: Ed. Universidade-UFRGS, 1992. 125 p.

BJÖRKMAN, T.; PEARSON, K. J. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var *italica* L.). Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 49, n. 318, p. 101-106, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais Climatológicas. 1961-1990. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84 p.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 251-255, 2002.

CABELLO, F. P. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión, exudación. 3. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 511 p.

CARRIJO, O. A.; OLIVEIRA, C. A. da S. Irrigação de hortaliça em solos cultivados sob proteção de plástico. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 19 p.

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.

CARVALHO, L. G. de; SAMPAIO, S. C.; SILVA, A. M. da. Determinação da umidade na capacidade de campo in situ de um Latossolo Roxo Distrófico. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 1-97, dez. 1996.

CISNERO, M. A. V.; TOBIAS, J. G. D. de Leon. Riego por goteo y fertirrigación del brocoli. V Seminario Internacional, Tecnología de Producción de Las Crucíferas, México, 2003. 12 p. Disponível em: <www.inifap-gto.net/_private/evcn.htm>. Acesso em: 06 jul. 2004.

CONJUNTURAL de produtos por agência. Ceagesp. Boletim Mensal. São Paulo. jan/dez. 2001.

CULTIVO de brócoli. Colômbia: Ingeniería Agrícola, 2001. 5 p. Disponível em: <<http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/brocoli.htm>>. Acesso em: 09 set. 2003.

CULTIVO del brócoli: infoagro.com, 2002b. 13 p. Disponível em: <<http://www.infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>>. Acesso em: 11 set. 2003.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Las necesidades de água de los cultivos. Roma: FAO, 1977. 194 p.

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

EVANGELISTA, A. W. P. Avaliação de métodos de determinação da evapotranspiração, no interior de casa de vegetação, em Lavras-MG. 1999. 79 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERNANDES, A. L. T.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, A. R. Estimativa da evapotranspiração da cultura do crisântemo cultivado em estufa a partir de 10 métodos empíricos. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 1997. p. 677-6679.

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.

* FERREIRA, F. A. Efeito do clima sobre as brássicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 98, p. 12-14, 1983.

FILGUEIRA, F. A. R. Brassicáceas: couves e outras culturas. In: **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v. 2, cap. 2, p. 54-55.

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

* GIORDANO, L. de B. Melhoramento de brássicas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 98, p. 16-20, 1983.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 477 p.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C. da; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: **COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. p. 99-110.

GOTO, R. **Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica**. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, p. 163-165, 1997.

GOTO, R.; COSTA, P. C. Cultivo de hortaliças de flores em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 69-71, set./dez. 1999.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolo. In: FERREIRA, M. E.; CASTELNE, P. D.; CRUZ, M. C. P. da. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 149-178.

KLAR, A. E. Uso de tanques e fórmulas climáticas em irrigação. In: **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação de água**. São Paulo: Nobel, 1991. p. 95-127.

MARQUES, D. C. **Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água.** 2003. 55 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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.

MEDEIROS, J. F. de; PEREIRA, F. A. de C.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A. **Comparação entre a evaporação em tanque Classe A padrão e em minitanque, instalados em estufa e estação meteorológica.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBO, 1998. p. 228-230.

MELO, P. E. de; GIORDANO, L. de B. **Características agronômicas e para processamento de híbridos comerciais e experimentais de couve-brócolos de cabeça única.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 35., 1995, Foz do Iguaçu, PR. *Horticultura Brasileira...* Brasília: SOB, 1995. v. 13, n. 1, p. 95.

MELO, P. E. de; GIORDANO, L. de B. **“Ramoso de Brasília”: nova cultivar de couve-brócolos.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 17, v. 2, p. 172-173, jul. 1999.

NOGUEIRA, F. D.; FAQUIN, V.; PAULA, M. B. de. **Solos, calagem e adubação para brássicas.** *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 9, p. 21-26, 1983.

OLIVEIRA, M. R. V. **O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1049-1060, ago. 1995.

PEREIRA, A. P.; BLANK, A. F.; SOUZA, R. J. de; OLIVEIRA, P. M.; LIMA, L. A. **Efeito dos níveis de reposição e frequência de irrigação sobre a produção e qualidade do rabanete.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 117-120, 1999.

PERNIOLA, P.; RIVELLI, A. R.; TARANTINO, E. **Morpho-Physiological response of two broccoli cultivars to different irrigation regimes.** *Acta Horticulturæ*, Italy, n. 335, p. 265-270, 1993.

SANTOS, D. S. dos. **Efeito da tensão de água no solo, na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.), utilizando sistema de irrigação localizado.** 2002. 60 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SANTOS, H. S. **Comportamento fisiológico de hortaliças em ambiente protegido.** In: ENCONTRO DE HORTALIÇAS, 9.; ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 6., 1994, Maringá. Anais... Maringá, 1994. p. 22-24.

SANTOS, S. R. dos. **Alface americana cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo.** 2002. 79 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, G. **Brócolis: o primo rico.** *Globo Rural*, n.1 43, 1997.

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. *Simpósio... Poços de Caldas: UFLA/SBEA*, 1998. p. 311-348.

SOBRINHO, T. A.; NETO, A. L. **Desenvolvimento e calibração de um minievaporímetro para manejo da irrigação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas-RS. CD-ROM.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinante arte de cultivar com os plásticos.** 5. ed. Guaíba: Agropecuária, 1995. 342 p.

TOLEDO, L. R. **Opção pelo frio.** *Globo Rural*, Jaguaré, ano 16, n.187, p. 72-75, 2001.

TREVISAN, J. N.; MARTINS, G. A.; LÚCIO A. D.; CASTAMAN C.; MARION, R. R.; TREVISAN, B. G. **Rendimento de cultivares de Brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 233-239, mar./abr. 2003.

VAN GENUCHTEN, M. Th. **A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils.** *Soil Science Society American Journal*, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

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

WAISTER, P. D.; HUDSON, J. P. Effects of soil moisture regimes on leaf water deficit, transpiration and yield of tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 45, p. 359-370, 1970.

YUAN, B.; KANG, Y.; NISHIYAMA, S. Drip irrigation scheduling for tomatoes in unheated greenhouses. **Irrigation Science**, New York, v. 20, p. 149-154, 2001.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A Valores de lâminas de água aplicadas (mm) ao longo do ciclo da cultura do brócolis. UFLA, Lavras, MG, 2004.....	58
TABELA 2A Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas do brócolis, sob diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG.....	59

TABELA 1A Valores de lâminas de água aplicadas (mm) ao longo do ciclo da cultura do brócolis. UFLA, Lavras, MG, 2004.

Dia da Irrigação	Lâmina Bruta Aplicada (mm)				
	Tratamentos				
	25%	50%	75%	100%	125%
26/abr	1,79	3,58	5,37	7,16	8,95
29/abr	1,26	2,52	3,78	5,04	6,30
02/mai	1,59	3,17	4,76	6,34	7,93
05/mai	1,75	3,50	5,25	6,99	8,74
08/mai	1,32	2,64	3,96	5,29	6,61
11/mai	1,59	3,17	4,76	6,34	7,93
14/mai	1,61	3,21	4,82	6,42	8,03
17/mai	1,18	2,36	3,54	4,72	5,90
20/mai	0,47	0,94	1,40	1,87	2,34
23/mai	1,38	2,77	4,15	5,53	6,91
26/mai	0,96	1,91	2,87	3,82	4,78
29/mai	0,83	1,67	2,50	3,33	4,17
01/jun	0,53	1,06	1,59	2,11	2,64
04/jun	0,85	1,71	2,56	3,42	4,27
07/jun	0,77	1,55	2,32	3,09	3,86
10/jun	1,06	2,11	3,17	4,23	5,29
13/jun	0,61	1,22	1,83	2,44	3,05
16/jun	0,89	1,79	2,68	3,58	4,47
19/jun	0,69	1,38	2,07	2,77	3,46
22/jun	1,04	2,07	3,11	4,15	5,16
25/jun	0,58	1,06	1,59	2,11	2,64

TABELA 2A - Estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas do brócoli, sob diferentes lâminas de irrigação. UFLA, Lavras, MG, 2004.

	MFT	MFC	DMC	TMSPC	PRT	PRC	EUA
MFC	0,993**						
DMC	0,947**	0,958**					
TMSPC	-0,741**	-0,759**	-0,728**				
PRT	1,00**	0,993**	0,946**	-0,741**			
PRC	0,993**	1,00**	0,958**	-0,759**	0,993**		
EUA	0,449 ^{ns}	0,385 ^{ns}	0,322 ^{ns}	-0,004 ^{ns}	0,449 ^{ns}	0,385 ^{ns}	

** e * significativo a 1% e 5%, respectivamente.

^{ns} não significativo

MFT = matéria fresca total (kg); MFC = matéria fresca comercial (kg); DMC = diâmetro médio da cabeça (cm); TMSPC = teor de matéria seca da parte comercial (%); PRT = produtividade total (kg.ha⁻¹); PRC = produtividade comercial (kg.ha⁻¹), EUA = eficiência no uso da água (kg.ha⁻¹.mm⁻¹).