

REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA

**PRODUÇÃO DAS CULTURAS DO BRÓCOLIS E DA COUVE-FLOR COM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O48p
2015

Oliveira, Reginaldo Miranda de, 1981-
Produção das culturas do brócolis e da couve-flor com
diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio / Reginaldo
Miranda de Oliveira. – Viçosa, MG, 2015.
vii, 74f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Rubens Alves de Oliveira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Irrigação agrícola. 2. Plantas - Teor de nitrogênio.
3. Plantas e solo. 4. *Brassicaceae*. 5. Couve-flor. 6. Brócolo.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Agrícola. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola.
II. Título.

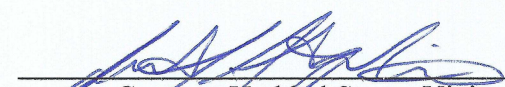
CDD 22. ed. 631.7

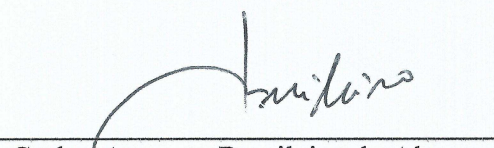
REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA

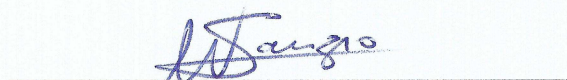
**PRODUÇÃO DAS CULTURAS DO BRÓCOLIS E DA COUVE-FLOR COM
DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO**

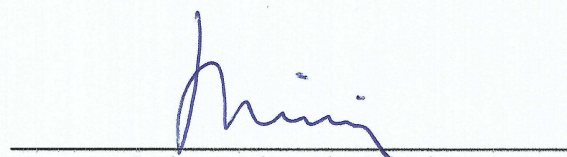
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de fevereiro de 2015.


Gustavo Haddad Souza Vieira


Carlos Augusto Brasileiro de Alencar


Sanzio Mollica Vidigal
(Coorientador)


Rubens Alves de Oliveira
(Orientador)

Aos meus pais LEÔNCIO e IRACILDA

... a quem **DEDICO** e **OFEREÇO**, com muita satisfação, esta realização.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida.

À minha família, pelo carinho, dedicação, confiança, conselhos e apoio infinito.

Aos meus irmãos, Ednaldo, Leonardo e Leandro, pela torcida.

À minha namorada Margareth, pela dedicação, paciência e apoio incondicional.

Ao meu avô Pedro e à minha avó Palmerinda, pelos ensinamentos, incentivo, dedicação e apoio incondicional.

Aos meus tios Genilton e Janeth, Edimilson e Eliane, pelo lar que me concederam e por me acolherem como filho; e aos meus primos Lucas e Gabriel, e minhas primas Bárbara e Bruna, por me receberem como irmão.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Rubens Alves de Oliveira, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela amizade, confiança e orientação.

Aos professores conselheiros Paulo Roberto Cecon, Sanzio Mollica Vidigal pela atenção, colaboração, assistência e esclarecimentos durante o trabalho.

Ao professor Everardo Chartuni Mantovani pelos conselhos e por sempre estar disposto a me ajudar.

Ao meu amigo Roberto Milagres, pela grande amizade e pela contribuição profissional.

Ao David, pela ajuda e pelos esclarecimentos durante o experimento de campo.

Aos estudantes da Pós-Graduação Luan, Júlio, Fábio e Enoque.

Às estagiárias Lorença Barroso e Heloisa, pelo companheirismo, responsabilidade e valiosa ajuda em campo.

A todos os meus amigos do Departamento de Engenharia Agrícola, por, de alguma forma, terem contribuído para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA, filho de Leôncio Bento de Oliveira e Iracilda Miranda de Oliveira, nasceu em Mantena, MG, em 24 de dezembro de 1981.

Em março de 2006, ingressou no Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em novembro de 2012. Durante a graduação, foi bolsista de extensão por dois anos consecutivos, pelo Programa PIBEX.

Em novembro de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola da UFV, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais.

Sumário

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
CAPÍTULO 1.....	5
RESUMO	6
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1. Local e caracterização do experimento	14
2.2. Preparo do solo e adubação	15
2.3. Instalação do experimento e manejo da cultura.....	16
2.4. Sistema de irrigação	18
2.5. Manejo da irrigação	19
2.6. Análise estatística	21
2.7. Análise de produção	21
2.7.1. Massa fresca total das inflorescências	22
2.7.2. Produtividade total das inflorescências	22
2.7.3. Número de folhas.....	22
2.7.4. Diâmetro médio e altura da inflorescência	22
2.7.5. Massa fresca total do caule e das folhas	23
2.7.6. Percentagem de matéria seca do caule, folhas e inflorescência.....	23
2.7.7. Massa seca total do caule, folhas e inflorescência.....	23
2.7.8. Teor de nitrogênio no caule, nas folhas e nas inflorescências.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4. CONCLUSÃO	36
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
CAPÍTULO 2.....	40
RESUMO	41
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO.....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
2.1. Local e caracterização do experimento	49
2.2. Preparo do solo e adubação.....	50
2.3. Instalação do experimento e manejo da cultura.....	51
2.4. Sistema de irrigação	53
2.5. Manejo da irrigação	54

2.6. Análise estatística	56
2.7. Análise de produção	56
2.7.1. Massa fresca total das inflorescências	56
2.7.2. Produtividade total das inflorescências	57
2.7.3. Número de folhas.....	57
2.7.4. Diâmetro médio e altura da inflorescência	57
2.7.5. Massa fresca total do caule e das folhas	57
2.7.6. Percentagem de matéria seca no caule, nas folhas e na inflorescência	58
2.7.7. Massa seca total do caule, folhas e inflorescência.....	58
2.7.8. Teor de nitrogênio no caule, nas folhas e na inflorescência.....	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4. CONCLUSÃO	71
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO GERAL

Estudos apontam que as taxas de crescimento da produção mundial de alimentos de origem agrícola, superadas pelas do crescimento populacional nos últimos anos, vêm causando certa incerteza quanto à segurança alimentar. Diversos fatores se opõem à produção e oferta de alimentos, entre eles, a degradação dos solos, a baixa resposta ao uso de fertilizantes e defensivos e a escassez de água são os principais entraves que inviabilizaram o aumento da produção agrícola compatível com o aumento da população (CHRISTOFIDIS, 1997). Observa-se, assim, que há necessidade de um aprimoramento das técnicas de produção de alimentos e de um uso eficiente dos fatores envolvidos na produção agrícola.

Nesse contexto, a olericultura ganha importância, uma vez que as hortaliças são parte integrante da dieta da população mundial (MORETTI, 2003) e a compreensão dos fatores que afetam sua produção permite uma produção eficiente. A olericultura é uma atividade econômica exercida por diversas propriedades agrícolas no Brasil e no mundo e também é capaz de proporcionar ao agricultor um ótimo retorno econômico.

As hortaliças, como qualquer outra cultura, são dependentes de suprimentos adequados de água e nutrientes para a produção de biomassa, e a adubação é uma das responsáveis por elevar a produtividade e a qualidade dos produtos.

As culturas da couve-flor e do brócolis necessitam de nitrogênio, fósforo e potássio em grandes quantidades, e em situações em que o fornecimento desses nutrientes é baixo, o crescimento vegetativo das plantas é reduzido. Dentre esses nutrientes, o nitrogênio e o potássio os que mais influenciam na produção dessas brássicas. O nitrogênio é responsável pelo desenvolvimento rápido e vigoroso da inflorescência da couve-flor, o que está diretamente relacionado ao seu bom crescimento, sendo o fósforo é o macronutriente que é absorvido em menor quantidade (MAY et al., 2007).

A couve-flor e o brócolis são exigentes em micronutrientes como molibdênio, boro entre outros, e a disponibilização adequada desses elementos é fundamental para garantir plantas saudáveis e produtivas (MAY et al., 2007; VIDIGAL et al., 2007). A deficiência de boro nas brássicas resulta em coloração escura da inflorescência e formação de talo-oco (PIZETTA et al., 2005; MAY et al., 2007; VIDIGAL et al., 2007). De maneira geral, a couve-flor e o brócolis respondem à adubação e a resposta é normalmente associada ao tipo de solo, ao teor dos nutrientes no solo e à cultivar estudada.

Além da adubação, outra prática que deve ser utilizada no cultivo das brássicas é a irrigação, que deve ser feita de maneira adequada para atender à demanda hídrica da cultura.

As culturas do brócolis e da couve-flor são muito sensíveis ao déficit hídrico, sendo indispensável controlar a quantidade de água a ser aplicada ao longo do ciclo da cultura, de modo a evitar prejuízos. A necessidade hídrica destas culturas depende de vários aspectos, destacando-se as condições climáticas, a fase da cultura, o espaçamento entre as plantas, o índice de área foliar, entre outros. Por ser a couve-flor uma hortaliça muito exigente em água é essencial manter a umidade do solo sempre próximo à capacidade de campo até o início da colheita, sendo a fase de formação e desenvolvimento da inflorescência o período crítico ao déficit hídrico (MAY et al., 2007).

A falta de água no solo no cultivo do brócolis promove a queda de cabeça, a formação de caule oco e doenças (RODRIGUES et al., 2013). Ademais, o déficit hídrico expressivo pode afetar a inflorescência (má formação e flores pequenas), sendo a irrigação uma alternativa para melhorar a produção dessa hortaliça. Assim, no cultivo do brócolis e da couve-flor, para se obter produtos de boa qualidade é preciso conciliar boas práticas de manejo, ou seja, uma irrigação adequada, uma adubação equilibrada e um bom controle fitossanitário.

No Brasil, a agricultura irrigada consome uma grande parcela da água usada nas diversas atividades humanas. Na maioria das áreas irrigadas, é comum observar uma ausência de manejo racional da água, o que, geralmente, resulta em aplicação excessiva, gerando desperdício de água e energia, além da ocorrência de problemas ambientais ou de deficiência hídrica para as plantas, o que pode acarretar em baixa produtividade e prejuízos econômicos ao produtor. Assim, práticas adequadas de manejo da irrigação

contribuem para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, minimizar o uso de água e também para preservar os recursos hídricos.

O monitoramento das condições hídricas faz-se necessário de modo a garantir produções satisfatórias (CALBO; SILVA 2005). E, o manejo da irrigação afeta o desenvolvimento, a fitossanidade, a qualidade e a produtividade das culturas (MOURA et al., 2006). Isto ocorre porque a irrigação disponibiliza água, aumenta a umidade e diminui a temperatura do ar e do solo (PIRES et al., 2000).

A otimização do uso da água na agricultura irrigada é importante para a sociedade como um todo, tanto do ponto de vista ambiental, ao economizar água e energia e evitar a degradação do meio ambiente, quanto do ponto de vista de geração de renda para o produtor rural, ao reduzir custos e aumentar a produtividade das culturas e a disponibilidade de alimentos de melhor qualidade.

Práticas como adubações e irrigações são altamente recomendadas no cultivo de hortaliças por influenciar direta e positivamente sua produtividade e qualidade. O bom aproveitamento dos fertilizantes pela planta depende muito da disponibilidade adequada de água no solo. Diante do exposto, torna-se importante estudar a influência da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada na produção de couve-flor e brócolis, já que esses fatores podem alterar a produção dessas hortaliças.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Sistemas irrigás para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos. Brasília, DF: **Embrapa Hortaliças**, 2005. 174 p.

CHRISTOFIDIS, D. A água e a crise alimentar. In: **Encontro das águas**. IICA, Fortaleza, 1997. Trabalhos apresentados. p. 14 . Disponível em: www.iica.org.br/Aguatrab/Demetrios%20Christofidis/P2TB01.htm. Acesso em: 07 nov. 2009.

MAY, A. et al. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 200). 36 p.

MOURA, E. G.; REZENDE, K. D. A.; ARAUJO, J. C.; CASTRO, M. F. Efeito de métodos de irrigação e do uso de cobertura vegetal sobre o cultivo de repolho em São Luís-MA. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 410-413, 2006.

MORETTI, C. L. Boas práticas agrícolas para a produção de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, julho, 2003. Disponível em: www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/pal05.

PIRES, R. C.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; CALHEIROS, R. de O. Manejo da irrigação em hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, p. 147-157, 2000.

PIZETTA, L. C.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; BARBOSA, J. C. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, p. 51-56, 2005.

RODRIGUES, R. R. et al. Desenvolvimento inicial de brócolis em diferentes disponibilidades hídricas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 10-41, 2013.

VIDIGAL, S. M. et al. (Orgs.). **101 culturas** – Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.

CAPÍTULO 1

PRODUÇÃO DA CULTURA DA COUVE-FLOR COM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

OLIVEIRA, Reginaldo Miranda de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Produção da cultura da couve-flor com diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Sanzio Mollica Vidigal.

A couve-flor (*Brassica oleracea* L. var *botrytis* L.) é uma olerícola de importância econômica para pequenos produtores brasileiros. Além das condições climáticas, os manejos da adubação e da água influenciam na qualidade e na produtividade da couve-flor. O nitrogênio é responsável pelo desenvolvimento rápido e vigoroso da inflorescência. O monitoramento das condições hídricas é necessário de modo a garantir o bom desenvolvimento, a fitossanidade, a qualidade e a produtividade das culturas. Neste trabalho teve-se como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio na produção da cultura da couve-flor híbrida Barcelona CMS. O experimento foi conduzido numa área experimental do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. Amostras de solo foram coletadas na área experimental para determinação de suas características físicas e químicas. A adubação de plantio foi feita conforme recomendações para a cultura no estado de Minas Gerais. O transplântio das mudas foi feito em 14 de agosto de 2014, aos 38 dias após semeadura (DAS), com espaçamento de 70 cm x 50 cm, totalizando 24 plantas por parcela. Foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento com linhas laterais dispostas paralelamente às fileiras de plantas, com um gotejador por planta, com vazão média de 2,24 L h⁻¹. A uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação foi avaliada, obtendo-se valores de CUC e CUD iguais a 94,51 e 91,57%, respectivamente. Os valores diários de evapotranspiração de referência (ET₀) foram calculadas com uso de uma estação meteorológica automática e do programa

computacional REF-ET, com aplicação da equação de Penman-Monteith FAO 56. Os coeficientes de cultura (K_c) utilizados foram iguais a 0,45; 0,80; 1,05 e 0,90 para os estádios de desenvolvimento I, II, III e IV respectivamente. A irrigação foi conduzida com turno de rega diário. A adubação nitrogenada foi feita com ureia, sendo aplicados 20% de cada dose estudada aos 17 dias após o transplântio (DAT), 40% aos 31 e 40% aos 45 DAT. Foi adotado o esquema de parcelas subdivididas, no delineamento inteiramente casualizado (DIC), tendo nas parcelas as lâminas (0; 75; 100; 125 e 150 % da ET_c) e nas subparcelas as doses de nitrogênio (0; 75; 150; 300 e 450 $kg\ ha^{-1}$). Foram avaliados na inflorescência: massa fresca (MFI), produtividade total (PT), massa seca (MSI), percentagem de matéria seca (PMSI), diâmetro (DI), altura (AI), percentagem de matéria seca alocada (PMSAI) e percentagem de nitrogênio (PNI); no caule: massa fresca (MFC), massa seca (MSC), percentagem de matéria seca (PMSC), percentagem de matéria seca alocada (PMSAC) e percentagem de nitrogênio (PNC); e nas folhas, foram avaliados número (NF), massa média de folhas frescas (MMFF), massa fresca (MFF) e massa seca (MSF), percentagem de matéria seca (PMSF), percentagem de matéria seca alocada (PMSAF) e o percentagem de nitrogênio (PNF). Para analisar os efeitos do manejo da irrigação e da adubação sobre as características avaliadas, foram determinados modelos de regressão baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t a 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação. Verificou-se que o híbrido Barcelona apresentou maior efeito da lâmina de irrigação do que da adubação nitrogenada para a maioria das características estudadas. Também foi verificado efeito quadrático de lâmina e linear de doses nas características MMFF, MFF, PMSF, DI, AI, MFI, PT, PMSI e MFC. Não foi verificado efeito dos fatores em estudo nas características NF, PMSC e MSC. Nas variáveis MMFF, MFF, DI, AI, MFI, PT e MFC, ao se fixar a dose de adubação, as lâminas críticas que determinam valores máximos foram 137,9; 139,2; 128,7; 108,2; 132,4; 132,4; 121,3% da ET_c , respectivamente. Já para PMSF e PMSI os valores mínimos foram obtidos nas lâminas críticas de 123,7 e 110,7% da ET_c , respectivamente. As lâminas e doses crescentes aumentaram linearmente as produções de MSF e MSI, sendo os valores máximos estimados correspondentes a 158,00 e 75,30 g/planta, respectivamente. A maior produtividade total da couve-flor Barcelona obtida foi 24.547,80 $kg\ ha^{-1}$, com diâmetro médio de 19,60 cm, altura média de 14,00 cm e massa fresca da inflorescência de 858,90 g/planta, na lâmina de irrigação equivalente de 132,4% da ET_c e na dose de 450 $kg\ ha^{-1}$ de N.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Reginaldo Miranda de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2015. **Cauliflower yield with different irrigation depths and nitrogen rates.** Adviser: Rubens Alves de Oliveira. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Sanzio Mollica Vidigal.

Cauliflower (*Brassica oleracea* L. var *botrytis* L.) is one of the vegetable crops of economic importance cultivated in Brazil, especially for smallholders. Beyond climate conditions, the fertilizer and water management influence the quality and productivity of cauliflower. The nitrogen is responsible for a good quick and vigorous vegetative growth. The water conditions monitoring is necessary to ensure the good development, plant health, quality and yield. In this study we aimed to verify the effect of water depth and nitrogen application on the Barcelona CMS cauliflower production. The experiment was conducted at the experimental area of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), in Viçosa-MG. Soil samples were collected in the experimental area to determine the physical and chemical soil characteristics. The planting fertilization was performed as recommended for the crop in the state of Minas Gerais. The seedlings transplanting was held in August 14, 2014, 38 days after sowing (DAS), with spacing of 70 cm x 50 cm, totaling 24 plants. The irrigation drip system was installed, it was consisting of a prepared lateral lines to the planting line with one dripper per plant and with an average flow rate of 2.24 L h⁻¹. The water uniformity in the irrigation system was evaluated, obtaining CUC and CUD values equal to 94.51 and 91.57%, respectively. The daily values of reference evapotranspiration (ET₀) were estimated using a weather station and the REF-ET computer program, based on the Penman-Monteith FAO 56. The crop coefficients (Kc) used were equal to 0.45; 0.80; 1.05 and 0.90 for the I, II, III and IV development stages respectively. Irrigation was performed with daily irrigation

schedule. Nitrogen fertilization was made with urea and 20% of each dose studied was applied at 17 days after transplanting (DAT), 40% at 31 and 40% at 45 DAT. The installment scheme subdivided parcel in a completely randomized design (CRD) was adopted; in the plot the depths (0, 75, 100, 125 and 150% of ET_c) and the subplots nitrogen rates (0, 75, 150, 300 and 450 kg ha⁻¹). In the inflorescence, we were assessed fresh weight (MFI), total productivity (PT), dry weight (MSI), dry matter percentage (PMSI), diameter (DI) and height (AI); allocated dry matter percentage (PMSAI) and nitrogen percentage (PNI), in the stem: fresh weight (MFC), dry weight (MSC), dry matter percentage (PMSC); nitrogen percentage (PNC) and in the leaves, we were evaluated number (NF), average weight of fresh leaves (MMFF), fresh weight (MFF), dry weight (MSF), dry matter percentage (PMSF) and nitrogen percentage (PNF). To analyze the irrigation and fertilization management effects on these characteristics we determined regression models based in the regression coefficients significance, using the t test at 5% probability and the determination coefficient. This study verified that the Barcelona hybrid had the highest effect of irrigation depths than the nitrogen fertilization for the most traits. It was also verified quadratic effect of depths and linear doses on MMFF, MFF, PMSF, DI, AI, MFI, PT, PMSI, PNI, MFC and PNC. There was no effect of factors under study on the characteristics NF, PNF, PMSC and MSC. In the variables MMFF, MFF, DI, AI, MFI, PT, MFC to be fixed the fertilization level application, the critical depths that determine maximum values were 137.9; 139.2; 128.7; 108,2; 132.4; 132.4; 121.3% of ET_c , respectively. Already for PMSF, PMSI, PNI and PNC, the minimum values are obtained in the critical depths 123.7; 110.7; 100.0 and 108.3% of ET_c , respectively. The MSF and MSI productions increased linearly with depths and doses increasing and the estimated maximum values corresponding to 158.00 and 75.30 g/plant, respectively. The biggest total productivity obtained was 24,547.80 kg ha⁻¹, with average mean diameter of 19.60 cm, mean height of 14.00 cm, and mean fresh weight 858.90 g/plant, in equivalent irrigation depth of 132.4% of ET_c and at a dose of 450 kg ha⁻¹ of N.

1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Brassicaceae, anteriormente denominada Cruciferae, a couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) é uma variedade botânica da couve-silvestre (*B. oleracea* var. *silvestris*), da qual descende também o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*), a couve-brócolos (*B. oleracea* var. *itálica*), a couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*), a couve-tronchuda (*B. oleracea* var. *tronchuda*), a couve-de-bruxelas (*B. oleracea* var. *gemmifera*) e a couve-rábano (*B. oleracea* var. *gongylodes*) (MAY et al., 2007).

A couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.) é uma das brássicas mais cultivadas e consumidas no Brasil (ALMEIDA et al., 2007; MAY et al., 2007), sendo cultivada nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina (MAY et al., 2007). Em São Paulo, a área cultivada em 2008-2009 com couve-flor chegou a 1.962 ha com produção de 33.810 toneladas (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2011). Aproximadamente 94% da couve-flor de Minas Gerais são comercializados nas Ceasas-MG (VIDIGAL et al., 2007). Trata-se de uma hortaliça que possui 93% de água e apresenta, em termos nutricionais, uma boa fonte de vitaminas A, B e C, sendo rica em minerais como o cálcio, o potássio e o fósforo, além de fibras (MAY et al., 2007).

A cultura da couve-flor apresenta um melhor desenvolvimento vegetativo quando é cultivada na faixa de temperatura de 14 a 20 °C. Quando a temperatura supera os 25 °C, pode não formar a inflorescência ou ocorre a perda de compacidade, uma característica indesejável (MAY et al., 2007; CLAUDIO, 2013). A couve-flor possui folhas alongadas, raízes que se concentram nos primeiros 20 a 30 cm de profundidade e sua inflorescência (cabeça) desenvolve-se sobre um caule curto, formando-se a partir do conjunto de primórdios florais, que, posteriormente, transformam-se em botões florais (TOURINHO; LIMA JÚNIOR, 2011; MAY et al., 2007). É uma cultura sem resistência

à geada típica de outono-inverno, exigindo temperaturas amenas para passar do estado vegetativo para o reprodutivo. Com o melhoramento genético vegetal, surgiram as cultivares adaptadas a temperaturas mais elevadas, o que possibilita o seu cultivo durante o ano todo (MAY et al., 2007; CLAUDIO, 2013).

Em condições favoráveis, pode ser dividido o crescimento e o desenvolvimento da cultura da couve-flor em quatro estágios: no primeiro, de 0 a 30 dias, após a emergência das plântulas, dá-se o crescimento inicial até a emissão de 5 a 7 folhas definitivas; no segundo, de 30 a 60 dias, ocorre a fase de expansão das folhas externas; no terceiro, de 60 a 90 dias, ocorrem a diferenciação e o desenvolvimento dos primórdios florais e das folhas externas; e no quarto, de 90 a 120 dias, há o desenvolvimento da inflorescência (MAY et al., 2007).

De maneira geral, trata-se de uma cultura que se desenvolve melhor em solos com pH entre 6,0 e 6,8, mais argilosos, ricos em matéria orgânica e bem drenados. A horticultura é uma atividade de alto risco, mas, ainda assim, em geral, proporciona ao agricultor um bom retorno econômico, mas a adubação tem sido feita de forma inadequada e os nutrientes, como o fósforo, o nitrogênio e o potássio, aplicados em maiores quantidades (TOURINHO; LIMA JÚNIOR, 2011).

Além das condições climáticas, o manejo da adubação influencia a qualidade e a produtividade da couve-flor. O nitrogênio na planta possui uma função estrutural, participando dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (KANO et al., 2010). Por ser uma cultura de ciclo curto, a couve-flor apresenta uma alta demanda de nutrientes.

O nitrogênio é fundamental para o bom desenvolvimento das culturas sendo responsável por um desenvolvimento vegetativo rápido e vigoroso, o que está diretamente relacionado ao crescimento da inflorescência (MAY et al., 2007). Aumentos na produtividade em resposta ao aumento da adubação nitrogenada têm sido relatados por diversos autores (CAMARGO et al., 2008; KANO et al., 2010; TOURINHO; LIMA JÚNIOR, 2011).

Assim como a adubação, a reposição de água no solo é capaz de viabilizar o cultivo agrícola em várias regiões, principalmente naquelas onde há ocorrência acentuada de déficit hídrico. Tamassoni et al. (2013), estudando diferentes alturas de lençol freático (0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60 m) no desenvolvimento da couve-flor (*Brassica oleracea* L.), observou influência positiva na massa fresca da parte área

(folha), contudo, a massa fresca da raiz e das flores e a massa seca da raiz, folhas e inflorescências não foram influenciadas pelos níveis freáticos.

Nas áreas irrigadas de produção de olerícolas, é comum observar a inexistência de manejo da irrigação, o que gera desperdício de água e energia, além de problemas socioambientais. Práticas de manejo adequado da irrigação contribuem para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade dos produtos agrícolas e preservação dos recursos hídricos.

O manejo da irrigação consiste em determinar quando irrigar as culturas, quanto de água aplicar e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. A determinação do consumo de água das culturas pode ser obtida por medidas efetuadas no solo, na planta e na atmosfera. No método do balanço hídrico no sistema solo-planta-atmosfera, a entrada de água ocorre por meio das irrigações e precipitações pluviais; já a saída ocorre principalmente por evapotranspiração e por percolação profunda (OLIVEIRA, 2014).

Doorenbos e Kassam (1979) definiram a evapotranspiração como a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície de solo vegetada durante um determinado período, incluindo a evaporação da água do solo e da água depositada por uma irrigação, chuva ou pelo orvalho na superfície das folhas, e a transpiração vegetal. O consumo de água envolvido no processo de evapotranspiração é influenciado por diversos fatores, entre eles, a ação combinada de elementos meteorológicos, como a radiação solar, a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento; o grau de sombreamento do dossel vegetal; e a quantidade de água prontamente disponível no solo (DOORENBOS; PRUITT, 1977).

A evapotranspiração de referência (ET_0) pode ser estimada por diferentes métodos e técnicas a partir de dados meteorológicos, e o conhecimento de seu valor constitui um fator básico para quantificar o total de água necessário para uma cultura durante o seu ciclo.

A evapotranspiração de referência (ET_0) é definida como a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo em fase de crescimento ativo, sem restrições hídricas e nutricionais, com altura média de 12 cm, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s m^{-1} , sendo a equação de Penman-Monteith adotada como um método padrão para a estimativa da ET_0 (ALLEN et al., 1998).

A evapotranspiração da cultura (ET_c) é estimada pelo produto do valor do coeficiente da cultura (K_c) pelo da evapotranspiração de referência (ET_0), sendo uma das metodologias mais utilizadas na determinação das necessidades hídricas da cultura.

Todavia, coeficientes de correção são necessários para o ajuste da ET_c quando as condições de campo diferem das condições padrões. Esses coeficientes são o de déficit de umidade no solo (K_s) e o de localizada (K_L), os quais refletem o efeito das condições ambientais e do manejo no campo (ALLEN et al., 1998).

O coeficiente de cultura depende do tipo de cultura, da sua fase de desenvolvimento, das condições climáticas e dos tratos culturais. Para fins práticos, são considerados quatro estádios de desenvolvimento da cultura (DOORENBOS; PRUITT, 1977; BERNARDO et al., 2006):

Inicial (I) – do plantio até a cultura cobrir aproximadamente 10% do solo.

Estádio (II) – de 10 até a cultura cobrir de 70 a 80% da cobertura do solo ou atingir de 70 a 80% do seu desenvolvimento vegetativo.

Estádio (III) – de 80% da cobertura do solo até o início da maturação.

Estádio (IV) – do início do amadurecimento até a colheita.

De acordo com May et al. (2007), o comprimento dos quatro estádios fenológicos da couve-flor não é rígido, ou seja, pode variar com as características da própria cultivar e também da resposta da planta às condições ambientais de cultivo. O segundo e o terceiro estádios de desenvolvimento da couve-flor são de grande importância na produtividade (tamanho e conformação de inflorescência) e portanto, requerem uma atenção especial com relação ao conteúdo de água no solo, uma vez que este fator atua decisivamente sobre o número e tamanho de folhas, que definirão a área foliar da planta, ou seja, o potencial produtivo.

Devido à importância da água e do nitrogênio no desenvolvimento das plantas, neste trabalho teve-se por objetivo avaliar o efeito de diferentes lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio na produção da cultura da couve-flor, híbrido Barcelona.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental de irrigação e drenagem pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG (Figura 1). A área está situada a 20°45' S e 42°51' O, com altitude de 651 m. De acordo com Vicente et al. (2007), o clima da região é considerado do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, temperado quente, com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação média anual de 1.221 mm. A temperatura média anual é de 19,4° C.



Figura 1 – Vista geral do experimento de couve-flor, híbrido Barcelona.

O experimento foi conduzido num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilo-arenosa. Com uso de um trado holandês, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 30 cm de profundidade em vários locais da área experimental,

para a determinação de suas características físicas e químicas. As características químicas foram determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo pertencente ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, segundo metodologias descritas pela EMBRAPA (2011). A distribuição granulométrica e os resultados das análises físico-hídricas do solo estão apresentados na Tabela 1. Algumas das características químicas estão apresentadas na Tabela 2.

A capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pm) foram determinados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da UFV usando-se o Extrator de Richards. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico.

Tabela 1 – Características físico-hídricas do solo da área experimental

Camada (cm)	Distribuição granulométrica (%)				Teor de água (g g ⁻¹)		Densidade do solo (g cm ⁻³)
	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Cc	Pm	
0 - 30	38	16	32	14	0,326	0,208	1,1

Tabela 2 – Características químicas do solo da área experimental

Camada (cm)	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	P-rem	MO
	H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³							%	mg L ⁻¹	dag kg ⁻¹
0-30	5,70	27,46	106,80	3,26	0,71	0,00	3,48	4,24	4,24	7,72	54,82	33,34	2,71

P, Na, K – Extrator Mehlich - 1

Ca, Mg, Al – KCl 1 mol/L

Mat. Org.(MO) – C.org. x 1,724

H+Al – acetato de cálcio 0,5 mol/L

SB: Soma de bases

t: CTC efetiva

T: CTC a pH 7,0

V: Saturação de bases

2.2. Preparo do solo e adubação

O preparo do solo foi feito com uma aração e duas gradagens, o que permitiu a quebra dos torrões e a homogeneização do solo para facilitar o plantio das mudas. Foi feita calagem antes do plantio, aplicando-se 1.190 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com 95% de PRNT, para disponibilizar cálcio e magnésio.

A adubação de plantio foi definida de acordo com os resultados da análise química do solo e com as recomendações para a cultura, segundo a Recomendação de Uso de Fertilizantes para o Estado de Minas Gerais – 5^a Aproximação (CFSEMG, 1999). O adubo foi distribuído manualmente em linha, seguido de incorporação. Foram aplicados 1.500 kg ha⁻¹ de superfosfato simples; 80 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio; 20 kg ha⁻¹ de bórax; e 20 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco.

A adubação potássica foi aplicada em cobertura em três períodos: no primeiro, 15 dias após o transplântio (DAT), aplicou-se 25% do cloreto de potássio; no segundo, 30 DAT, aplicou-se 37,5% do cloreto de potássio; e o restante no terceiro período, aos 45 DAT. Além disso, foram feitas duas adubações com molibdênio, na forma de molibdato de sódio, aplicado por pulverização na concentração de 1g L⁻¹ (VIDIGAL et al., 2007), aos 15 e 30 DAT.

A adubação nitrogenada foi feita com ureia, de acordo com as cinco doses estudadas: 0, 75, 150, 300 e 450 kg ha⁻¹ de N. Os adubos nitrogenado e potássico foram diluídos em água e aplicados em cada parcela experimental (três fileiras de plantas com quatro metros cada), tendo sido aplicados 300 mL próximo à cada planta.

2.3. Instalação do experimento e manejo da cultura

O experimento foi instalado num esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as lâminas (L₀ = 0 % da ET_c; L₁ = 75 % da ET_c; L₂ = 100 % da ET_c; L₃ = 125 % da ET_c e L₄ = 150 % da ET_c), nas sub-parcelas as doses de nitrogênio (N₀ = 0 kg ha⁻¹; N₁ = 75 kg ha⁻¹; N₂ = 150 kg ha⁻¹; N₃ = 300 kg ha⁻¹ e N₄ = 450 kg ha⁻¹), no delineamento inteiramente casualizado. Cada subparcela foi constituída de 24 plantas, sendo avaliadas 6 plantas. Na Figura 2 é apresentado o esquema da área experimental, mostrando as dimensões e a identificação das unidades experimentais (sub-parcelas).

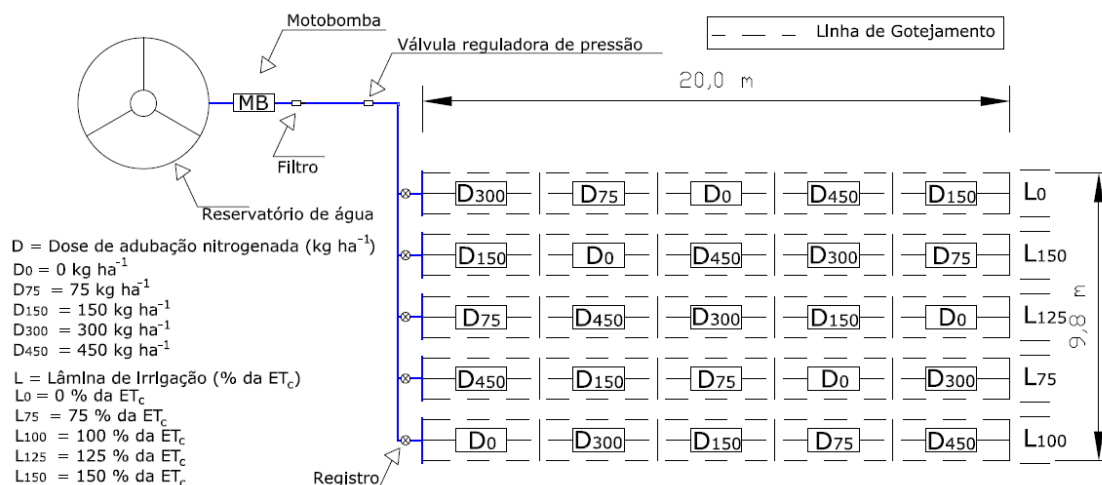


Figura 2 – Esquema da área experimental.

As sementes utilizadas foram de couve-flor híbrida BARCELONA CMS, com poder de germinação e pureza iguais a 99%. O ciclo da cultura é de aproximadamente 110 dias, com cabeça de coloração branca, massa média de 1,5 a 2,0 kg e diâmetro médio de 20 a 25 cm.

A implantação da cultura foi feita por transplante das mudas produzidas em bandejas plásticas, no dia 14 de agosto de 2014, aos 38 dias após a semeadura (DAS), com fileiras de plantas espaçadas de 70 cm, com espaçamento de 50 cm ao longo da fileira, totalizando 24 plantas por parcela representando uma população de 28.570 planta ha^{-1} .

A Figura 3 mostra plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, aos 36 e 68 DAT.



Figura 3 – Plantas de couve-flor, cultivar Barcelona, aos 36 e 68 DAT.

Durante o ciclo da cultura foram feitas capinas manuais para o controle de plantas daninhas e aplicações frequentes de defensivos químicos para o controle e a prevenção de doenças e pragas. Foram aplicados Decis 25 EC para o controle da lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e da lagarta-mede-palmo (*Trichoplusia ni*); Evidence 700 WG para o controle do pulgão-da-couve (*Brevicoryne brassicae*), e oxiclureto de cobre para o controle do míldio (*Peronospora parasitica*).

2.4. Sistema de irrigação

Após o transplântio das mudas, a cultura foi irrigada por aspersão convencional com a finalidade de elevar a umidade do solo à capacidade de campo para todos os tratamentos, com a aplicação de uma lâmina líquida de 32 mm. Todas as parcelas receberam a mesma lâmina de irrigação durante 12 (DAT), até o estabelecimento da cultura, sendo essa lâmina aplicada por gotejamento.

No experimento foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento composto por linhas laterais de polietileno do tipo tubo gotejador autocompensante, modelo Azud Premier line PC 16, com 13,7 mm de diâmetro interno e emissores espaçados de 50 cm, sendo um gotejador por planta. Os tubos gotejadores estavam dispostos paralelamente às linhas de plantio, espaçados de 70 cm entre si. A vazão média dos gotejadores foi igual a $2,24 \text{ L h}^{-1}$, sob pressão de serviço de 140 kPa (Figura 4).



Figura 4 – Sistema de irrigação por gotejamento montado na área experimental.

Antes do início do experimento, foi realizado um teste de uniformidade de distribuição de água, empregando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974) e modificada por Denículi et al. (1980), em que foram avaliadas quatro linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a 1/3 e a 2/3 do início da parcela, e a última. Em cada linha lateral foram avaliados oito gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do início da linha lateral, e o último. No total foram avaliados 32 gotejadores. Os valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD), calculados de acordo com Bernardo et al., (2006), foram iguais a 94,5 e 91,6%, respectivamente. Para fins comparativos com a metodologia anterior, foi aplicada, também, a metodologia de medição de vazão dos gotejadores de todas as linhas laterais. Neste caso, os valores de CUC e CUD foram iguais a 93,4 e 90,0%, respectivamente.

De acordo com Mantovani (2001), sistemas de irrigação que apresentam valores de CUC e CUD maiores que 90,0 e 84,0%, respectivamente, são classificados como excelente, quanto à uniformidade de distribuição de água.

2.5. Manejo da irrigação

No início do manejo, durante os 12 primeiros dias, a mesma lâmina de irrigação foi aplicada em todas as parcelas experimentais até o estabelecimento da cultura em campo. Durante o processo de aplicação das diferentes lâminas estudadas, foi utilizado o programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000) para o cálculo da estimativa da evapotranspiração de referência. Os dados meteorológicos utilizados para alimentar o programa foram obtidos em uma estação meteorológica automática instalada na área experimental, a qual possui sensores de precipitação pluvial, velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar. Assim, a ET_0 foi calculada com a aplicação da equação de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_0 – evapotranspiração de referência, $mm\ d^{-1}$;

R_n – saldo de radiação na superfície, MJ m⁻² d⁻¹;
 G – densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;
 T_a – temperatura média do ar diária, °C;
 U_2 – velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;
 e_s – pressão de saturação de vapor, kPa;
 e_a – pressão parcial de vapor, kPa;
 $e_s - e_a$ – déficit de pressão de saturação de vapor, kPa;
 Δ - declividade da curva de pressão de saturação de vapor, kPa °C⁻¹;
 γ - coeficiente psicrométrico, kPa °C⁻¹.

Os valores de evapotranspiração da cultura foram calculados por meio da seguinte equação (MANTOVANI et al., 2009):

$$ET_c = K_L K_s K_c ET_0 \quad (2)$$

em que:

ET_c – evapotranspiração da cultura, mm d⁻¹;
 K_L – coeficiente de localização, adimensional;
 K_s – coeficiente de déficit hídrico, adimensional;
 K_c – coeficiente de cultura, adimensional; e
 ET_0 – evapotranspiração de referência, mm d⁻¹.

Os valores de K_c utilizados no experimento para cada estágio de desenvolvimento da cultura estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Duração em dias e valores de K_c para os quatro estádios de desenvolvimento da cultura da couve-flor

Estádio	Duração (dias)	K_c
Inicial (I)	12	0,45
Vegetativo (II)	33	0,80
Florescimento (III)	36	1,05
Maturação (IV)	-	0,90

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

Devido a sensibilidade ao déficit hídrico dessa olerícola, as irrigações foram realizadas com alta frequência (turno de rega de um dia), assumindo-se o valor de K_s igual a 1,0. O valor de K_L foi determinado por meio da metodologia proposta por Keller e Bliesner (apud BERNARDO et al., 2006):

$$K_L = 0,1\sqrt{P} \quad (3)$$

em que:

P – valor de percentagem de área molhada ou sombreada, a que for maior.

Para o estágio inicial da cultura foi considerada 20% da percentagem de área molhada, sendo realizadas medições da área sombreada diariamente, e, quando esta passou a ser maior que a área molhada, adotou-se seu valor.

2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de variância de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação (R^2). Para a execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico “SAEG 9.1”, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG, 2007).

Os valores das lâminas críticas de irrigação que determina a resposta máxima ou mínima da equação quando fica a dose de adubação foram obtidos a partir da primeira derivada do modelo ajustado em função da lâmina de irrigação.

2.7. Análise de produção

Em cada tratamento foram colhidas seis plantas cortadas rente ao solo. Foram separados caule, folhas e inflorescência de cada planta individualmente (Figura 5).

2.7.1. Massa fresca total das inflorescências

Cada inflorescência de cada tratamento foi pesada individualmente em balança digital com precisão de duas casas decimais (0,01), sendo os valores expressos em g.



Figura 5 – Planta de couve-flor separada em caule, folhas e inflorescência.

2.7.2. Produtividade total das inflorescências

Para as condições de espaçamento adotado no experimento, estimou-se a população de plantas em um hectare. Após obter a massa fresca total das inflorescências, estimou-se a produtividade total das inflorescências. Os valores foram expressos em kg ha^{-1} .

2.7.3. Número de folhas

As folhas, após serem destacadas do caule, foram contadas para cada planta.

2.7.4. Diâmetro médio e altura da inflorescência

Foi determinado o valor médio de dois diâmetros perpendiculares medidos com uma régua graduada. O valor de altura da inflorescência foi obtido medindo-a de sua base até seu topo. Os dados obtidos foram expressos em cm.

2.7.5. Massa fresca total do caule e das folhas

Após a separação de caule e folhas, ambos foram pesados. Os valores foram expressos em g/planta.

2.7.6. Percentagem de matéria seca do caule, folhas e inflorescência

Foi retirada uma amostra de cada parte constituinte da planta, por tratamento, e colocada em estufa a 65 °C até a estabilização da massa. Os valores foram expressos em porcentagem.

2.7.7. Massa seca total do caule, folhas e inflorescência

A matéria seca total de caule, folhas e inflorescência foi estimada por meio do produto do teor de matéria seca pela massa de matéria fresca, e os valores foram expressos em g/planta.

2.7.8. Teor de nitrogênio no caule, nas folhas e nas inflorescências

Após realizada a secagem das partes avaliadas da planta, o material foi triturado em moinho e o nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (adaptado por GALVANI; GAERTNER, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 6 estão apresentadas as variações das temperaturas máxima, mínima e média e da umidade relativa média do ar durante o período de cultivo da couve-flor Barcelona.

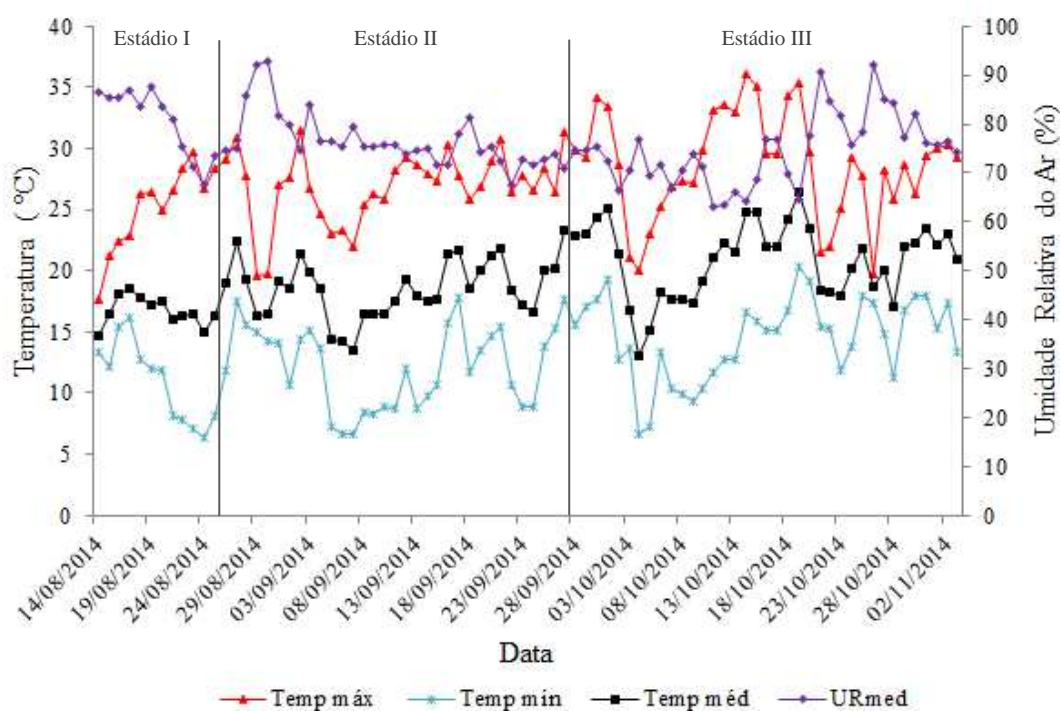


Figura 6 – Variação das temperaturas máxima, mínima e média e da umidade relativa do ar para durante o período de cultivo.

A temperatura máxima durante o experimento foi 36,1 °C e a mínima de 6,4 °C. Com temperatura média acima de 25 °C, durante a fase inicial de florescimento da couve-flor, pode ocorrer a não formação da inflorescência (MAY et al., 2007). A temperatura média variou entre 13,0 e 26,4 °C, tendo sido adequada para um bom

desenvolvimento da cultura durante seu ciclo. A umidade relativa média do ar variou entre 63,0 e 92,9%.

Na Figura 7 estão apresentadas as variações da radiação solar e da velocidade do vento durante o período experimental.

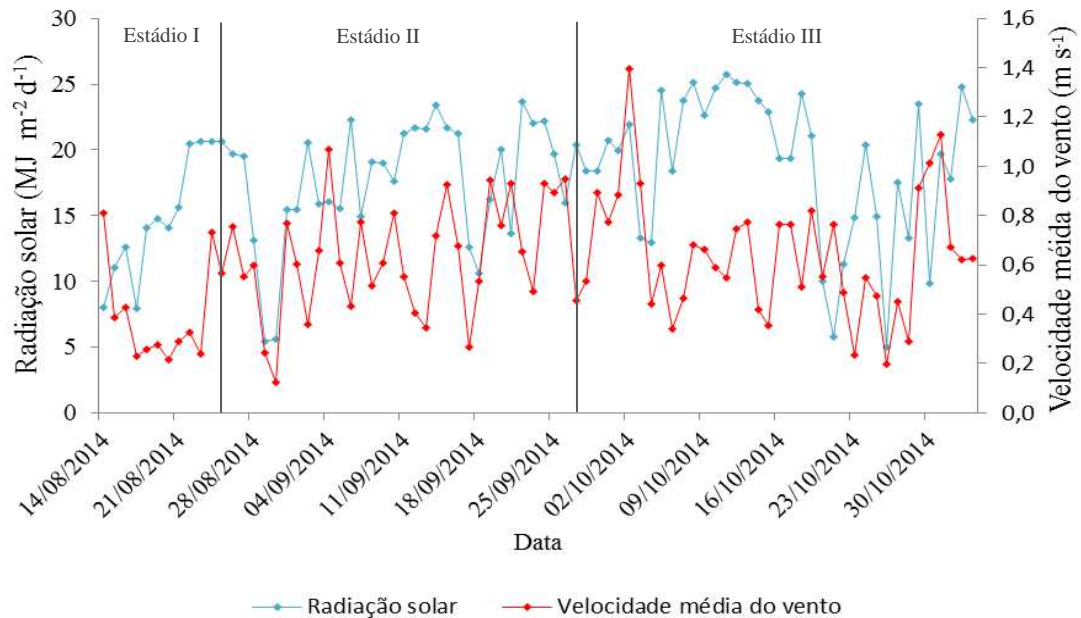


Figura 7 – Variação da radiação solar média diária e da velocidade do vento durante o período de cultivo.

Os valores médios de radiação solar variaram de 4,99 a 25,71 MJ m⁻² d⁻¹. Por sua vez, a velocidade média do vento variou de 0,13 a 1,40 m s⁻¹, menor que 2,0 m s⁻¹, sendo considerada leve, de acordo com Doorembos e Pruitt (1977).

Na Figura 8 estão apresentadas as precipitações pluviárias ocorridas durante o período experimental, sendo considerados valores maiores ou iguais a 0,4 mm. O estágio de desenvolvimento I teve duração de 13 dias (14/08 a 26/08) e nesse período ocorreram dois eventos de precipitação, como pode ser observado na Figura 8. Já nos estádios II e III, a duração foi de 33 (27/08 a 28/09) e 36 (29/09 a 03/11) dias, com dois e oito eventos de precipitações pluviárias, respectivamente.

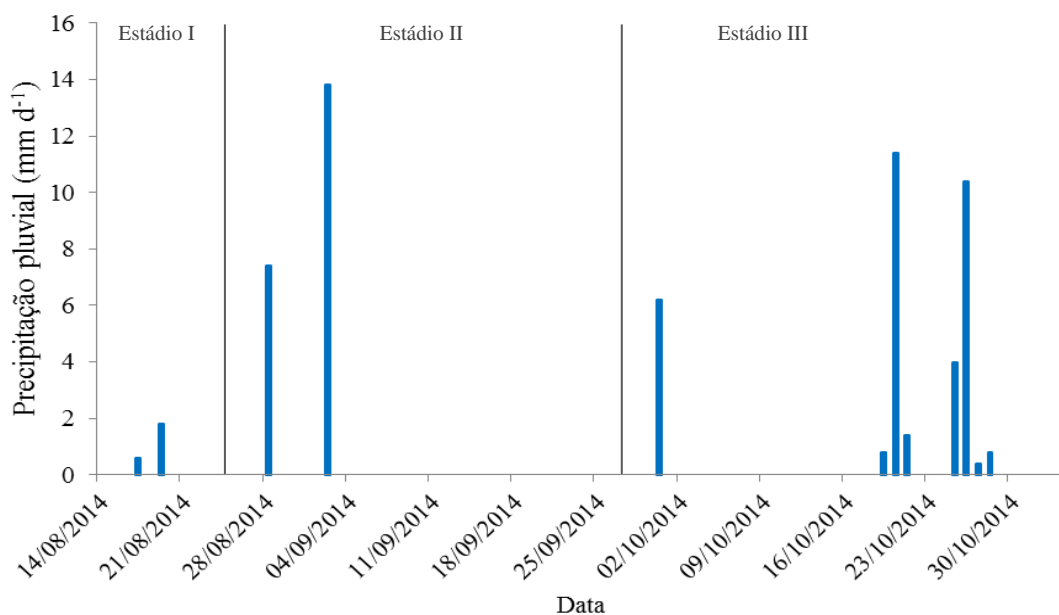


Figura 8 – Precipitação pluviual diária (mm) registrada durante o período de cultivo.

Na Figura 9 está apresentada a variação da evapotranspiração de referência durante o período experimental, onde foram registrados valores mínimos próximos de 1,0 e máximos próximos de 5,5 mm d⁻¹.

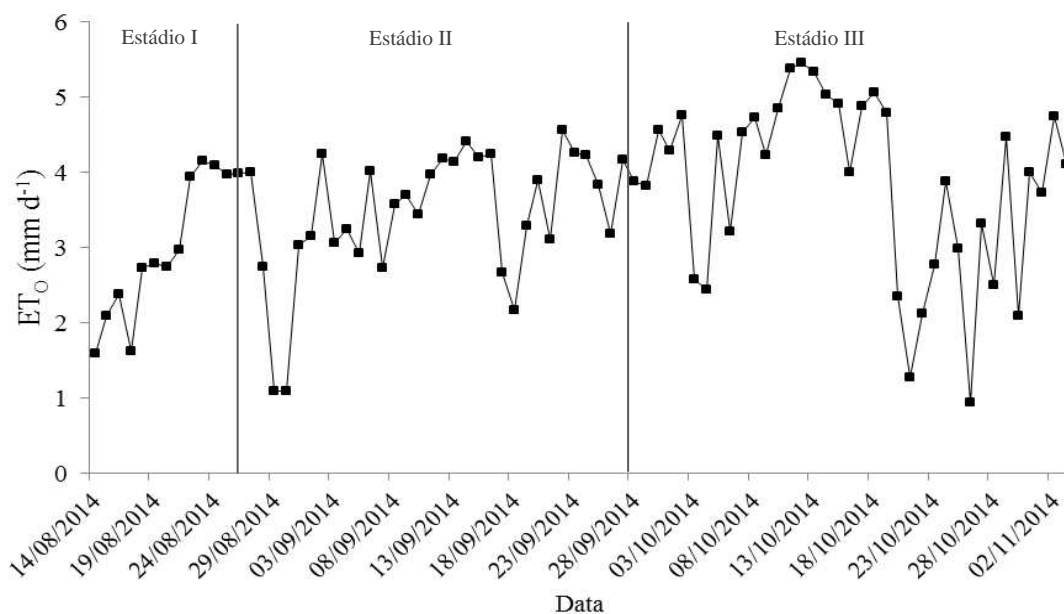


Figura 9 – Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 durante o período de cultivo.

Na Tabela 4 estão apresentadas as lâminas de água totais e média aplicadas em cada tratamento e as precipitações pluviuais totais. Foram realizados 70 eventos de

irrigação durante o período em estudo, sendo 11 eventos ocorridos no estágio I de desenvolvimento da cultura, 31 eventos no estágio II e 28 eventos no estágio III.

Tabela 4 – Valores de lâminas totais aplicadas, número de eventos de irrigação, precipitações pluviais para os estádios da cultura

Estádio da cultura	Nº eventos de irrigação	Lâmina total de irrigação (mm)					Precipitação pluvial (mm)
		0 % ET _c	75 % ET _c	100 % ET _c	125 % ET _c	150 % ET _c	
I	11	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63	2,40
II	31	-	60,94	81,25	101,56	121,87	21,20
III	28	-	123,81	165,08	206,35	247,62	35,40
Total	70	8,63	193,38	254,96	316,54	378,12	59,00

Na Tabela 5 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para as características massa média de folhas frescas (MMFF), percentagem de matéria seca na folha (PMSF) e massa de folhas frescas (MFF), em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada, com os respectivos coeficientes de determinação e os coeficientes de variação (CV%). Nas características número de folhas (NF) não foi observado efeito de lâmina de irrigação e dose de adubação, sendo os valores médios iguais a 18,2 folhas.

Tabela 5 – Equações de regressão ajustadas para as variáveis número de folhas (NF), massa de folhas frescas (MFF), massa média de folhas frescas (MMFF), percentagem de matéria seca na folhas (PMSF) e massa seca de folhas (MSF), em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D), e os respectivos coeficientes de determinação e o coeficiente de variação.

Características	Equações Ajustadas	R ² /t ²	Lâmina crítica	
			de irrigação (% da ET _c)	CV(%)
NF	$\hat{Y} = 18,20$	-	-	7,00
MMFF	$\hat{Y} = 30,524 + 0,8548^{**} L - 0,0031^{**} L^2 + 0,0332^{*} D$	0,81	137,90 ^a	31,70
PMSF	$\hat{Y} = 12,6216 - 0,0742^{**} L + 0,0003^{**} L^2 - 0,0008^{\nabla\nabla\nabla} D$	0,88	123,70 ^a	30,24
MFF	$\hat{Y} = 639,135 + 14,6170^{**} L - 0,0525^{**} L^2 + 0,2845^{\nabla\nabla\nabla} D$	0,80	139,20 ^a	30,30
MSF	$\hat{Y} = 88,6861 + 0,4369^{**} L + 0,0085^{\nabla\nabla} D$	0,69	-	21,20

Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, * 5%, ^{∇∇∇} 15% e ^{∇∇} 34% pelo teste “t”.

^a Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação quando fixa a dose de adubação.

Nas características MMFF, PMSF e MFF, foram verificados efeito quadrático para lâmina de irrigação e efeito linear para dose. Considerando-se a dose de adubação nitrogenada fixa, observou-se que MMFF e MFF apresentaram valor máximo sob a lâmina 137,9 e 139,2% da ET_c, respectivamente, (Figuras 11a,b), e PMSF apresentou valor mínimo na lâmina de 123,7% da ET_c (Figura 12a).

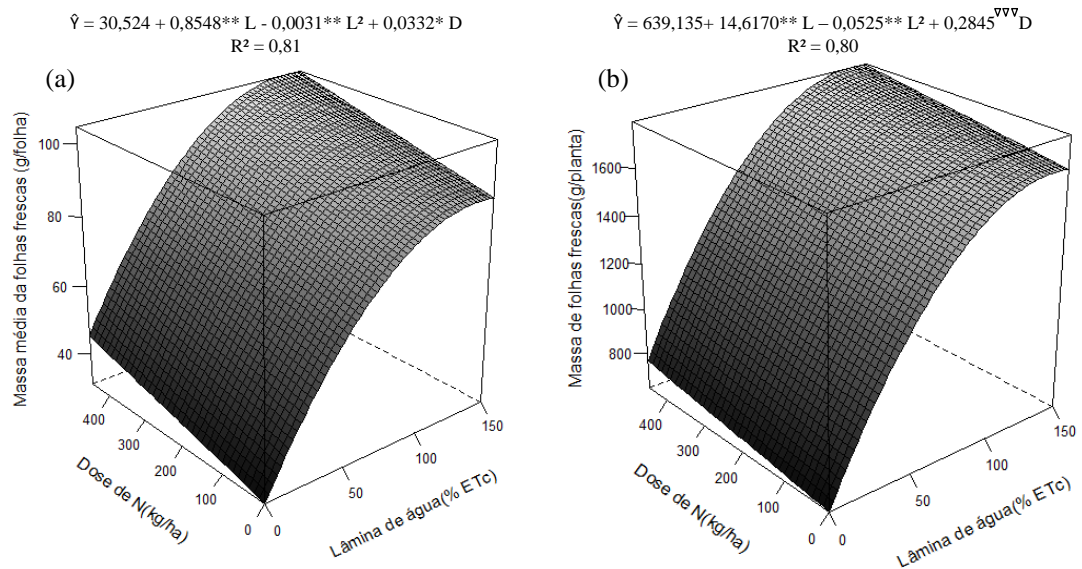


Figura 11 – Superfície de resposta para massa média de folhas frescas (a) e para massa de folhas frescas (b), em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: **1%, *5% e ^{∇∇∇}15% pelo teste “t”.

A MSF apresentou comportamento linear crescente com o aumento da lâmina e da dose de N aplicados (Figura 12b). Pode-se observar que o maior massa seca de folhas foi de 158,05 g/planta na lâmina de 150% da ET_c e na dose de 450 kg ha⁻¹.

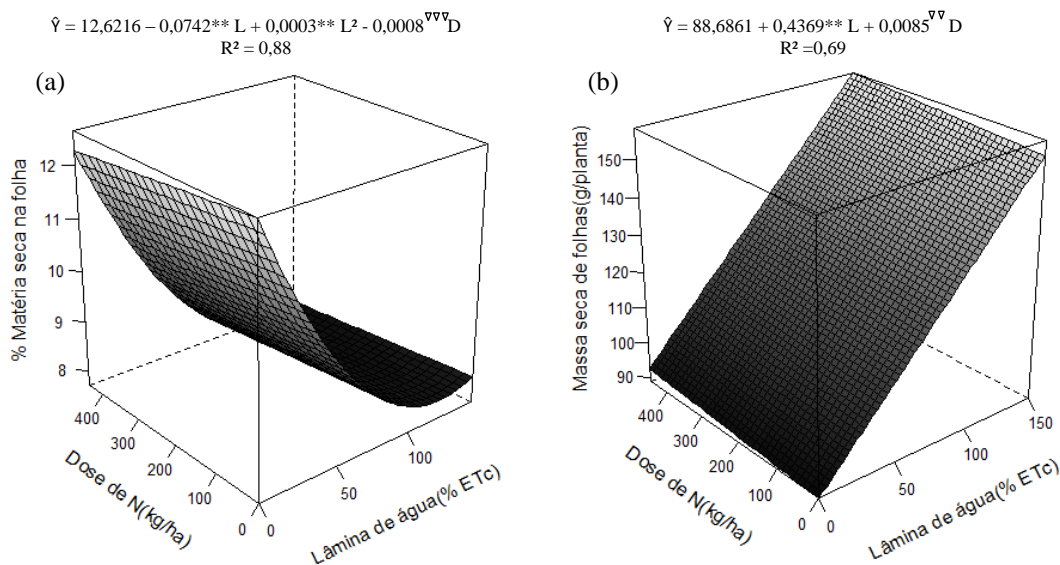


Figura 12 – Superfície de resposta para percentagem de matéria seca nas folhas (a) e massa seca de folhas (b), em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, $\nabla\nabla\nabla$ 15% e $\nabla\nabla$ 34% pelo teste “t”.

Na Tabela 6 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para as características diâmetro da inflorescência (DI), altura da inflorescência (AI), percentagem de matéria seca na inflorescência (PMSI), massa fresca da inflorescência (MFI), produtividade total (PT) e massa seca da inflorescência (MSI) em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada, e os respectivos coeficiente de determinação.

Tabela 6 – Equações de regressão ajustadas das variáveis diâmetro da inflorescência (DI), altura da inflorescência (AI), percentagem de matéria seca na inflorescência (PMSI), massa fresca da inflorescência (MFI), produtividade total (PT) e massa seca da inflorescência (MSI) em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D), e os respectivos coeficientes de determinação e o coeficiente de variação.

Características	Equações Ajustadas	R ² /r ²	Lâmina crítica de irrigação (% da ET _c)	CV(%)
DI	$\hat{Y} = 11,1923 + 0,1287^{**} L - 0,0005^{**} L^2 + 0,0004^{\nabla} D$	0,87	128,70 ^a	18,70
AI	$\hat{Y} = 8,1596 + 0,0649^{**} L - 0,0003^{**} L^2 + 0,0017^{*} D$	0,83	108,20 ^a	15,20
PMSI	$\hat{Y} = 10,086 - 0,0664^{**} L + 0,0003^{**} L^2 - 0,0008^{\nabla\nabla} D$	0,56	110,70 ^a	34,70
MFI	$\hat{Y} = 219,6933 + 9,6653^{**} L - 0,0365^{**} L^2 + 0,0025^{*} D$	0,80	132,40 ^a	37,40
PT	$\hat{Y} = 6276,9523 + 276,1514^{**} L - 1,0428^{**} L^2 + 0,0717^{*} D$	0,80	132,40 ^a	37,40
MSI	$\hat{Y} = 26,4943 + 0,2977^{**} L + 0,0093^{\nabla\nabla\nabla} D$	0,67	-	34,76

Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, * 5%, ^{∇∇∇} 25%, ^{∇∇} 27% e [∇] 38% pelo teste “t”.

^a Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação quando fixa a dose de adubação.

Para as características DI, AI, PMSI, MFI e PT, verificou-se efeito quadrático para lâmina e efeito linear para dose de nitrogênio enquanto para MSI foi verificado efeito linear para ambos os fatores em estudo.

As lâminas críticas para AI e DI foram 108,2 e 128,7 % da ET_c, respectivamente (Figuras 13a,b). Considerando a aplicação de 450 kg ha⁻¹ de N foi possível estimar valores máximos para estas características de 12,43 e 19,65 cm, respectivamente.

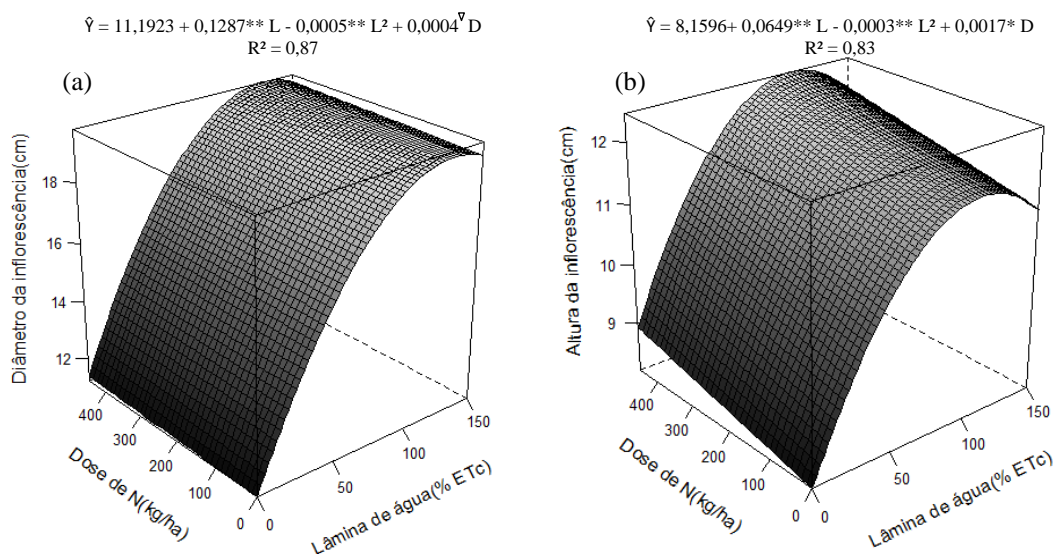


Figura 13 – Superfície de resposta para diâmetro da inflorescência (a) e a altura da inflorescência (b), em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, * 5% e ∇ 38% pelo teste “t”.

Em pesquisa com diversas cultivares no Campus de Jaboticabal da UNESP, Monteiro et al. (2010) encontraram valores de diâmetro variando de 23,55 a 26,37 cm e altura de inflorescência entre 10,03 e 12,84 cm. Em contrapartida, Moraes Junior et al. (2012) encontraram valores que variaram de 11,99 a 14,10 cm para altura da inflorescência e de 18,60 a 21,91 cm para o diâmetro no município de Ipameri-GO. Essas diferenças podem ser justificadas pela diversidade climática entre as regiões experimentais, épocas de cultivo, combinações de tratamentos e diferenças genéticas entre as variedades em estudo.

Com base no modelo ajustado, foi obtida uma lâmina crítica de 132,4 % da ET_c para a PT (Figura 14 b). Considerando esta lâmina e a dose zero de N, a estimativa média de produtividade de inflorescência foi 24.515,64 kg ha⁻¹. Ao considerar a dose de 450 kg ha⁻¹ de N, houve incremento de apenas 32,26 kg na PT, indicando que sob condições experimentais, a disponibilidade de nitrogênio não foi fator limitante na produção, e ainda que a resposta ao uso de adubo nitrogenado em condições similares acarreta pequenos ganhos de produtividade quando comparado com a irrigação. Trani & Rajj (1997) relatam que a produtividade de couve-flor é considerada satisfatória na faixa de 8.000,00 a 16.000,00 kg ha⁻¹. Camargo et al. (2008) por sua vez consideraram satisfatória a produção de 18.780,00 kg ha⁻¹ em experimento com couve-flor.

Em trabalho com a cultivar Piracicaba no município de Paragominas-PA, Tourinho e Lima Junior (2011) verificaram produção de 28.190,00 kg ha⁻¹ sem adubação nitrogenada. Esses autores relatam que aplicações de doses crescentes de nitrogênio aumentaram linearmente as produções de massa fresca de cabeça, diâmetro de cabeça e a produtividade comercial de couve-flor máxima obtida por eles foi de 37.700,00 kg ha⁻¹ na dose de 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Dessa forma, é importante ressaltar que essa superioridade na produção avaliadas no presente trabalho, sugere principalmente que com o reflexo do melhoramento genético, surgiram cultivares mais produtivas nos últimos anos (MAY et al., 2007).

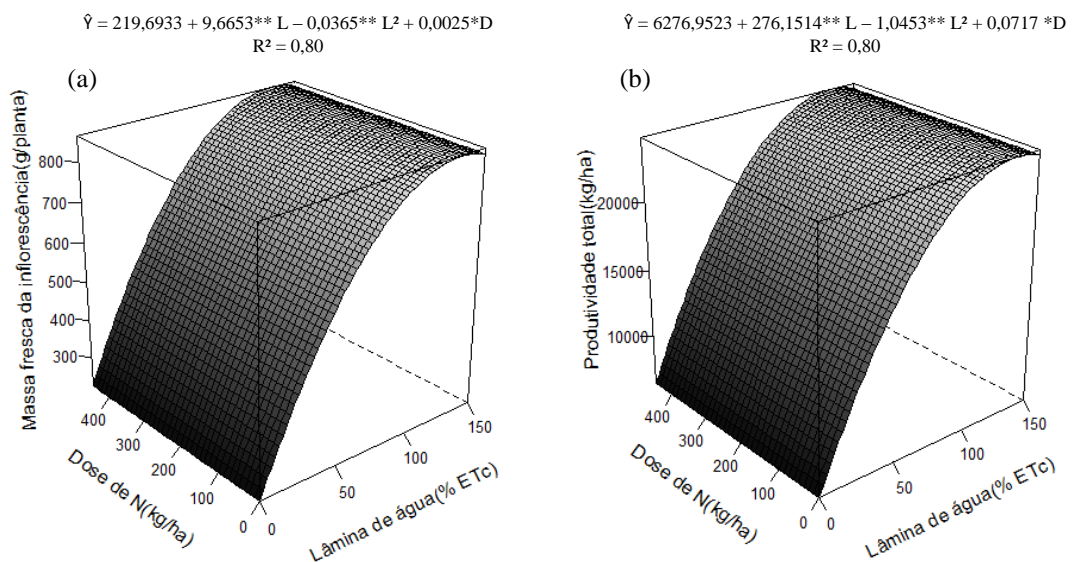


Figura 14 – Superfície de resposta para massa fresca da inflorescência (a) e a produtividade total da inflorescência (b), em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% pelo teste “t”.

Como pode ser observado na Figura 15 b, a maior porcentagem de matéria seca na inflorescência (10,08%) foi obtida no tratamento em que não houve aplicação de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Na condição de irrigação, o aumento da lâmina acarreta diminuição da porcentagem de matéria seca na inflorescência até a lâmina de 110,7% da ET_c observado dentro de cada dose de adubação nitrogenada.

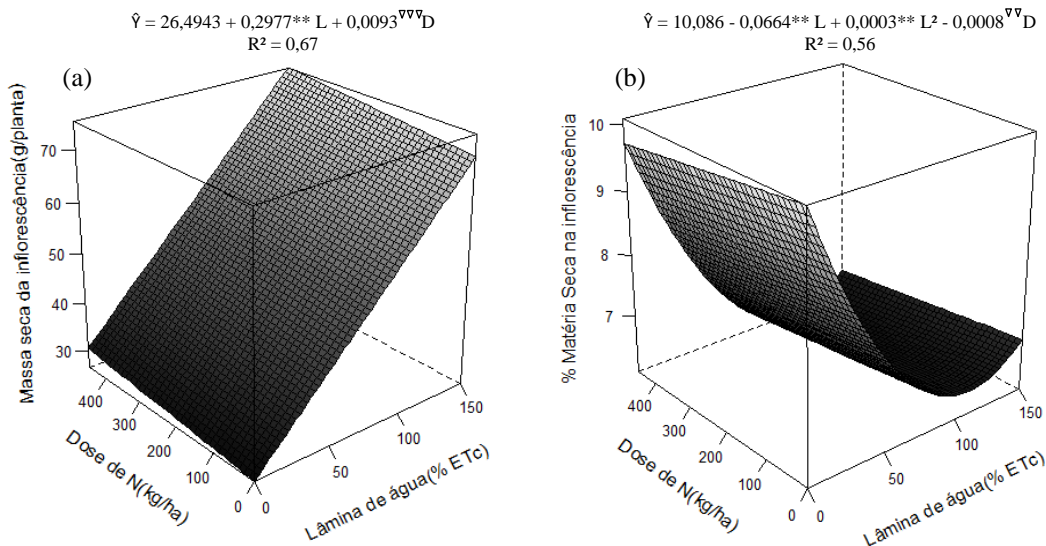


Figura 15 – Superfície de resposta para massa seca na inflorescência (a) e percentagem de matéria seca na inflorescência (b), em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, *5%, $\nabla\nabla\nabla$ 25% e $\nabla\nabla$ 27% pelo teste “t”.

Na Tabela 7 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para as características massa seca da parte aérea (MSPA) e nitrogênio total na parte aérea (NTPA) em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada, com seus respectivo coeficientes de determinação e de variação. Para as características porcentagens de matéria seca alocada na folha (PMSAF), na inflorescência (PMSAI), no caule (PMSAC), porcentagens de nitrogênio na folha (PNF), na inflorescência (PNI) e no caule (PNC) não foram verificados efeito de lâmina de irrigação nem de dose de nitrogênio, sendo os valores médios de 66,5; 27,29 e 6,20% de matéria seca, respectivamente.

Tabela 7 – Equações de regressão ajustadas para as variáveis massa seca da parte aérea (MSPA), porcentagens de matéria seca alocada na folha (PMSAF), na inflorescência (PMSAI) e no caule (PMSAC), nitrogênio total na parte aérea (NTPA), porcentagens de nitrogênio na folha (PNF), na inflorescência (PNI) e no caule (PNC) em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D) com os respectivos coeficientes de determinação e o coeficiente de variação

Características	Equações Ajustadas	r ²	CV (%)
MSPA	$\hat{Y} = 123,1880 + 0,7704^{**} L - 0,0231^{*}D$	0,71	24,3
PMSAF	$\hat{Y} = 66,5$	-	6,2
PMSAI	$\hat{Y} = 27,3$	-	23,3
PMSAC	$\hat{Y} = 6,2$	-	29,5
NTPA	$\hat{Y} = 3,1669 + 0,0238^{**} L - 0,0058^{**}D$	0,70	29,5
PNF	$\hat{Y} = 64,6$	-	6,8
PNI	$\hat{Y} = 29,2$	-	14,9
PNC	$\hat{Y} = 6,1$	-	31,1

Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 24% pelo teste “t”.

Foi verificado efeito linear para lâmina de irrigação e para dose de adubação na avaliação da matéria seca da parte aérea (MSPA) e para o nitrogênio total na parte aérea (NTPA), da cultura da couve flor. No entanto, a distribuição da matéria seca entre as partes constituintes da planta, folha, inflorescência e caule foi constante independente do tratamento adotado, isto também foi observado para a alocação do nitrogênio na planta.

Considerando a lâmina crítica para produtividade total máxima de 132,4 % da ET_c e a dose máxima foi de 450 kg ha⁻¹ para produção máxima de couve flor pode se determinar que sob tal condição a matéria seca total na parte aérea foi 214,7 g/planta, sendo que 142,7 g estão nas folhas, 58,6 g estão na inflorescência e 13,3 g estão no caule. Já o nitrogênio total da parte aérea foi 3,7 g/planta, sendo que 2,4 g estão nas folhas, 1,1 g estão na inflorescência e 0,2 g estão no caule.

Devido a relação existente entre o nitrogênio total e a matéria seca foi possível verificar que a maior quantidade de nitrogênio está alocada nas folhas uma vez que estas apresentam maior quantidade de matéria seca. Conforme esperado a distribuição de nitrogênio foi concordante com a distribuição de matéria seca entre as partes da planta.

Na Tabela 8 está apresentada a equação de regressão ajustada para a característica massa fresca do caule (MFC) em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada, com seu respectivo coeficiente de determinação. Para as características percentagem de matéria seca (PMSC) e massa seca do caule (MSC), não

foram verificados efeito de lâmina de irrigação nem de dose de nitrogênio, sendo os valores médios de 7,53 % de matéria seca e de 12,25 g/planta, respectivamente.

Tabela 8 – Equações de regressão ajustadas para as variáveis percentagem de matéria seca no caule (PMSC), massa fresca do caule (MFC) e massa seca do caule (MSC) em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D) com os respectivos coeficientes de determinação e o coeficiente de variação.

Características	Equações Ajustadas	R ²	Lâmina crítica	
			de irrigação (% da ET _c)	CV(%)
PMSC	$\hat{Y} = 7,53$	-	-	43,21
MFC	$\hat{Y} = 72,9475 + 1,6987^{**} L - 0,0070^{**} L^2 + 0,0785^{**} D$	0,81	121,3 ^a	27,9
MSC	$\hat{Y} = 12,25$	-	-	37,9

Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% de probabilidade pelo teste “t”.

^a Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação quando fixa a dose de adubação.

Na Figura 17 esta apresentada a superfície de resposta ajustada para MFC e a equação ajustada e o respectivo coeficiente de determinação.

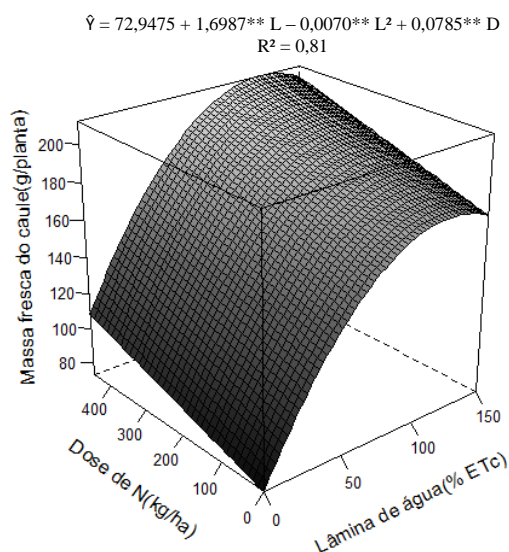


Figura 17 – Superfície de resposta para massa fresca do caule em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% pelo teste “t”.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, verificou-se que o híbrido Barcelona apresenta maior efeito decorrente da aplicação de lâmina de irrigação do que da adubação nitrogenada, para a maioria das características estudadas. Também foram verificados efeitos quadráticos para lâminas de irrigação e linear para doses de nitrogênio nas produções de massa média de folhas frescas, massa de folhas frescas, percentagem de matéria seca na folhas, diâmetro da inflorescência, altura da inflorescência, massa fresca da inflorescência, produtividade total, percentagem de matéria seca na inflorescência e massa fresca do caule.

As características número de folhas, percentagem de matéria seca no caule e massa seca do caule não foram afetadas pelas lâminas de irrigação e das doses de adubação nitrogenada.

As lâminas críticas que determinaram os maiores valores de massa média de folhas frescas, massa fresca de folhas, diâmetro da inflorescência, altura da inflorescência, massa fresca da inflorescência, produtividade total e massa fresca de caule são superiores a 100% da ET_c dentro de cada dose de adubação nitrogenada. No entanto, sob estas mesmas condições, a percentagem de matéria seca na folha e percentagem de matéria seca na inflorescência apresentaram os menores valores.

A aplicação crescente de lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio aumentaram linearmente as produções de massa seca de folhas e massa seca da inflorescência.

A maior produtividade total da couve-flor Barcelona foi $24.547,80 \text{ kg ha}^{-1}$, com diâmetro médio de 19,60 cm e altura média de 12,25 cm e massa fresca da inflorescência de 858,90 g/planta, na lâmina de irrigação equivalente de 132,4 % da ET_c e na dose de 450 kg ha^{-1} de N.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G. et al. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALMEIDA, K.; CARVALHO, G. J. de; DUARTE, W. F. Produção orgânica de couve-flor em sistema de plantio direto e convencional. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 2, n. 2, out. 2007.
- ALLEN, R.G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator, Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82p.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.
- CAMARGO FILHO, W. P. de; CAMARGO, F. P. de. **Acomodação da produção olerícola no Brasil e em São Paulo, 1990-2010** – Análise prospectiva e tendências 2015. São Paulo, 1990-2010: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/estudos_lupa.php>. Acesso em: 23 jun. 2014.
- CAMARGO, M. S.; MELLO, S. C.; FOLTRÁN, D. E.; CARMELLO, Q. A. C. Produtividade e podridão parda em couve-flor de inverno influenciadas pelo nitrogênio e boro. **Bragantia**, v. 67, p.371 – 375, 2008.
- CLAUDIO, M. de T. R. **Doses de fósforo no acúmulo de nutrientes, na produção e na qualidade de sementes de couve-flor**. 2013. 66f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.
- DENÍCULI, W. et al. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 194p.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.

GARLVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. 2006. 9p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 63).

KANO, C. et al. Produção e qualidade de couve-flor cultivar Teresópolis Gigante em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4, out./dez., p. 453-457, 2010.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 17, p. 678-684, 1974.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luis Fabiano. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª edição, Editora UFV, Viçosa, Minas Gerais, 355 p., 2009.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.

MAY, A. et al. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 200). 36p.

MONTEIRO, B. C. B. A.; CHARLO, H. C. O.; BRAZ, L. T. Desempenho de híbridos de couve-flor de verão em Jaboticabal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 115-119, 2010.

MORAIS JUNIOR, O. P. de; CARDOSO, A. F.; LEÃO, É. F.; PEIXOTO, N. Desempenho de cultivares de couve-flor de verão em Ipameri. *Cienc. Rural* [online]. 2012, vol.42, n.11, p. 1923-1928. Epub Sep 04, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n11/a30512cr6583.pdf>. Acesso em: 05 dezembro, 2014. doi: 10.1590/S0103-84782012005000085.

OLIVEIRA, E. M. de. **Produtividade do cafeeiro conilon vitória submetido a diferentes lâminas de irrigação**. 2014. 96f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SAEG **Sistema para Análises Estatísticas**. Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes – UFV, 2007.

TAMASSONI, F.; SANTOS, R. F.; ROCHA, A. A.; GALDINO, T. S.; NADALETI, W. C.; ROSSI, E.; CARPINSKI, M. Sensibilidade da couve-flor ao excesso de água no solo. **Acta Iguazu**, Cascavel, PR, v. 2, n. 4, p. 1-6, 2013.

TOURINHO, M. P.; LIMA JÚNIOR, J. A. Rendimento produtivo em função da adubação nitrogenada na cultura da couve-flor. **Anais do 9º Seminário Anual de Iniciação Científica**, 19 a 21 de outubro de 2011.

TRANI, P. E.; RAIJ, B van. **Hortaliças**. In: RAIJ, B. van. et al. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1997. 285 p.

VICENTE, M. R. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade e no sistema radicular do feijoeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 238-249, 2007.

VIDIGAL, S. M. et al. (Orgs.). **101 culturas** – Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DA CULTURA DO BRÓCOLIS COM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO

OLIVEIRA, Reginaldo Miranda de, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Produção da cultura do brócolis com diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Coorientadores: Paulo Roberto Cecon e Sanzio Mollica Vidigal.

O brócolis (*Brassica oleracea*) é uma espécie cultivada em diversas regiões do mundo. Aliado às condições climáticas adequadas, o manejo da adubação e da água é responsável por um bom desenvolvimento da cultura. O conhecimento adequado do efeito da água e do nitrogênio sobre o crescimento e rendimento das plantas é necessário; no entanto, existem poucas informações referentes à irrigação e à adubação nitrogenada desta brássica. Neste trabalho teve-se como objetivo avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação e de doses de nitrogênio na produção do brócolis híbrido Centenário. O experimento foi conduzido numa área experimental do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. Amostras de solo foram coletadas na área experimental para determinação de suas características físicas e químicas. A adubação foi feita conforme recomendações para a cultura no estado de Minas Gerais. O transplântio das mudas foi feito em 14 de agosto de 2014, aos 38 dias após semeadura (DAS), com espaçamento de 70 cm x 50 cm, totalizando 24 plantas por parcela. Foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento com linhas laterais dispostas paralelamente às fileiras de plantas, com um gotejador por planta, com vazão média de 2,24 L h⁻¹. A uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação foi avaliada, obtendo-se valores de CUC e CUD iguais a 94,51 e 91,57%, respectivamente. Os valores diários de evapotranspiração de referência (ET₀) foram calculadas com uso de uma estação meteorológica automática e do programa computacional REF-ET, com aplicação da equação de Penman-Monteith FAO 56. Os coeficientes de cultura (Kc)

utilizados foram iguais a 0,45; 0,80; 1,05 e 0,90 para os estádios de desenvolvimento I, II, III e IV respectivamente. A irrigação foi conduzida com turno de rega diário, sendo que na primeira semana após o transplante todas as parcelas receberam a mesma lâmina de irrigação. A adubação nitrogenada foi feita com ureia, sendo aplicados 20% de cada dose estudada aos 55 dias após a semeadura (DAS), 40% aos 69 e 40% aos 83 DAS. Foi adotado o esquema de parcelas subdivididas no delineamento inteiramente casualizado (DIC), tendo nas parcelas as lâminas (0; 75; 100; 125 e 150 % da ET_c) e nas subparcelas as doses de nitrogênio (0; 75; 150; 300 e 450 kg ha⁻¹). Foram avaliados na inflorescência: massa fresca (MFI), produtividade total (PT), massa seca (MSI), percentagem de matéria seca (PMSI), diâmetro (DI), altura (AI), percentagem de matéria seca alocada (PMSAI) e a percentagem de nitrogênio (PNI); no caule: massa fresca (MFC), massa seca (MSC), percentagem de matéria seca (PMSC), percentagem de matéria seca alocada (PMSAC) e a percentagem de nitrogênio (PNC); e nas folhas, foram avaliados número (NF), massa média de folhas frescas (MMFF), massa fresca (MFF) e massa seca (MSF), percentagem de matéria seca (PMSF), percentagem matéria seca alocada (PMSAF) e a percentagem de nitrogênio (PNF). Para analisar os efeitos do manejo da irrigação e da adubação sobre as características avaliadas, foram determinados os modelos de regressão baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t a 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação. Verificou-se que para o híbrido Centenário não houve efeito da lâmina de irrigação e da dose de adubação nas características NF, MSF, PMSAF, PNF, MSI, PMSAI, PNI, MSC, PMSAC e PNC. Já para as características PMSF, MFF, PMSC, DI, MFI, PT foi verificado efeito quadrático para ambos os fatores em estudo. As variáveis PMSF e PMSC apresentaram valores mínimos nas lâminas de 105,2 e 98,5% da ET_c , nas doses de 395 e 380 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. As características MFF, DI, MFI e PT apresentaram valores máximos nas lâminas de 99,5; 110,0; 119,4 e 119,4% da ET_c , nas doses de 334,0; 290,0; 370,00 e 370,0 kg ha⁻¹ de N, respectivamente. Nas variáveis MMFF e MFC, fixando-se a dose de adubação nitrogenada, as lâminas críticas que determinaram valores máximos foram 99,3 e 97,5% da ET_c , respectivamente. Já para PMSI, os valores mínimos dentro de cada dose de adubação nitrogenada foram determinados pela lâmina de 119,3% da ET_c . A maior produtividade comercial obtida foi 19.078,39 kg ha⁻¹, com DI médio de 15,94 cm, AI média de 15,08 cm e MFI médio de 671,72 g/planta, na lâmina de irrigação equivalente de 119,4 % da ET_c e na dose de 370 kg ha⁻¹ de N.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Reginaldo Miranda de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February of 2015. **Broccoli yield with different irrigation depths and nitrogen rates.** Adviser: Rubens Alves de Oliveira. Co-advisers: Paulo Roberto Cecon and Sanzio Mollica Vidigal.

The broccoli (*Brassica oleracea*) is a species grown in several regions in the World. Allied to appropriate climatic conditions, the fertilizer and water management are responsible for a good crop growth. Adequate knowledge about water and nitrogen effect on plants growth and yield are needed; however, there is little information regarding the irrigation and nitrogen fertilization about this brassica. In this study we aimed to verify the water depth and nitrogen application effect on Centenário broccoli production. The experiment was carried out at the experimental area of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), in Viçosa-MG. Soil samples were collected in the experimental area to determine the physical and chemical soil characteristics. The planting fertilization was performed as recommended for the crop in the state of Minas Gerais. The seedlings transplanting was held in August 14, 2014, 38 days after sowing (DAS), with spacing of 70 cm x 50 cm, totaling 24 plants. The irrigation drip system was installed, it was consisting of a prepared line to the planting line with one dripper per plant and with an average flow rate of 2.24 L h⁻¹. The water uniformity in the irrigation system was evaluated, obtaining CUC and CUD values equal to 94.51 and 91.57%, respectively. The daily values of reference evapotranspiration (ET₀) were estimated using a weather station and the REF-ET computer program, based on the Penman-Monteith FAO 56. The crop coefficients (K_c) used were equal to 0.45; 0.80; 1.05 and 0.90 for the I, II, III and IV development stages respectively. Irrigation was performed with daily irrigation schedule, in the first week after transplantation all

parcels received the same water depth. Nitrogen fertilization was made with urea and 20% of each dose studied was applied at 55 days after sowing (DAS), 40% at 69 and 40% at 83 DAS. The installment scheme subdivided parcel in a completely randomized design (CRD) was adopted; in the plot the depths (0, 75, 100, 125 and 150% of ET_c) and the subplots nitrogen rates (0, 75, 150, 300 and 450 $kg\ ha^{-1}$). In the inflorescence, we were assessed fresh weight (MFI), total productivity (PT), dry weight (MSI), dry matter percentage (PMSI), diameter (DI) and height (AI); allocated dry matter percentage (PMSAI) and nitrogen percentage (PNI), in the stem: fresh weight (MFC), dry weight (MSC), dry matter percentage (PMSC); nitrogen percentage (PNC) and in the leaves, we were evaluated number (NF), average weight of fresh leaves (MMFF), fresh weight (MFF), dry weight (MSF), dry matter percentage (PMSF) and nitrogen percentage (PNF). To analyze the irrigation and fertilization management effects on these characteristics we determined regression models based in the regression coefficients significance, using the t test at 5% probability and the determination coefficient. This study showed that the Centenário hybrid presented significantly effect of irrigation depths and fertilizer dose on the characteristics NF, MSF, PMSAF, PNF, MSI, PMSAI, PNI, MSC, PMSAC and PNC. To the characteristics PMSF, MFF, PMSC, DI, MFI, PT we verified quadratic effect for both factors under study. The PMSF and PMSC showed minimum values in the depths, 105.2 and 98.5% of ET_c and the 395.0 and 380.0 $kg\ ha^{-1}$ the N of fertilizer levels, respectively. The characteristics MFF, DI, MFI and PT showed maximum values in the depths 99.50; 110.00; 119.40 and 119.40% of ET_c and the doses of 334.00; 290.00; 370.00 and 370.00 $kg\ ha^{-1}$, respectively. In variables MMFF and MFC, to be fixed the nitrogen fertilizer dose the critical depths that determined maximum values were 99.34 and 97.50% of ET_c , respectively. To for PMSI, minimum values within each nitrogen fertilizer dose were determined by the depths of 119.25% of the ET_c . The highest commercial yield obtained was 19,078.39 $kg\ ha^{-1}$, with average mean diameter of 15.94 cm, and mean height of 15.08 cm, and mean fresh weight 671.72 $g\ plant^{-1}$, in equivalent irrigation depth of 119.4% of ET_c and at a dose of 370 $kg\ ha^{-1}$ of N.

1. INTRODUÇÃO

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) é uma planta semelhante à couve-flor, entretanto, é mais rico em termos nutricionais, possui uma inflorescência central compacta (cabeça única) ou inflorescências laterais (tipo ramoso), ambas de coloração verde-escura (RODRIGUES et al., 2013), possui um caule mais longo, folhas de nervuras menos salientes e pedúnculos compridos e mais distanciados e as partes comercializáveis são os pedúnculos e botões florais. Tem o capítulo central menos compacto, de coloração verde-azulado, com emissão de numerosos rebentos nas axilas das folhas, que terminam em capítulo de flores imperfeitas (VIDIGAL et al., 2007). Esta hortaliça que possui 90,7% de água, rica em proteínas, cálcio e vitaminas A, B e C (SCHIAVON JÚNIOR, 2008).

Entre as brássicas cultivadas no mundo, o plantio do brócolis de cabeça única vem crescendo no Brasil, devido ao segmento de congelados (SCHIAVON JÚNIOR, 2008). No estado de São Paulo, a área cultivada em 2008-2009 com brócolis chegou a 1.942 ha, com produção de 32.982 toneladas (CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2011). Já em Minas Gerais, aproximadamente 98% da produção de brócolis é comercializada nas Ceasas-MG (VIDIGAL et al., 2007).

O espaçamento de plantio dessa cultura ocorre em razão do segmento de mercado, ou seja, para o consumo in natura ou o processamento, para os quais têm sido adotados os espaçamentos de 0,80 m x 0,50 m e de 0,80 m x 0,40 m, respectivamente (CECÍLIO FILHO et al., 2012; SCHIAVON JÚNIOR, 2008).

De acordo com Lalla et al. (2010), um fator climático que afeta o crescimento e a qualidade das brássicas é a temperatura, sendo uma faixa ótima com médias de 15 a 18°C e máxima de 24°C. Quando as plantas se encontram em fase de crescimento vegetativo, períodos prolongados de temperaturas acima de 25°C podem retardar a

formação de inflorescência, reduzindo o tamanho delas e causando o desenvolvimento de folhas ou brácteas nos pedúnculos florais.

Segundo Nespoli et al. (2013), nos meses de temperatura mais amena, o brócolis apresenta um melhor desempenho em relação à sua produtividade e a seu aspecto visual, já que o desenvolvimento da planta é favorecido pelo clima predominantemente frio. Segundo Schiavon Júnior (2008), o desenvolvimento floral do brócolis é interrompido por temperaturas acima de 28°C, especialmente quando ocorrem nos primeiros estágios de desenvolvimento das flores.

A cultura do brócolis é bastante exigente em água, sendo importante quantificá-la ao longo do ciclo, para que se evitem possíveis prejuízos. É importante considerar que a necessidade hídrica do brócolis depende de vários aspectos, destacando-se as condições climáticas, a fase da cultura, o espaçamento entre as plantas, o índice de área foliar, os aspectos nutricionais e fitossanitários, entre outros. Como efeito da falta de água no solo, tem-se a queda de cabeça, a formação de caule oco e doenças. Além disso, o déficit hídrico pode resultar no impacto na inflorescência (má formação e flores pequenas), e a irrigação pode ser uma alternativa para melhorar a produção dessa hortaliça (RODRIGUES et al., 2013).

O manejo da água na agricultura irrigada, além de visar ao uso racional dos recursos hídricos, possibilita maior eficiência de outros fatores de produção ao longo do ciclo da cultura. Aliada à irrigação, a adubação é uma prática que deve ser levada em consideração, mas vem sendo feita de maneira inadequada por muitos produtores.

Com o objetivo de melhorar a qualidade e elevar a produtividade do brócolis, é necessário fazer adubações e, entre os minerais essenciais, destacam-se o nitrogênio, o fósforo e o potássio, que são demandados em grandes quantidades e devem ser fornecidos em doses compatíveis com as exigências da cultura. Em situações em que o fornecimento desses nutrientes é baixo, o crescimento vegetativo da planta é reduzido. Devido a essas características, muitas vezes, os produtores têm utilizado, sem muito critério, as mais diversas quantidades desses nutrientes.

De acordo com Schiavon Júnior (2008), no que se refere à adubação, o nitrogênio e o potássio são demandados em grandes quantidades. Tanto a deficiência quanto o excesso de nutrientes podem causar distúrbios fisiológicos e afetar a qualidade do brócolis. A produtividade e o tamanho de cabeça de diversas cultivares de brócolis aumentam com o incremento da dose de nitrogênio aplicada (GORSK; ARMSTRONG,

1985; SHIAVON JUNIOR, 2008). Segundo Feller e Fink (2005), a necessidade de nitrogênio pela cultura do brócolis está compreendida entre 300 a 465 kg ha⁻¹ de N.

Outro fator fundamental para o sucesso da produção de hortaliças é a reposição de água no solo, em quantidades adequadas, por meio da irrigação. A irrigação e doses de adubação nitrogenada (400 e 600 kg ha⁻¹ de N) adequadas são capazes de aumentar a massa da planta e a produção de brócolis, assim como antecipar a colheita (BABIK; ELKNER, 2002). Conforme San Bautista et al. (2005), a manutenção do teor de umidade do solo próximo a capacidade de campo proporcionou maior produtividade comercial enquanto a deficiência hídrica favoreceu a deformação dos botões florais na cultivar Marathon.

Fortier et al. (2010), avaliaram a influência da irrigação e da adubação nitrogenada na produção do brócolis e verificaram aumento no rendimento de cabeças comercializáveis com aumento do nitrogênio aplicado e, apenas em condições de altas doses de adubação, verificaram aumento do percentual de caule oco em cultivo irrigado.

Na áreas irrigadas com olerícolas é comum observar a inexistência de manejo da irrigação, o que gera desperdício de água e energia, além de problemas socioambientais. Práticas de manejo adequado da irrigação contribuem para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas.

Doorenbos e Kassan (1979) definiram a evapotranspiração como a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície de solo vegetada durante determinado período, incluindo a evaporação da água do solo, da água depositada por uma irrigação, chuva ou pelo orvalho na superfície das folhas e a transpiração vegetal.

O consumo de água envolvido no processo de evapotranspiração é influenciado por diversos fatores, entre eles, a ação combinada dos elementos meteorológicos como a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, o grau de sombreamento do dossel vegetal e a quantidade de água prontamente disponível no solo (DOORENBOS; PRUITT, 1977).

O manejo da irrigação consiste em determinar quando irrigar as culturas, quanto de água aplicar e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. A determinação do consumo de água das culturas pode ser obtida por medidas efetuadas no solo, na planta e na atmosfera. Segundo Oliveira (2014), no método do balanço hídrico no sistema solo-planta-atmosfera, a entrada de água ocorre por meio das irrigações e precipitações pluviais; já a saída ocorre principalmente por evapotranspiração e por percolação profunda.

A evapotranspiração de referência (ET_0) pode ser estimada por diferentes métodos e técnicas a partir de dados meteorológicos, e o conhecimento de seu valor constitui um fator básico para quantificar o total de água necessário para uma cultura durante o seu ciclo.

A evapotranspiração de referência (ET_0) é definida como a evapotranspiração de uma cultura hipotética que cobre todo o solo, em fase de crescimento ativo, sem restrições hídricas e/ou nutricionais, com altura média de 12 cm, albedo de 0,23 e resistência da superfície de 70 s m^{-1} . Sendo a equação de Penman-Monteith adotada como método padrão para a estimativa da ET_0 (ALLEN et al., 1998).

Tendo em vista a grande importância da água e da adubação nitrogenada para a cultura do brócolis, sobretudo devido à necessidade de se utilizar a água e o nitrogênio de modo eficiente, propôs-se neste trabalho avaliar o efeito da aplicação de lâminas de irrigação e de doses de adubação nitrogenada na cultura do brócolis Centenário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental de irrigação e drenagem pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. A área está situada a 20°45' S e 42°51' O, com altitude de 651 m. De acordo com Vicente et al. (2007), o clima da região é considerado do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen, temperado quente, com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação média anual de 1.221 mm. A temperatura média anual é de 19,4° C.

O experimento foi conduzido num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilo-arenosa. Com uso de um trado holandês, foram coletadas amostras de solo na camada de 0 a 30 cm de profundidade em vários locais da área experimental para a determinação de suas características físicas e químicas. As características químicas foram determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo pertencente ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, segundo metodologias descritas pela EMBRAPA (2011). A distribuição granulométrica e os resultados das análises físico-hídricas do solo estão apresentados na Tabela 1. Na Tabela 2 estão apresentadas algumas das características químicas.

A capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pm) foram determinados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV usando-se o Extrator de Richards.

Tabela 1 – Características físico-hídricas do solo da área experimental

Camada (cm)	Distribuição granulométrica (%)				Teor de água (g g ⁻¹)		Densidade do solo (g cm ⁻³)
	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	Cc	Pm	
0 - 30	38	16	32	14	0,326	0,208	1,1

Tabela 2 – Características químicas do solo da área experimental

Camada (cm)	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V %	P-rem mg L ⁻¹	MO dag kg ⁻¹
				cmol _c dm ⁻³									
0-30	5,70	27,46	106,80	3,26	0,71	0,00	3,48	4,24	4,24	7,72	54,82	33,34	2,71

P, Na, K – Extrator Mehlich - 1

Ca, Mg, Al – KCl 1 mol/L

Mat. Org.(MO) – C.org. x 1,724

H+Al – acetato de cálcio 0,5 mol/L

SB: Soma de bases

t: CTC efetiva

T: CTC a pH 7,0

V: Saturação de bases

2.2. Preparo do solo e adubação

O preparo do solo foi feito com uma aração e duas gradagens, o que permitiu a quebra dos torrões e a homogeneização do solo para facilitar o plantio das mudas. Foi feita calagem antes do plantio, aplicando-se 1.190,00 kg de calcário dolomítico, com 95% de PRNT, para disponibilizar cálcio e magnésio.

A adubação de plantio foi definida de acordo com os resultados da análise química do solo e com as recomendações para a cultura, segundo a Recomendação de Uso de Fertilizantes para o Estado de Minas Gerais – 5^a aproximação (CFSEMG, 1999). O adubo foi distribuído manualmente em linha, seguido de incorporação. Foram aplicados 1.500 kg ha⁻¹ de superfosfato simples; 80 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio; 20 kg ha⁻¹ na forma de bórax; e 20 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco.

A adubação potássica foi aplicada em cobertura em três períodos: no primeiro, 15 dias após o transplantio (DAT), aplicou-se 25% do cloreto de potássio; no segundo, 30 DAT, aplicou-se 37,5% do cloreto de potássio; e o restante no terceiro período, aos 45 DAT. Além disso, foram feitas duas adubações com molibdênio, na forma de

molibdato de sódio, aplicado por pulverização na concentração de 1 g L^{-1} (VIDIGAL et al., 2007), aos 15 e 30 DAT.

A adubação nitrogenada foi feita com ureia, de acordo com as cinco doses estudadas: 0, 75, 150, 300 e 450 kg ha^{-1} de N. Os adubos nitrogenado e potássico foram diluídos em água e aplicados em cada parcela experimental (três fileiras de plantas com quatro metros cada), tendo sido aplicados 300 mL por planta (Figura 1).



Figura 1 – Adubação do brócolis, com aplicação de adubos diluídos em água.

2.3. Instalação do experimento e manejo da cultura

O experimento foi instalado num esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as lâminas ($L_0 = 0\%$ da ET_c ; $L_1 = 75\%$ da ET_c ; $L_2 = 100\%$ da ET_c ; $L_3 = 125\%$ da ET_c e $L_4 = 150\%$ da ET_c), nas sub-parcelas as doses de nitrogênio ($N_0 = 0\text{ kg ha}^{-1}$; $N_1 = 75\text{ kg ha}^{-1}$; $N_2 = 150\text{ kg ha}^{-1}$; $N_3 = 300\text{ kg ha}^{-1}$ e $N_4 = 450\text{ kg ha}^{-1}$), no delineamento inteiramente casualizado. Cada subparcela foi constituída de fileiras de plantas espaçadas de 70 cm, com espaçamento de 50 cm ao longo da fileira, totalizando 24 plantas por parcela representando uma população de plantas de $28.570,00\text{ planta ha}^{-1}$, sendo avaliadas 6 plantas. Na Figura 2 é apresentado o esquema da área experimental, mostrando as dimensões e a identificação das unidades experimentais (sub-parcelas).

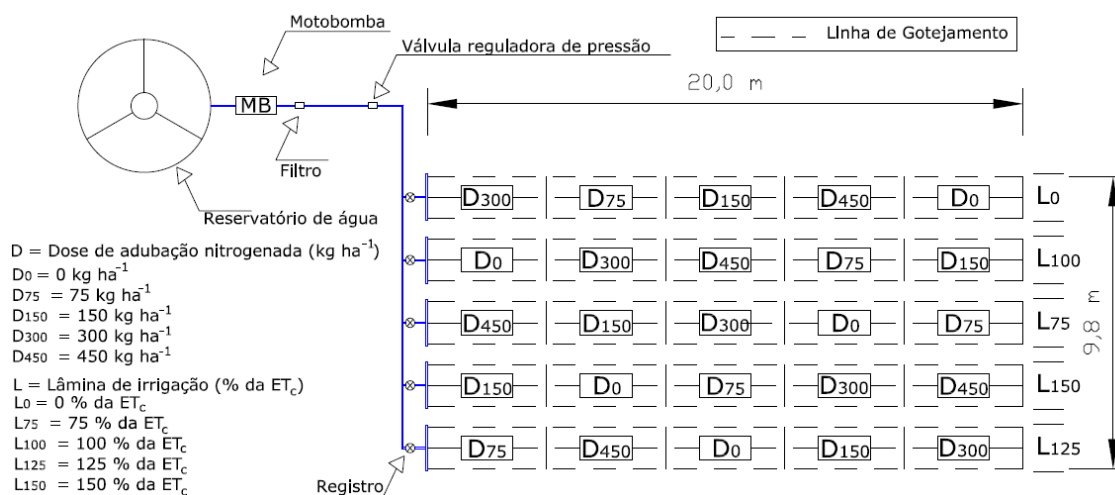


Figura 2 – Esquema da área experimental.

Foram utilizadas sementes de brócolis híbrido CENTENÁRIO, cujo ciclo da cultura é de aproximadamente de 72 dias após o transplante.

A implantação da cultura foi feita por transplante das mudas produzidas em bandejas plásticas. O transplante foi feito em 14 de agosto de 2014, aos 38 dias após a semeadura (DAS). A Figura 2 mostra plantas de brócolis, cultivar Centenário, aos 36 e 68 DAT.

Durante o ciclo da cultura foram feitas capinas manuais para o controle de plantas daninhas e aplicações frequentes de defensivos químicos para o controle e a prevenção de doenças e pragas. Foram aplicados Decis 25 EC para o controle da lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*) e da lagarta-medede-palmo (*Trichoplusia ni*); e Evidence 700 WG para o controle do pulgão-da-couve (*Brevicoryne brassicae*), e oxicloreto de cobre para o controle do míldio (*Peronospora parasitica*).



Figura 2 – Plantas de brócolis, cultivar Centenário, aos 36 e 68 DAT.

2.4. Sistema de irrigação

Após o transplântio das mudas, a cultura foi irrigada por aspersão convencional com a finalidade de elevar a umidade do solo à capacidade de campo para todos os tratamentos, com a aplicação de uma lâmina de 32 mm. Todas as parcelas receberam a mesma lâmina de irrigação durante 12 (DAT), até o estabelecimento da cultura, sendo essa lâmina aplicada por gotejamento.

No experimento foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento composto por linhas laterais de polietileno do tipo tubo gotejador autocompensante, modelo Azud Premier line PC 16, com 13,7 mm de diâmetro interno e emissores espaçados de 50 cm, sendo um gotejador por planta. Os tubos gotejadores estavam dispostos paralelamente às linhas de plantio, espaçados de 70 cm entre si. A vazão média dos gotejadores foi igual a $2,24 \text{ L h}^{-1}$, sob pressão de serviço de 140 kPa.

Antes do início do experimento, foi realizado um teste de uniformidade de distribuição de água, empregando-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974) e modificada por Denículi et al. (1980), em que foram avaliadas quatro linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a $1/3$ e a $2/3$ do início da parcela, e a última. Em cada linha lateral foram avaliados oito gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a $1/7$, $2/7$, $3/7$, $4/7$, $5/7$, $6/7$ do início da linha lateral, e o último. No total foram avaliados 32 gotejadores. Os valores dos coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD), calculados de acordo com Bernardo et al., (2006), foram iguais a 94,5 e 91,6%, respectivamente. Para fins comparativos com a metodologia anterior, foi aplicada, também, a metodologia de medição de vazão dos gotejadores de todas as linhas laterais. Neste caso, os valores de CUC e CUD foram iguais a 93,4 e 90,0%, respectivamente.

De acordo com Mantovani (2001), sistemas de irrigação que apresentam valores de CUC e CUD maiores que 90,0 e 84,0%, respectivamente, são classificados como excelente, quanto à uniformidade de distribuição de água.

2.5. Manejo da irrigação

O programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000) foi utilizado para o cálculo da estimativa da evapotranspiração de referência na realização do manejo da irrigação da cultura da brócolis. No início do manejo, durante os 12 primeiros dias, a mesma lâmina de irrigação foi aplicada a todas as parcelas experimentais até o estabelecimento da cultura em campo. Os dados meteorológicos utilizados para alimentar o programa foram obtidos em uma estação meteorológica automática instalada na área experimental, a qual possui sensores de precipitação pluvial, velocidade do vento, umidade relativa do ar, temperatura do ar e radiação solar. Assim, a ET_0 foi calculada com a aplicação da equação de Penman-Monteith FAO-56 (ALLEN et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{37}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

em que:

ET_0 – evapotranspiração de referência, mm d^{-1} ;

R_n – saldo de radiação na superfície, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

G – densidade do fluxo de calor no solo, $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$;

T_a – temperatura média do ar diária, $^{\circ}\text{C}$;

U_2 – velocidade do vento a 2 m de altura, m s^{-1} ;

e_s – pressão de saturação de vapor, kPa;

e_a – pressão parcial de vapor, kPa;

$e_s - e_a$ – déficit de pressão de saturação de vapor, kPa;

Δ - declividade da curva de pressão de saturação de vapor, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$;

γ - coeficiente psicrométrico, $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Valores de evapotranspiração da cultura foram calculados por meio da seguinte equação (MANTOVANI et al., 2009):

$$ET_c = K_L K_s K_c ET_0 \quad (2)$$

em que:

ET_c – evapotranspiração da cultura, $mm\ d^{-1}$;

K_L – coeficiente de localização, adimensional;

K_s – coeficiente de déficit hídrico, adimensional;

K_c – coeficiente de cultura, adimensional; e

ET_0 – evapotranspiração de referência, $mm\ d^{-1}$.

Os valores de K_c utilizados no experimento para cada estágio de desenvolvimento da cultura estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de K_c para os quatro estágios de desenvolvimento da cultura do brócolis

Estádio	Duração (dias)	K_c
Inicial (I)	12	0,45
Vegetativo (II)	33	0,80
Florescimento (III)	36	1,05
Maturação (IV)	-	0,90

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979).

Devido a sensibilidade ao déficit hídrico dessa olerícola, as irrigações foram realizadas com alta frequência (turno de rega de um dia), assumindo-se o valor de K_s igual a 1,0. O valor de K_L foi determinado por meio da metodologia proposta por Keller (apud BERNARDO et al., 2006):

$$K_L = 0,1\sqrt{P} \quad (3)$$

em que:

P – valor da percentagem de área molhada ou sombreada, a que for maior.

Para o estágio inicial da cultura foi considerada 20% da percentagem de área molhada, sendo realizadas medições da área sombreada diariamente, e, quando esta passou a ser maior que a área molhada, adotou-se o maior valor.

2.6. Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de variância de regressão. Os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação (R^2). Para a execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico “SAEG 9.1”, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (SAEG, 2007).

Os valores críticos para as lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada que determinam a resposta máxima ou mínima da equação foram obtidos a partir da primeira derivada do modelo ajustado em função dos fatores em estudo.

2.7. Análise de produção

Em cada tratamento, foram colhidas seis plantas cortadas rente ao solo. Foram separados caule, folhas e inflorescência de cada planta individualmente (Figura 3).

2.7.1. Massa fresca total das inflorescências

Cada inflorescência de cada tratamento foi pesada individualmente em balança digital com precisão de duas casas decimais (0,01), sendo os valores expressos em g.



Figura 3 – Plantas de brócolis separadas em caule, folhas e inflorescência.

2.7.2. Produtividade total das inflorescências

Para as condições de espaçamento adotado no experimento, estimou-se a população de plantas em um hectare. Após obter a massa fresca total das inflorescências, estimou-se a produtividade total das inflorescências. Os valores foram expressos em kg ha^{-1} .

2.7.3. Número de folhas

As folhas, após serem destacadas do caule, foram contadas para cada planta.

2.7.4. Diâmetro médio e altura da inflorescência

Foi determinado o valor médio de dois diâmetros perpendiculares medidos com uma régua graduada. O valor de altura da inflorescência foi obtido medindo-a de sua base até seu topo. Os dados obtidos foram expressos em cm.

2.7.5. Massa fresca total do caule e das folhas

Após a separação de caule e folhas, ambos foram pesados. Os valores foram expressos em g/planta.

2.7.6. Percentagem de matéria seca no caule, nas folhas e na inflorescência

Foi retirada uma amostra de cada parte constituinte da planta, por tratamento, e colocada em estufa a 65 °C até a estabilização do massa. Os valores foram expressos em porcentagem.

2.7.7. Massa seca total do caule, folhas e inflorescência

A matéria seca total de caule, folhas e inflorescências foi estimada por meio do produto do teor de matéria seca pelo massa de matéria fresca, e os valores foram expressos em g/planta.

2.7.8. Teor de nitrogênio no caule, nas folhas e na inflorescência

Após realizada a secagem das partes avaliadas da planta, o material foi triturado em moinho e o nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl (adaptado por GALVANI; GAERTNER, 2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 estão apresentadas as variações das temperaturas máxima, média e mínima e de umidade relativa média do ar, durante o período do cultivo de brócolis híbrido Centenário.

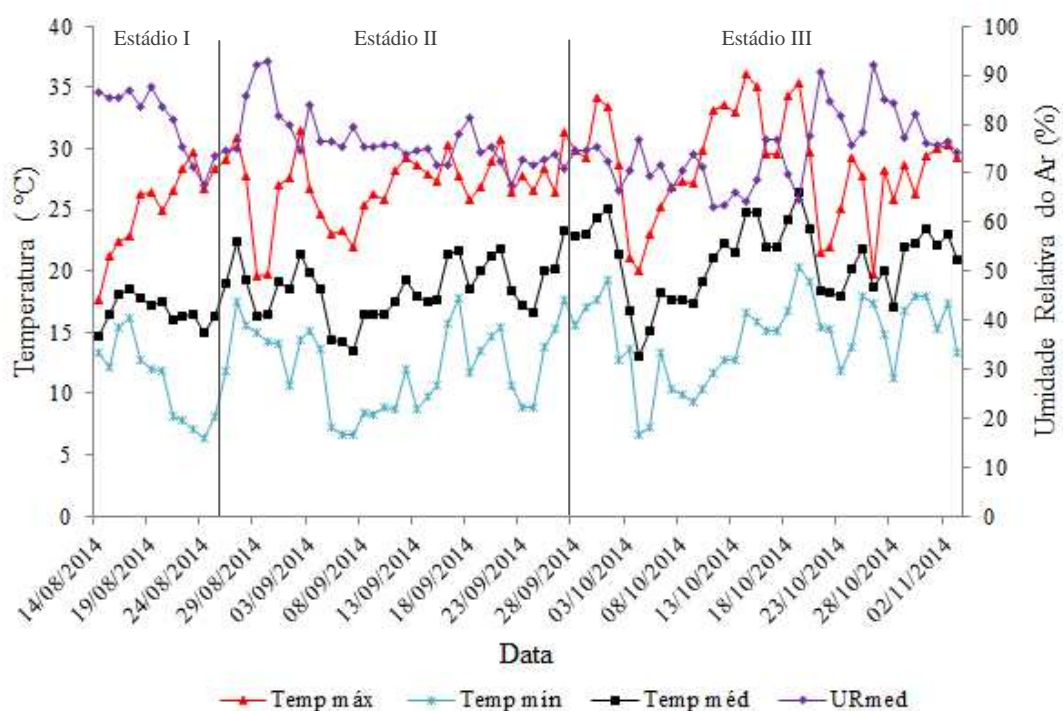


Figura 4 – Variação das temperaturas máxima, mínima e média e da umidade relativa do ar durante o período de cultivo.

A temperatura máxima durante o experimento foi de 36,1 °C e a mínima de 6,4 °C. Segundo Shiavon Júnior (2008), é ideal temperatura entre 20 e 24 °C durante a fase de crescimento do brócolis, e para indução floral as temperaturas devem variar de 10 a 15 °C, com umidade relativa ótima oscilando entre 60 e 75%. Segundo Tagune (2012),

quando a temperatura média permanece acima de 25 °C, pode ocorrer retardamento da formação da cabeça.

Na Figura 4 observa-se uma queda de temperatura no início de outubro, coincidindo com o início do período de indução floral, com umidade relativa do ar em torno de 75%, favorecendo a formação da inflorescência.

Na Figura 5 estão apresentadas as variações da radiação solar e da velocidade do vento durante o período experimental. Os valores médios de radiação solar variaram de 4,99 a 25,71 MJ m⁻²d⁻¹ e os valores médios de velocidade média do vento variou de 0,13 a 1,40 m s⁻¹, menor que 2,0 m s⁻¹, sendo considerada leve, de acordo com Doorembos e Pruitt (1977).

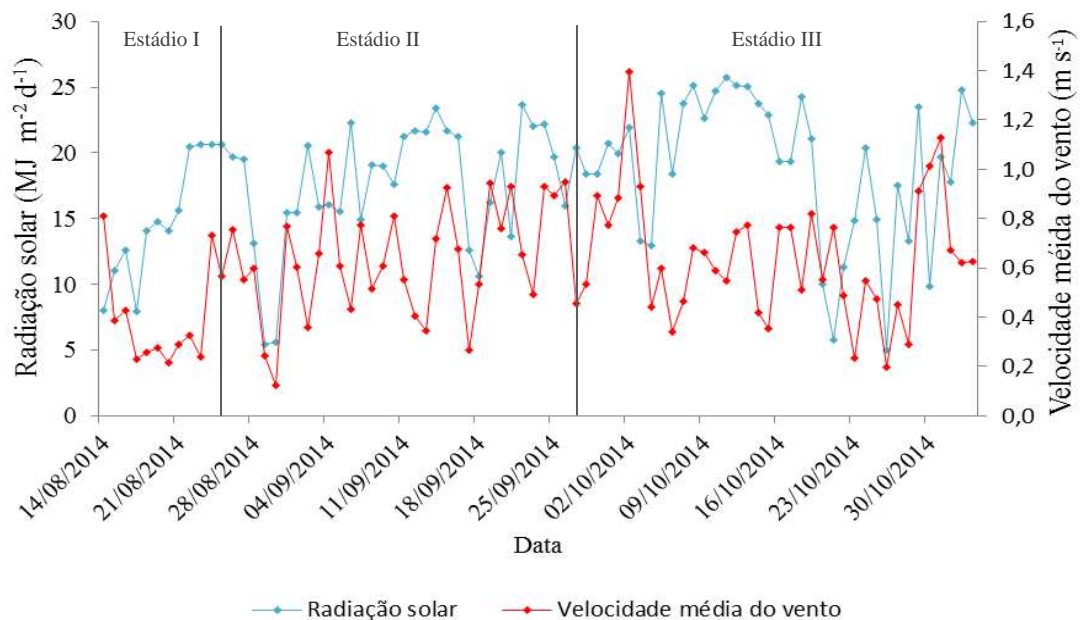


Figura 5 – Variação da radiação solar média diária e da velocidade do vento durante o período de cultivo.

Na Figura 6 estão apresentadas as precipitações durante o período experimental, sendo considerados valores maiores ou iguais a 0,4 mm. O estádio II de desenvolvimento da cultura do brócolis teve duração de 30 dias (14/08 a 13/09) e houve a ocorrência de quatro eventos de precipitação, como pode ser observado na Figura 6. Já nos estádios III e IV a duração em dias foi de 21 (1/09 a 05/10) e 29 dias (05/10 a 03/11), com um e sete eventos de precipitações pluviais, respectivamente.

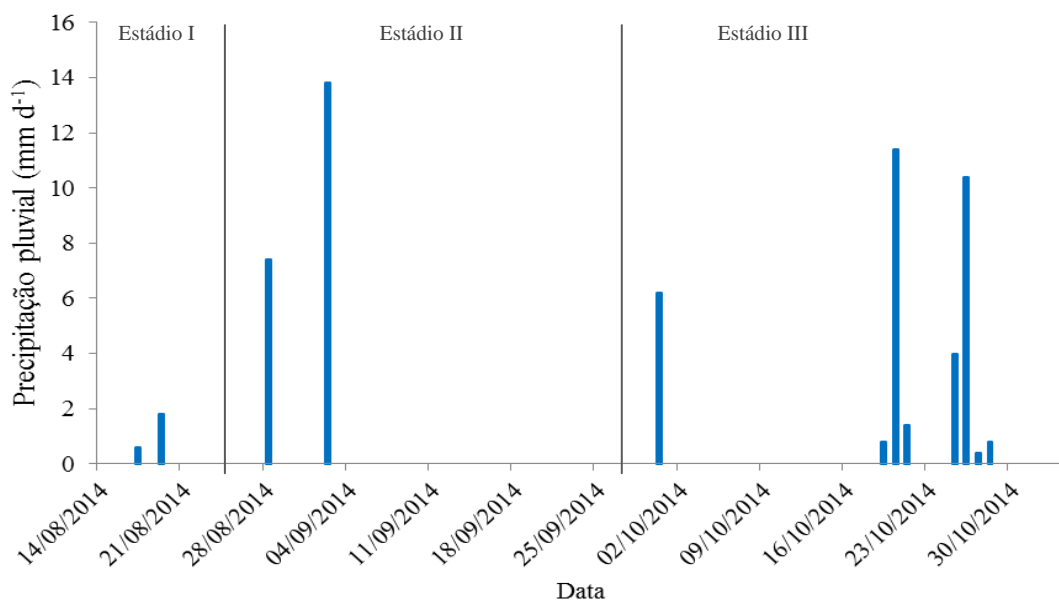


Figura 6 – Precipitação diária (mm) registrada durante o período de cultivo.

Na Figura 7, tem-se a variação de evapotranspiração de referência durante o período experimental, onde foram registrados valores mínimos próximos de 1,0 e máximos próximos de 5,5 mm d⁻¹.

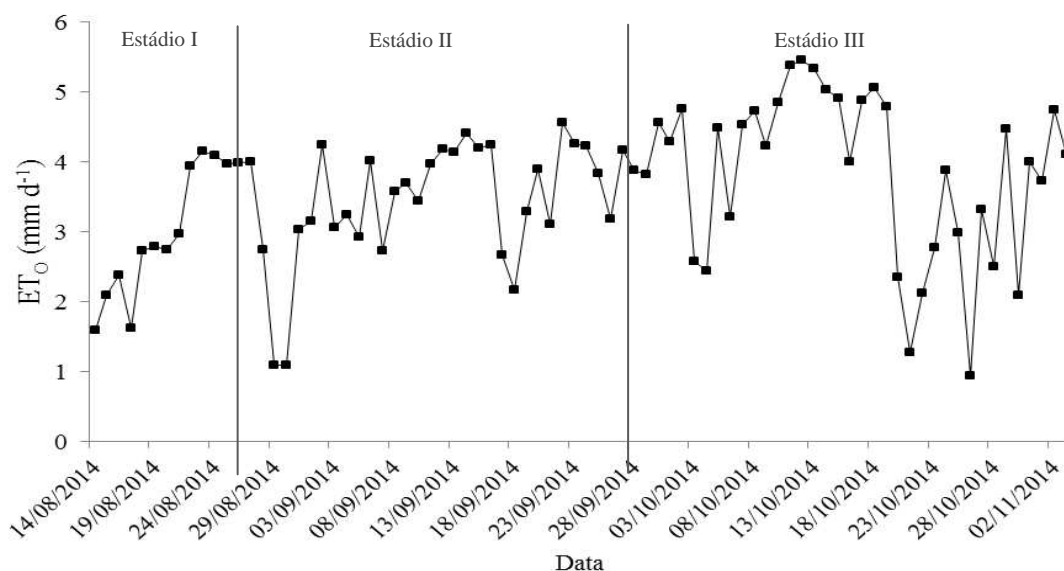


Figura 7 – Evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith FAO 56 durante o período de cultivo.

Na Tabela 4 estão apresentadas as lâminas de água totais e média aplicadas em cada tratamento e as precipitações pluviais totais. Foram realizados 70 eventos de

irrigação durante o período em estudo, sendo 11 eventos ocorridos no estágio I de desenvolvimento da cultura, 31 eventos no estágio II e 28 eventos no estágio III.

Tabela 4 – Valores de lâminas totais aplicadas, número de eventos de irrigação, precipitações pluviais para os estádios da cultura.

Estádio da cultura	Nº eventos de irrigação	Lâmina total de irrigação (mm)					Precipitação pluvial (mm)
		0 % ET _c	75 % ET _c	100 % ET _c	125 % ET _c	150 % ET _c	
I	11	8,63	8,63	8,63	8,63	8,63	2,40
II	31	-	60,94	81,25	101,56	121,87	21,20
III	28	-	123,81	165,08	206,35	247,62	35,40
Total	70	8,63	193,38	254,96	316,54	378,12	59,00

Na Tabela 5 estão apresentadas as médias e os respectivos coeficientes de variação (CV %) das características número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), massa seca da inflorescência (MSI), massa seca de caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), porcentagens de matéria seca alocada na folha (PMSAF), na inflorescência (PMSAI), no caule (PMSAC), porcentagens de nitrogênio alocado na folha (PNAF), na inflorescência (PNAI) e no caule (PNAC), não foram verificados efeito das lâminas de irrigação e das doses de nitrogênio.

Tabela 5 – Médias e coeficientes de variação das características número de folhas (NF), massa seca de folhas (MSF), massa seca da inflorescência (MSI), massa seca de caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), porcentagens de matéria seca alocada na folha (PMSAF), na inflorescência (PMSAI), no caule (PMSAC), porcentagens de nitrogênio alocado na folha (PNAF), na inflorescência (PNAI) e no caule (PNAC).

Características	Médias	CV(%)
Número de Folhas	$\hat{Y} = 13,34$	15,50
Massa Seca de Folhas (g/planta)	$\hat{Y} = 104,04$	13,60
Massa Seca da Inflorescência (g/planta)	$\hat{Y} = 46,94$	26,60
Massa Seca do Caule (g/planta)	$\hat{Y} = 26,58$	9,80
Massa seca da parte aérea (g/planta)	$\hat{Y} = 177,57$	14,90
Porcentagens de matéria seca alocada na folha (%)	$\hat{Y} = 58,81$	5,60
Porcentagens de matéria seca alocada na inflorescência (%)	$\hat{Y} = 26,03$	15,20
Porcentagens de matéria seca alocada no caule (%)	$\hat{Y} = 15,15$	11,20
Porcentagens de nitrogênio alocado na folha	$\hat{Y} = 56,50$	7,60
Porcentagens de nitrogênio alocado na inflorescência	$\hat{Y} = 31,20$	13,70
Porcentagens de nitrogênio alocado no caule	$\hat{Y} = 12,30$	23,00

Na Tabela 6 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas das características massa média de folhas frescas (MMFF), percentagem de matéria seca na folha (PMSF), massa de folhas frescas (MFF), percentagem de matéria seca no caule (PMSC) e massa fresca do caule (MFC), em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada, e os respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 6 – Equações de regressão ajustadas das variáveis massa média de folhas frescas (MMFF), percentagem de matéria seca de folhas (PMSF), massa de folhas fresca (MFF), percentagem de matéria seca no caule (PMSC) e massa fresca do caule (MFC), em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D), e os respectivos coeficientes de determinação.

Características	Equações Ajustadas	R ²	Lâmina crítica de irrigação (% da ET _c)	Dose crítica de adubação (kg ha ⁻¹)
MMFF	$\hat{Y} = 45,2234 + 0,6557^{**} L - 0,0033^{**} L^2 + 0,0421^{**} D$	0,73	99,3 ^a	-
PMSF	$\hat{Y} = 13,7738 - 0,0631^{**} L + 0,0003^{**} L^2 - 0,0079^{**} D + 0,00001^{*} D^2$	0,84	105,2 (Mín.) ^b	395,0 (Mín.) ^b
MFF	$\hat{Y} = 548,6133 + 8,8533^{**} L - 0,0445^{**} L^2 + 1,6700^{**} D - 0,0025^{*} D^2$	0,73	99,5 (Máx.) ^b	334,0 (Máx.) ^b
PMSC	$\hat{Y} = 9,1873 - 0,0394^{**} L + 0,0002^{**} L^2 - 0,0076^{*} D + 0,00001^{*} D^2$	0,61	98,5 (Mín.) ^b	380,0 (Mín.) ^b
MFC	$\hat{Y} = 273,54 + 2,1648^{**} L - 0,0111^{**} L^2 + 0,1263^{*} D$	0,62	97,5 ^a	-

Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% de probabilidade pelo teste “t” .

^a Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação quando fixa a dose de adubação.

^b Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação.

Na característica MMFF foram verificados efeito quadrático de lâmina e efeito linear de dose. Para PMSF e MFF, foi verificado efeito quadrático em ambos os fatores em estudo.

Na Figura 9 estão apresentadas as superfícies de resposta ajustadas para MMFF e MFF e as equações ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação.

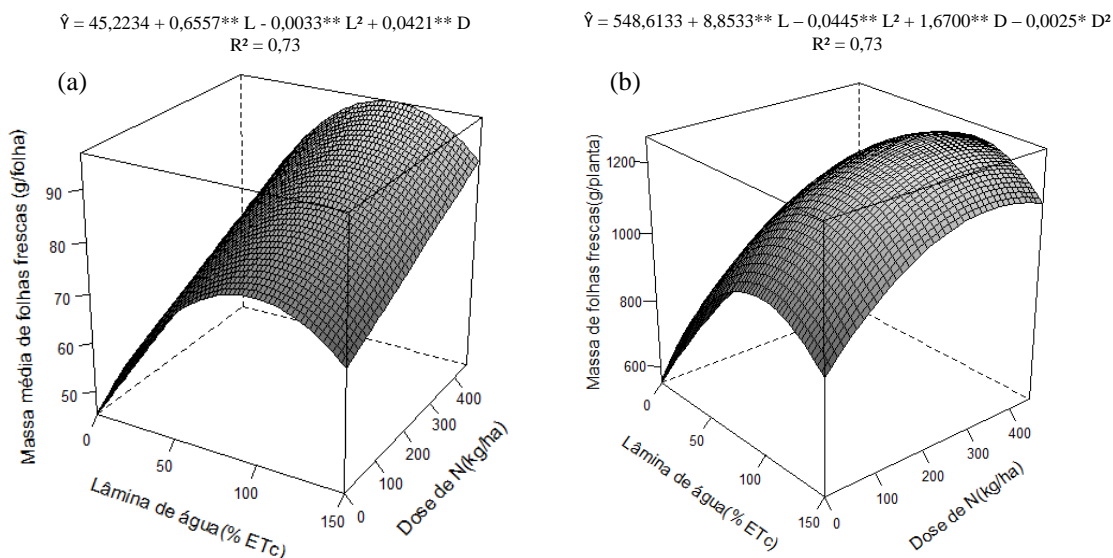


Figura 9 – Superfície de resposta para massa média de folhas frescas (a) e massa de folhas fresca (b), em função de doses de nitrogênio e lâmina de irrigação aplicadas. Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% pelo teste “t”.

Em cada nível de adubação, o MMFF apresentou valor máximo na lâmina de 99,3% da ET_c (Figura 9a). O MFF atingiu o valor máximo de $1.267,8 \text{ g planta}^{-1}$ na lâmina de 99,5% da ET_c e na dose de $334,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de N (Figura 9b).

A PMSF mínima foi 7,79%, determinada na dose 395 kg ha^{-1} de N e na lâmina 105,2% da ET_c . Como pode ser observado na Figura 10, a maior porcentagem de matéria seca na folha foi 13,8% obtida com restrição hídrica (0% da ET_c), com o tratamento em que não houve adubação nitrogenada. O aumento no MFF foi ocasionado pelo aumento da lâmina e da dose de adubação; no entanto, o MSF foi constante ao longo dos tratamentos (Tabela 6), justificando a redução na PMSF com o aumento da lâmina e da dose de adubação.

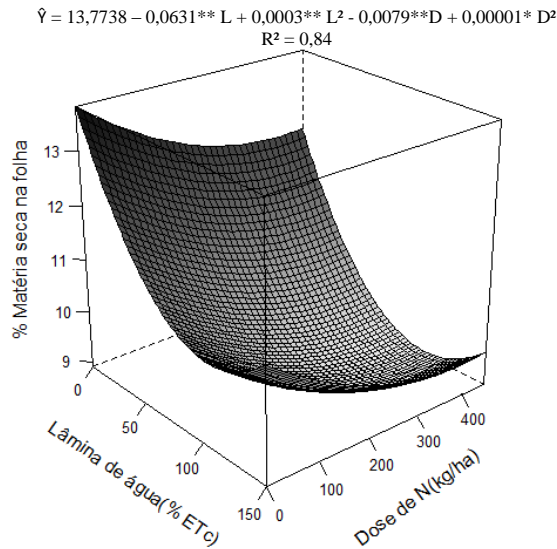


Figura 10 – Superfície de resposta para percentagem de matéria seca nas folhas, em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% pelo teste “t”.

A característica PMSC apresentou efeito quadrático para lâmina de irrigação e para dose de nitrogênio (Figura 11a), enquanto no MFC foi verificado efeito quadrático apenas para lâmina de irrigação (Figura 11b). O valor mínimo foi de 5,8% de matéria seca no caule com lâmina de irrigação equivalente a 98,5% da ET_c e na dose 380 kg ha⁻¹ de N. Os maiores valores de percentagem de matéria seca foram verificados nas parcelas que não receberam irrigação nem adubação nitrogenada, o que pode ser explicado pelo fato de que as plantas que não receberam irrigação apresentarem menores valores de MFC, como pode ser visualizado na Figura 11b. Dentro de cada dose de adubação, encontra-se o valor máximo de MFC na lâmina de irrigação equivalente a 97,5% da ET_c.

$$\hat{Y} = 9,1873 - 0,0394^{**} L + 0,0002^{**} L^2 - 0,0076^{*} D + 0,00001^{*} D^2$$

$$R^2 = 0,61$$

$$\hat{Y} = 273,54 + 2,1648^{**} L - 0,0111^{**} L^2 + 0,1263^{*} D$$

$$R^2 = 0,62$$

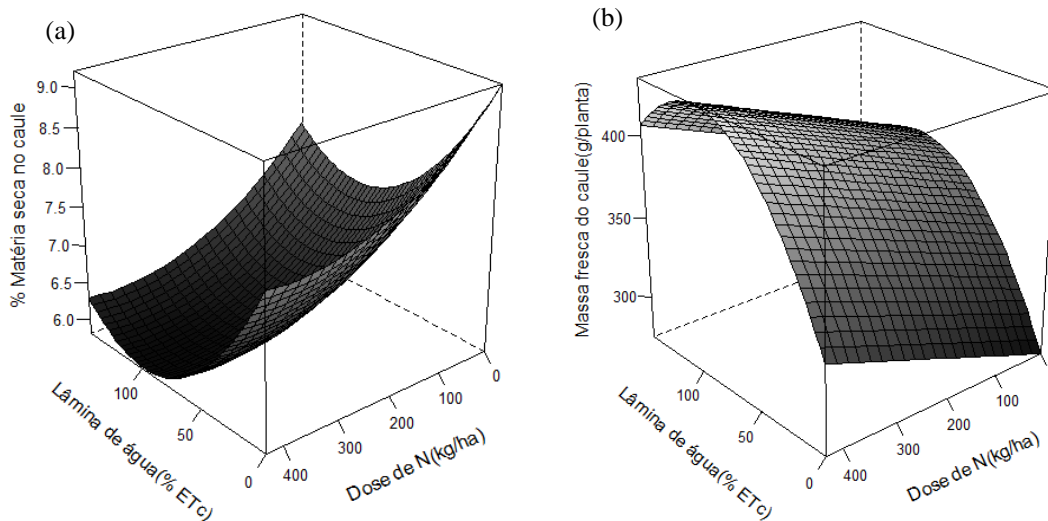


Figura 11 – Superfície de resposta para percentagem de matéria seca no caule (a) e massa fresca do caule (b), em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e * 5% pelo teste “t”.

Na Tabela 7 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas para características relacionadas com a inflorescência do brócolis, em função da lâmina de irrigação e da dose de adubação nitrogenada, o coeficiente de determinação e a lâmina de irrigação e a dose de nitrogênio crítica.

Tabela 7 – Equações de regressão ajustadas para as variáveis diâmetro da inflorescência (DI), altura da inflorescência (AI), percentagem de matéria seca na inflorescência (PMSI), massa fresca da inflorescência (MFI) e produtividade total (PT) da inflorescência em função da lâmina de irrigação (L) e da dose de nitrogênio (D), e os respectivos coeficientes de determinação.

Características	Equações Ajustadas	R ²	Lâmina crítica de irrigação (% da ET _c)	Dose crítica de adubação (kg/ha)
DI	$\hat{Y} = 10,0058 + 0,0660^{**} L - 0,0003^{**} L^2 + 0,0174^{**} D - 0,00003^{**} D^2$	0,64	110,0 (Máx.) ^b	290,0 (Máx.) ^b
AI	$\hat{Y} = 10,4516 + 0,0611^{**} L - 0,0002^{**} L^2 + 0,0005^{\nabla} D$	0,60	152,7 ^a	-
TMSI	$\hat{Y} = 10,9020 - 0,0477^{**} L + 0,0002^{**} L^2 + 0,0008^{\nabla\nabla} D$	0,57	119,3 ^a	-
MFI	$\hat{Y} = 223,1233 + 4,7453^{**} L - 0,0198^{*} L^2 + 0,8880^{*} D - 0,0012^{\nabla\nabla\nabla} D^2$	0,63	119,4 (Máx.) ^b	370,0 (Máx.) ^b
PT	$\hat{Y} = 6374,9523 + 135,5819^{**} L - 0,5678^{*} L^2 + 25,3717^{*} D - 0,0349^{\nabla\nabla\nabla} D^2$	0,63	119,4 (Máx.) ^b	370,0 (Máx.) ^b
NTPA	$\hat{Y} = 4,4031 + 0,0202^{*} L - 0,00009^{\nabla} L^2 + 0,0192^{**} D - 0,00003^{**} D^2$	0,61		

Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, * 5%, ^{∇∇∇} 15%, ^{∇∇} 25% e [∇] 34% pelo teste “t”.

^a Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação quando fixa a dose de adubação.

^b Ponto que determina a resposta máxima ou mínima da equação.

Na Figura 12 estão apresentadas as superfícies de resposta para DI e AI, bem como as equações ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação.

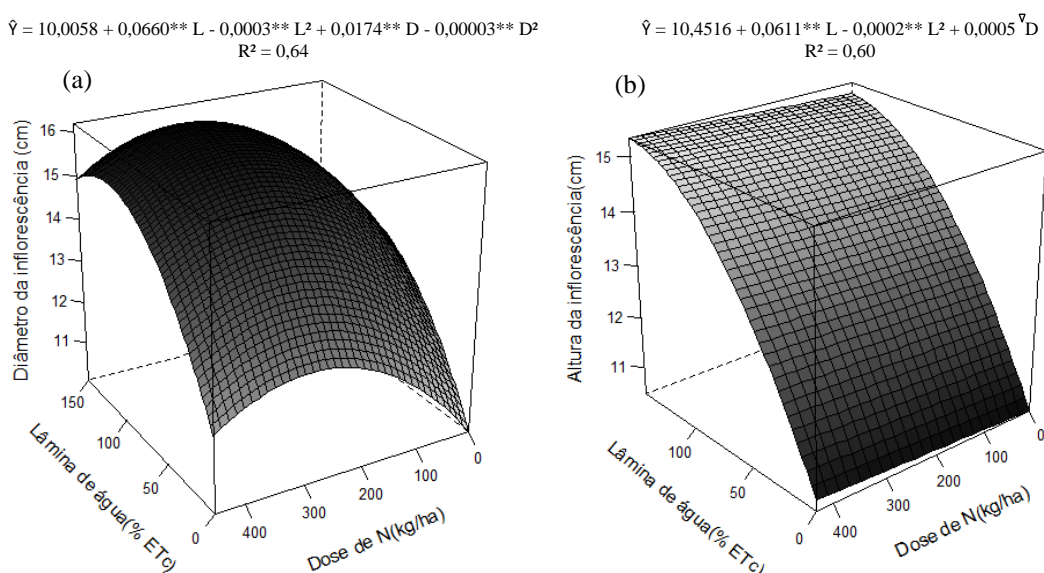


Figura 12 – Superfície de resposta para diâmetro da inflorescência (a) e a altura da inflorescência (b), em função de lâmina de irrigação e de doses de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: **1%, *5% e [∇]34% pelo teste “t”.

O diâmetro máximo da inflorescência foi 16,3 cm na lâmina de irrigação equivalente a 110,0% da ET_c e na dose de 290,0 kg ha⁻¹ de N (Figura 12a). Este diâmetro foi superior aos 15,5 cm apresentado por Lalla et al. (2010), em experimento realizado em Campo Grande-MS com a cultivar Centenário. Isto pode estar relacionado a diferentes condições experimentais, como época de cultivo (junho a setembro de 2005), à irrigação realizada diariamente por aspersão e ao espaçamento (1,0 x 0,5 m).

Também foram observados por Lalla et al. (2010), diâmetros de 16,6; 16,0; 15,4; 15,2; 15,2; 15,2 e 9 cm nas cultivares AF649, BRO 68, Marathon, Green Parasol, Legacy, Magestic e Brócolis de Cabeça, respectivamente. Tagune (2012) verificou diâmetro de inflorescência variando de 14,8 a 20,5 cm em função da tensão de água no solo, mostrando que os valores encontrados neste estudo estão dentro da faixa observada. Contudo, vale ressaltar que a cultivar e as condições experimentais eram diferentes. O diâmetro da inflorescência teve comportamento similar ao da produtividade e ao massa da inflorescência fresca, evidenciando a relação estreita entre estas variáveis.

Considerando a situação de maior disponibilidade hídrica (150% da ET_c) e a maior dose de adubação (450 kg ha⁻¹ de N), a estimativa da maior altura de inflorescência foi de 15,34 cm (Figura 12b). Ayas et al. (2011) observaram redução na altura da inflorescência da cultivar Monet com a redução da lâmina de irrigação, o que foi verificado também neste trabalho quando se considerou fixa a adubação nitrogenada.

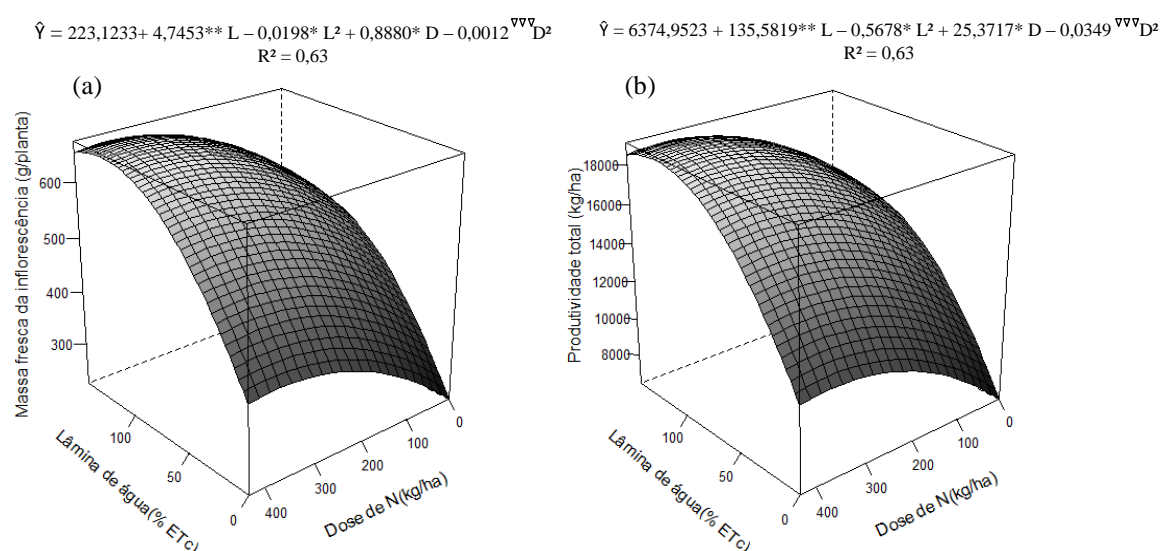


Figura 13– Superfície de resposta para massa fresca da inflorescência (a) e a produtividade total da inflorescência (b), em função de lâmina de irrigação e de doses de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1%, * 5% e ^{vvv}15% pelo teste “t”.

A cultivar Centenário apresentou produção máxima de 671,7 g/planta (Figura 13a) na lâmina de irrigação equivalente a 119,4% da ET_c e na dose de 370 kg ha⁻¹ de N, valor superior aos 568,7 g encontrados por Lalla et al. (2010) em Campo Grande-MS.

A estimativa máxima de produtividade total foi de 19.078,39 kg ha⁻¹ na dose de 370 kg ha⁻¹ de N e na lâmina de 119,4% da ET_c (Figura 13b). Percebe-se que no tratamento em que não houve aplicação de nenhum dos fatores, a produção apresentou valores inferiores a 8.000 kg ha⁻¹. Lalla et al. (2010) obtiveram valores máximos de produtividade de 17.100,00 kg ha⁻¹ para a cultivar Centenário irrigado por aspersão. Isto talvez seja justificado pelos diferentes métodos de irrigação utilizados, já que o sistema de irrigação localizada proporciona melhor eficiência de aplicação de água próximo à planta, permitindo melhor aproveitamento hídrico, enquanto em cultivo irrigado por aspersão existe maior possibilidade de se criar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças por causa do molhamento foliar (ALVARENGA, 2004).

De acordo com Vidigal et al. (2007), a produtividade gira em torno de 20.000,00 kg ha⁻¹ em cultivos bem conduzidos. No entanto, aplicando-se 150, 125, 100, 75 e 0% da ET_c com base na estimativa de evapotranspiração de referência e para a dose de 150 kg ha⁻¹ N (padrão recomendado pela 5ª aproximação - CFSEMG, 1999), obteve-se produção de 16.900,00; 17.500,00; 17.200,00; 16.300,00 e 9.400,00 kg ha⁻¹, respectivamente. Ayas et al. (2011), quando aplicaram 100 e 75% da lâmina evaporada em tanque classe A, obtiveram valores máximos de 29.200,00 e 27.500,00 kg ha⁻¹, respectivamente. Já Erden et al. (2010), trabalhando com a cultura do brócolis irrigado por gotejamento aplicando 125, 100, 75, 50, 25 e 0% da lâmina evaporada para um intervalo de 7 dias, encontraram valores de produtividade de 6.200,00; 7.200,00; 7.100,00; 8.100,00 e 500,00 kg ha⁻¹, respectivamente. É importante ressaltar que as condições dos referidos trabalhos diferem-se em época de plantio, condições climáticas, cultivares estudados e métodos de manejo adotados. Pode-se notar que os resultados obtidos neste trabalho foram inferiores aos de Ayas et al. (2011) e superiores aos de Erden et al. (2010).

Na Figura 14 estão apresentadas as superfícies de resposta ajustadas para PMFI, as equações ajustadas e os respectivos coeficientes de determinação.

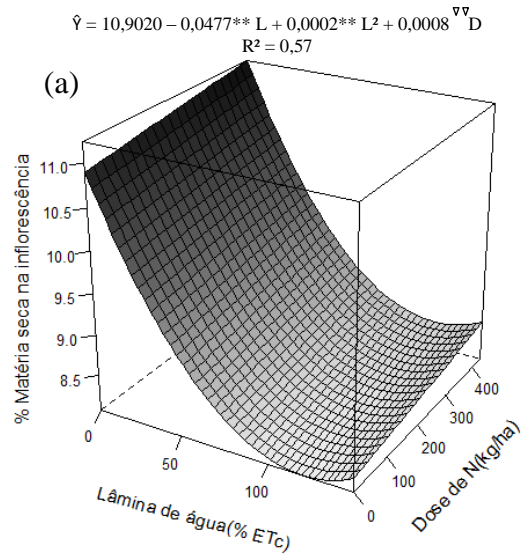


Figura 14 – Superfície de resposta para percentagem de matéria seca na inflorescência em função de lâmina de irrigação e de dose de nitrogênio. Significância dos coeficientes da equação: ** 1% e $\nabla\nabla$ 25% pelo teste “t”.

Como pode ser observado na Figura 14, a porcentagem mínima de matéria seca na inflorescência dentro de cada dose de N aplicada foi obtida na lâmina de irrigação equivalente a 119,3% da ET_c , sendo que o menor valor estimado foi 8,06% na dose nula de adubação nitrogenada. A maior porcentagem de matéria seca, igual a 11,3%, foi obtida com maior restrição hídrica (sem aplicação de irrigação), com adubação de 450 kg ha⁻¹ de N.

Foi verificado efeito quadrático para lâmina de irrigação e para dose de adubação na avaliação do nitrogênio total na parte aérea (NTPA), da cultura do brócolis. No entanto, a alocação do nitrogênio entre as parte constituintes da planta foi constante independente do tratamento adotado.

Considerando a lâmina de irrigação de 119,4 % da ET_c e a dose de adubação de 370,0 kg ha⁻¹ para produtividade total máxima de brócolis pode se determinar que, sob tais condições, o nitrogênio total da parte aérea foi de 8,5 g/planta, sendo que 4,8 g estão alocados nas folhas, 2,7 g na inflorescência e 1,0 g no caule.

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, verificou-se que a aplicação das lâminas de irrigação e das doses de adubação, nos níveis estudados, não apresentou efeito nas características número de folhas, massa seca de folhas, massa seca da inflorescência e massa seca de caule do brócolis, híbrido Centenário.

Já nas características percentagem de matéria seca nas folhas, massa fresca de folhas, percentagem de matéria seca de caule, diâmetro da inflorescência, massa fresca de inflorescência e produtividade total foi observado efeito quadrático para ambos os fatores em estudo. Também foram verificados efeitos quadráticos para lâminas de irrigação e linear para doses de adubação de nitrogênio nas características massa média de folhas frescas, massa fresca de caule, altura da inflorescência e percentagem de matéria seca na inflorescência.

Maiores diâmetros da inflorescência, massa fresca da inflorescência e produtividade total são obtidos com lâminas de irrigação superiores a 100% da ET_c e com doses de adubação nitrogenada superiores a 150 kg ha^{-1} de N (padrão recomendado pela 5ª aproximação - CFSEMG, 1999).

A maior produtividade total de brócolis Centenário obtida foi $19.078,40 \text{ kg ha}^{-1}$, com diâmetro médio da inflorescência igual a 15,90 cm, altura de inflorescência média de 15,08 cm e massa fresca média da inflorescência de 671,70 g/planta, na lâmina de irrigação equivalente de 119,4 % da ET_c e na dose de 370 kg ha^{-1} de N.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALLEN, R.G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator, Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.

ALVARENGA, M. A. R. **Produção de tomate em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 393P.

AYAS, S. H.; ORTA, H.; YAZGAN, S. Deficit irrigation effects on broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Monet) yield in unheated greenhouse condition. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v. 17, n. 4, p. 551-559, may 2011.

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

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 625p.

CAMARGO FILHO, W. P. de; CAMARGO, F. P. de. **Acomodação da produção olerícola no Brasil e em São Paulo, 1990-2010 – Análise prospectiva e tendências 2015**. São Paulo, 1990-2010: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/estudos_lupa.php>. Acesso em: 23 jun. 2014.

CECÍLIO FILHO, A. B; SCHIAVON JUNIOR, A. A; CORTEZ, J. W. M. 2012. Produtividade e classificação de brócolos para indústria em função da adubação nitrogenada e potássica e dos espaçamentos entre plantas. **Horticultura Brasileira** 30: 12-17.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, 1999. 359p.

DENÍCULI, W. et al. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Irrigation and Drainage Paper 33. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979. 193p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 194p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.

ERDEN, Y.; ARIN, L.; ERDEN, T.; POLAR, S.; DEVECI, M.; OKURSOY, H.; GULTAS, H. T. Crop water stress index for assesseing irrigation scheduling of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italic*). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 98, n. 2, p. 148-156, feb. 2010.

FELLER, C.; FINK, M. Growth and yield of broccoli as affected by the nitrogen content of transplants and the timing of nitrogen fertilization. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n. 5, p. 1320-1323, 2005.

FORTIER, E., DESJARDINS, Y., TREMBLAY, N., BÉLEC, C.; CÔTÉ, M. 2010. Influence of irrigation and nitrogen fertilization on broccoli polyphenolics concentration. **ActaHort.(ISHS)**856:55-62
http://www.actahort.org/books/856/856_6.htm

GARLVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. 2006. 9p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 63).

GORSKI, S. F.; ARMSTRONG, D. M. The influence of spacing and nitrogen rate ond yield and hollow stem in broccoli. **Research Circular**, Wooster, v. 288, p. 16-18, 1985.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 17, p. 678-684, 1974.

LALLA, J.G.; LAURA, V. A.; RODRIGUES, A. P. D. C.; SEABRA JÚNIOR, S.; SILVEIRA, D. S.; ZAGO, V. H.; DORNAS, M. F. 2010. Competição de cultivares de brócolos tipo cabeça única em Campo Grande. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28: 360-363.

MANTOVANI, E. C. **AVÁLIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV. 2001.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luis Fabiano. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª edição, Editora UFV, Viçosa, Minas Gerais, 355 p., 2009.

MAY, A. et al. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. (Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 200).

NESPOLI, A.; NEVES, J. F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARANTES, E. M.; NUNES, M. C. M. Cultivo de brócolis de inflorescência única sob diferentes coberturas de solo. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, 2013.

OLIVEIRA, E.M. de. **Produtividade do cafeeiro conilon vitória submetido a diferentes lâminas de irrigação.** 2014. 96f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, R. R. et al. Desenvolvimento inicial de brócolis em diferentes disponibilidades hídricas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 10-41, 2013.

SAEG **Sistema para Análises Estatísticas.** Versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes – UFV, 2007.

SAN BAUTISTA, A.; RUEDA, R.; PASCUAL, B.; MAROTO, J. V.; LÓPEZ-FALARZA, S. Influence of diferente substrates and nutriente solutions on the yields and incidence of abiotic disorders of broccoli. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 697, p. 275-280, 2005.

SCHIAVON JÚNIOR, A. A. **Produtividade e qualidade de brócolos em função da adubação e espaçamento entre plantas.** 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.

TAGUNE, B. F. **Produção de brócolis irrigado por gotejamento, sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.

VICENTE, M. R. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produtividade e no sistema radicular do feijoeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 3, p. 238-249, 2007.

VIDIGAL, S. M. et al. (Orgs.). **101 culturas** – Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007.