

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUBSUPERFICIAL E FERTIRRIGAÇÃO DA CULTURA BRÓCOLIS*

KAROLINE MASO DOS REIS¹; LUIZ FABIANO PALARETTI²; ANTÔNIO CARLOS BARRETO¹ E JOSÉ RENATO ZANINI²

*Artigo extraído da tese da primeira autora

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Rua João Batista Ribeiro, 4000 Distrito Industrial II 38064-790, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mails: karoline@iftm.edu.br; barreto@iftm.edu.br.

² Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: luiz.f.palaretti@unesp.br; jrzanini@fcav.unesp.br.

1 RESUMO

A irrigação eleva a produtividade e protege os cultivos da sazonalidade das chuvas, porém, sua aplicação deve estar embasada em critérios técnicos e operacionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho hidráulico de tubo gotejadores e o desenvolvimento da cultura brócolis submetida à irrigação por gotejamento em superfície e subsuperfície, com e sem fertirrigação. O experimento foi montado no esquema fatorial 3x2 em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos da posição do tubo gotejador nas profundidades 0,00; 0,10 e 0,20 m; e a aplicação de fertilizantes, que foi realizada via fertirrigação e adubação manual. Em relação ao tubo gotejador, avaliou-se: vazão, coeficiente de variação de vazão (CVq), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e grau de entupimento (GE); em relação à resposta da cultura avaliou-se: diâmetro do pedúnculo floral, diâmetro da inflorescência, diâmetro perpendicular da inflorescência, altura da inflorescência, massa fresca da inflorescência, dias do transplante até a colheita e a produtividade da água. Não foram observadas alterações significativas nas características avaliadas do tubo gotejador e na produção da cultura brócolis quanto à profundidade do tubo e a forma de aplicação dos fertilizantes.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *italica*, irrigação localizada, produtividade da água

REIS, K. M.; PALARETTI, L. F.; BARRETO, A. C.; ZANINI, J. R.
IRRIGATION AND FERTIGATION FOR SUBSUPERFICIAL AND SUPERFICIAL
DRIP IN BROCCOLI CROP

2 ABSTRACT

The use of irrigation increases yields and protects crops from the seasonality of precipitation; however, its application must be based on technical and operational criteria. This work aimed to evaluate the hydraulic performance of drip emitters and the development of the broccoli crop submitted to drip irrigation on surface and subsurface, with and without fertigation. The

experiment was designed in randomized blocks (RBD), with four replications. The treatments were constituted of the positions of drip emitter at depths of 0.00; 0.10 and 0.20 m; and the application of fertilizers, that was made by fertigation and manual fertilizing. In relation to drip emitter, flow, flow variation coefficient (Cv), Christiansen uniformity coefficient (CU), distribution uniformity coefficient (DU) and degree of clogging of the emitter (Ec) were evaluated; regarding the crop response, the diameter of the flower stalk, the diameter of the inflorescence, the diameter of the inflorescence (perpendicular), height of the inflorescence, fresh mass of the inflorescence, days of transplantation until harvest and water productivity was analyzed. There were no significant changes in the characteristics evaluated of the drip emitter and in the production of broccoli crop in terms of the depth of the emitter and the way of application of the fertilizers.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *itálica*, localized irrigation, water productivity

3 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (2017) estima que, até 2050, o consumo de alimentos será 70% maior que o atual, logo para atender a tal demanda, o uso de irrigação será uma estratégia indispensável, permitindo a intensificação da produção agrícola mundial.

Atualmente, o Brasil possui 7,3 milhões de hectares irrigados (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019) com perspectiva de 11,5 milhões em 2024 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA, 2017). Neste sentido, o uso eficiente da água na agricultura é indispensável para a garantia do uso do recurso hídrico pelos demais setores, tampouco supre a necessidade de água para a produção de alimentos.

No Brasil, o consumo per capita de brócolis é baixo, em torno de 1,04 kg ano⁻¹, nos Estados Unidos da América o consumo é de 3,8 kg ano⁻¹ e na Itália de 7,24 kg ano⁻¹ (PAIXÃO POR BRÓCOLIS BY SAKATA, 2017), no entanto, vêm apresentando tendência de crescimento. Nas Centrais de Abastecimento (Ceasas) foram comercializadas em 2019, 40 mil toneladas de brócolis, representando 150 milhões de reais (CONAB, 2019), deve soma-se ainda a

esse, o volume industrializado de brócolis, principalmente, para a oferta de congelados no mercado.

A irrigação, principalmente quando associada à fertirrigação, é provavelmente a prática agrícola que permite maior aumento de produtividade na agricultura (MAROUELLI; SOUSA, 2011). Nas condições atuais, o futuro da irrigação envolve produtividade e rentabilidade, com eficiência no uso da água, da energia e de insumos e com práticas de manejo que respeitem o meio ambiente (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2013).

Níveis satisfatórios de produtividade e qualidade do brócolis de cabeça única podem ser obtidos com o uso da irrigação localizada subsuperficial associada à fertirrigação, uma vez que essas são técnicas que permitem a aplicação de água e fertilizantes diretamente na zona de desenvolvimento radicular e, de acordo com Faria (2000), a adoção desta técnica proporciona maior eficiência no uso de insumos, economia de mão de obra e melhor controle fitossanitário.

Todavia, a rede hidráulica e os gotejadores utilizados na irrigação subsuperficial são passíveis de obstrução causada pela sucção de partículas do solo para o interior da tubulação; intrusão radicular e formação de precipitados orgânicos e minerais ou sedimentos de argila

e silte. A obstrução afeta a uniformidade com que a água é distribuída na área, e, portanto, Frizzone et al. (2012), algumas parcelas do terreno serão irrigadas em excesso e outras com déficit.

A forma localizada de irrigação, característica do uso do gotejamento, Frizzone et al. (2012), pode restringir as raízes ao bulbo molhado, limitando o volume de solo explorado, podendo acarretar desequilíbrio nutricional, além de estresse hídrico por seca, principalmente, em condições de veranicos curtos. Neste caso, poderiam ocorrer perdas de produtividade e qualidade na lavoura de brócolis.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho hidráulico do tubo gotejador e o desenvolvimento da cultura do brócolis submetido à irrigação por gotejamento em superfície e em subsuperfície, com e sem fertirrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) - *campus* Uberaba, Minas Gerais, localizado nas coordenadas 19°45' latitude sul, 47°55' longitude oeste e a 743 m de altitude.

O clima, segundo classificação de Köppen (1948), é do tipo tropical quente e úmido, com inverno frio e seco (Cwa), com precipitação de 1500 mm e temperatura média anual de 21 °C.

O preparo do solo foi feito com subsolador e grade niveladora. Previamente foram retiradas amostras de solo, das quais foram determinadas as características químicas. A interpretação da análise de solo e a recomendação de adubação foi feita de acordo com a recomendação do Boletim 100 (VAN RAIJ et al., 1997).

A cultivar de brócolis de cabeça única utilizada foi a Avenger®, adquirida de viveiro idôneo em bandejas de 128 células, transplantadas em covas espaçadas de 0,7 m

entre linhas e 0,5 m entre plantas no dia 30/08/2019.

O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento com emissores TOP DRIP PC/AS, espaçados de 0,30 m, com vazão de 2,0 L h⁻¹. O sistema de filtragem foi composto por um filtro de areia em série à um filtro de discos (120 mesh).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, conduzido em esquema fatorial (3 x 2), sendo o primeiro fator a profundidade de enterrio do tubo gotejador que foram de 0,0; 0,10; 0,20 m e o segundo fator a fertirrigação e a adubação manual em superfície, totalizando seis tratamentos.

As adubações foram efetuadas mantendo a quantidade total de cada nutriente conforme recomendação dada pelo Boletim 100, porém o parcelamento foi reorganizado. As adubações foram realizadas da seguinte forma: a de plantio foi aplicada em cobertura dividida em duas parcelas (com diferença de uma semana entre si), iniciando-se logo após o pegamento das mudas; já para a dose recomendada para cobertura, a aplicação foi realizada também em duas parcelas, sendo a primeira uma semana após a última adubação de plantio e a outra após 15 dias. A quantidade total aplicada de cada nutriente foi: 240 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de P, 280 kg ha⁻¹ de K e 4 kg ha⁻¹ de B, fornecidos na forma de Ureia (N), cloreto de potássio (K₂O), fosfato monoamônico - MAP (P₂O₅), molibdato de sódio (molibdênio) e ácido bórico (boro), respectivamente.

Os fertilizantes foram aplicados manualmente para a adubação convencional e injetado com bomba injetora hidráulica com diafragma para fertirrigação, cuja marca e modelo são respectivamente, Amiad TMB 50L. Foram ainda realizadas três aplicações de molibdênio e boro via foliar.

Na área experimental, foi instalada uma estação climatológica modelo HOBO Ware equipada com sensores de precipitação, pressão atmosférica,

temperatura e velocidade do vento. As leituras dos sensores da estação foram realizadas a cada 5 segundos com compilação de valores médios a cada 30 minutos. Os dados climatológicos coletados permitiram o monitoramento do clima bem como subsidiaram os cálculos de evapotranspiração de referência (ET_o).

Diariamente, a ET_o foi estimada pelo método proposto por Penman-Monteith parametrizado no Boletim 56 da FAO (ALLEN et al., 1998). Os valores do coeficiente de cultura (K_c) foram ajustados diariamente pela interpolação dos valores recomendados por Doorenbos e Kassam (1979) para os estádios de desenvolvimento da cultura. Os valores de K_c ajustados foram: do plantio aos 28 dias após plantio (DAP), K_c 0,37, acrescido diariamente em 0,015909; do dia 29 aos 62 DAP, K_c do dia anterior, acrescido em 0,009615 e do dia 62 a colheita, K_c do dia anterior, decrescido em 0,006250.

A lâmina líquida de irrigação (LL) foi calculada em função da evapotranspiração de oásis e do coeficiente de localização, Equação 1:

$$LL = ETrl - P \quad (1)$$

Em que,

LL é a lâmina líquida de irrigação, mm;

P é a precipitação, mm; e

ETrl é a evapotranspiração da cultura para a condição de irrigação localizada, calculada pela Equação 2:

$$ETrl = ETc \times K_L \times K_{cl} \times K_{ad} \quad (2)$$

Em que,

ETc é a evapotranspiração da cultura, mm;

K_{cl} é o coeficiente de correção devido às variações climáticas, 1,2 (FARIA, 2000);

K_{ad} é o coeficiente de correção devido à advecção, 1 (DOORENBOS; PRUITT, 1977);

K_L é o fator de correção devido à localização, em função da área molhada ou da área sombreada, prevalecendo a maior.

O K_L foi calculado de acordo com a equação de Keller (1978), em função de ser um plantio hortícola, Equação 3.

$$K_L = \frac{P}{100} + 0,15 \left(1 - \frac{P}{100} \right) \quad (3)$$

Em que,

P é a porcentagem de área molhada ou porcentagem de área sombreada, sempre o valor maior, em %.

Os valores adotados para P foram do transplante até o 43° dia 50 % e do 44° a colheita de 75%.

A lâmina bruta de irrigação (LB) foi calculada pela Equação 4:

$$LB = \frac{LL}{Ea} \quad (4)$$

Em que,

LB é a lâmina bruta de irrigação, mm;

LL é a lâmina líquida, mm;

Ea é a eficiência de aplicação, valor adotado 90%.

Nos 10 primeiros dias após o transplante, foi feito o molhamento da superfície do solo para reestruturá-lo.

4.1. Avaliação hidráulica

A avaliação inicial do sistema de gotejamento foi feita segundo a metodologia proposta por Keller e Kameli (1974), na qual são selecionadas as linhas de gotejamento situadas nas seguintes posições: primeira, 1/3, 2/3 e a última e em cada uma delas, são selecionados os gotejadores posicionados no início, 1/3, 2/3 e o último na linha de irrigação.

Após o experimento, a avaliação foi repetida em uma linha de cada parcela seguindo o mesmo critério da avaliação inicial para determinação dos emissores nos quais foi coletada a vazão.

As avaliações hidráulicas foram realizadas antes e após o experimento de acordo com a NBR ISO 9261 (ABNT, 2006). Para tanto, foram ensaiados os gotejadores para determinar: a vazão; o coeficiente de variação da vazão (CV_q) (Equação 5); o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) (Equação 6); o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (Equação 7) e o grau de entupimento dos emissores (GE) (Equação 8).

$$CV_q = \left(\frac{S_q}{\bar{q}} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que,

CV_q é o coeficiente de variação da vazão, %.
S_q é o desvio padrão da amostra, L h⁻¹.
 \bar{q} é a vazão média da amostra, L h⁻¹.

$$CUC = 100 \times \left(1 - \frac{\sum |q_i - \bar{q}|}{n \times \bar{q}} \right) \quad (6)$$

Em que,

CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, %
q_i é a vazão de cada gotejador, L h⁻¹;
 \bar{q} é a vazão média dos gotejadores, L h⁻¹;
n é o número de gotejadores amostrados.

$$CUD = 100 \times \left(\frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}} \right) \quad (7)$$

Em que,

CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, %.
 \bar{q}_{25} é a vazão média das 25% menores vazões, L h⁻¹;
 \bar{q} é a vazão média dos gotejadores, L h⁻¹.

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{\bar{q}_{novo}} \right) \times 100 \quad (8)$$

Em que,

GE é o grau de entupimento, %
q_{usado} é a vazão do gotejador usado, L h⁻¹;
 \bar{q}_{novo} é a média da vazão dos gotejadores novos, L h⁻¹;

Quando a avaliação do tubo gotejador com relação as características: vazão, CUC, CUD e CV_q, o delineamento experimental foi 2 x 3 + 1, sendo os tratamentos com e sem fertirrigação em esquema fatorial com a posição do tubo gotejador: em superfície, subsuperficial 0,10 e a 0,20 m, e o adicional que é a avaliação inicial, sendo considerada como testemunha.

Para a avaliação do GE, o delineamento experimental foi 2 x 3 sendo as mesmas fontes de variação da avaliação do tubo, exceto o acréscimo da testemunha. Como o GE pode ser um valor positivo ou negativo, a média do GE de cada parcela, com vistas à análise de variância, foi calculada utilizando a vazão média da parcela após o uso, no lugar da vazão de cada emissor conforme a Equação 8.

Os valores observados de vazão, CV_q, CUC e CUD foram comparados pelo teste F, tanto para os tratamentos entre si quanto para a testemunha. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

4.2 Avaliação da Cultura

Para avaliação da cultura foram utilizadas 12 plantas centrais de cada parcela, a parcela foi constituída de 32 plantas distribuídas em 4 linhas.

A colheita foi realizada no período de 30/10/2019 a 15/11/2019, momento em que a cabeça central ou as ramificações laterais apresentaram botões florais bem desenvolvidos, com coloração verde-escura, porém antes da abertura das flores, conforme recomendado por Filgueira (2008).

As características avaliadas foram: diâmetro do pedúnculo floral, diâmetro da inflorescência, diâmetro perpendicular da inflorescência, altura da inflorescência, massa fresca da inflorescência, dias do transplante até a colheita.

A produtividade da água foi determinada pela relação entre a produção

comercial e o volume de água aplicado via irrigação.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vazão e uniformidade do tubo gotejador

A vazão, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e o coeficiente de variação da vazão, em função dos tratamentos quanto ao uso da fertirrigação e posição de instalação do tubo gotejador, estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise de variância da vazão, coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de variação da vazão (CVq).

FV	Vazão (Lh ⁻¹)	CUC (%)	CUD (%)	CVq (%)
Adubação (A)				
Fertirrigação	2,02	94,14	91,29	7,30
Adubação manual	1,96	92,67	88,20	9,59
Teste F	1,55 ^{ns}	0,72 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Profundidade de enterrio (P)				
0,00 m	1,99	93,79	90,51	7,89
0,10 m	1,96	92,56	87,24	9,75
0,20 m	2,02	93,86	91,48	7,70
Teste F	0,72 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Interação A*P				
Teste F	0,99 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,88 ^{ns}	1,53 ^{ns}
Fatorial x Testemunha				
Teste F	4,25 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,36 ^{ns}	3,39 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Entre os tratamentos propostos, a interação entre a forma de adubação (manual ou via fertirrigação) e tipo de irrigação por gotejamento (superficial ou subsuperficial) não ocasionou diferenças significativas nas avaliações de vazão dos gotejadores, CUC, CUD e CVq (Tabela 1). Ressalta-se, portanto, que a fertirrigação e a irrigação por gotejamento tanto em superfície como em subsuperfície podem ser utilizadas sem que o desempenho dos emissores seja afetado. De acordo com os resultados observados, o modelo do tubo gotejador utilizado pode ser

indicado para irrigação e fertirrigação via gotejamento superficial e subsuperficial.

A vazão média dos emissores antes do uso (2,1 h⁻¹) foi 5% maior que a indicada pelo fabricante (2 L h⁻¹) e, após o uso (1,99 L h⁻¹), 0,5% menor. Fischer Filho *et al.* (2016), avaliando gotejador do mesmo modelo após 100 horas de uso, obtiveram vazão relativa de 99,02%, ou seja, vazão menor em 0,08%, corroborando com os resultados aqui encontrados.

A média do CUC após o uso foi de 93,40% e antes do uso, de 92,60%. Dessa

forma, classificados como excelentes de acordo com Mantovani (2002). Santos et al. (2016), em experimento com gotejadores e uso de fertirrigação, também obtiveram resultados classificados como excelentes para o CUC. Berça, Mendonça e Souza (2019), em irrigação com tubo gotejador no cultivo de repolho, obtiveram o CUC de 94,1%, valor condizente com o encontrado neste trabalho.

O CUD após o uso foi de 89,74% e, antes do uso, de 92,56%. Assim, este resultado pode ser classificado como bom para o tubo usado e excelente para o tubo novo, conforme a classificação proposta por Merriam e Keller (1978). Cunha *et al.* (2014), avaliando gotejadores em subsuperfície com e sem fertirrigação, observaram que, um mês após a aplicação de fertilizante, o CUD foi respectivamente de 93,1 e 95% para os tratamentos com e sem fertirrigação e, 12 meses após a aplicação, foram encontrados os valores de 75 e 81% para os tratamentos com e sem fertirrigação

respectivamente.

O CVq médio após uso foi de 8,45% e antes do uso, de 2,79%. Segundo a norma brasileira NBR ISO 9261:2006 (ABNT, 2006), este resultado não deve divergir em $\pm 7\%$, fato que ocorreu com os tubos gotejadores após o uso, que apresentaram CVq médio maior que este valor. Porém, ressalta-se que de acordo o teste estatístico, a fertirrigação ou a irrigação em subsuperfície não foram a causa da variação na vazão.

Portanto, recomenda-se que o monitoramento da uniformidade e vazão dos emissores ocorra periodicamente, pois esses fatores comprometem a distribuição de água e, por conseguinte, pode afetar a produtividade da lavoura, em razão da desuniformidade de distribuição da água na área.

O grau de entupimento dos emissores (GE) médio das parcelas em função dos tratamentos está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância do grau de entupimento dos emissores (GE).

FV	GE (%)
Adubação (A)	
Fertirrigação	4,08
Adubação Manual	6,50
Teste F	1,39 ^{ns}
Profundidade (P)	
0,00 m	5,23
0,10 m	6,74
0,20 m	3,90
Teste F	0,65 ^{ns}
Interação A*P	
Teste F	0,89 ^{ns}

^{ns} não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, FV fator de variação

O grau de entupimento (GE) médio nas parcelas foi de -4,83% a 20,53%. O valor negativo do GE decorre de algumas obstruções ocasionarem aumento de vazão, enquanto o positivo, refere-se à redução da vazão. Na maioria das parcelas o grau de entupimento foi positivo, portanto, a vazão foi reduzida. De acordo com a classificação

proposta por Dantas *et al.* (2014), a média do GE do tubo gotejador em função dos tratamentos é baixa (<10%).

O aumento da vazão pode ocorrer em um primeiro estágio de acumulação de material dentro do emissor, inclusive afetando o regime de escoamento (NASCIMENTO *et al.*, 2016). Resultados

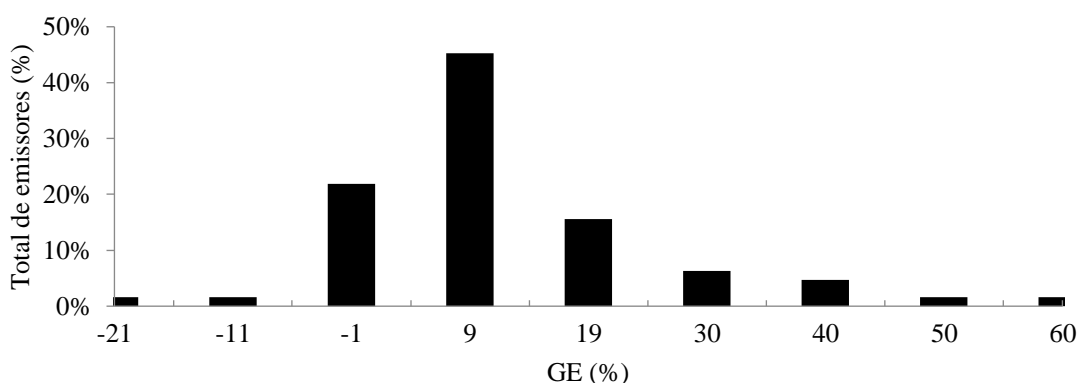
semelhantes também foram relatados por Fischer Filho et al. (2016), nesse trabalho, gotejadores autocompensados apresentaram GE tanto positivo como negativo, demonstrando que obstruções diminuem ou aumentaram a vazão. Esses mesmos autores sugerem que sólidos, microrganismos e substâncias químicas como ferro e sódio podem interferir na membrana de compensação dos gotejadores.

Segundo Frizzone *et al.* (2012), a

obstrução dos emissores é um dos mais importantes problemas na microirrigação, sendo o fator que mais afeta o CVq dos emissores em campo. A obstrução dos emissores pode ser minimizada com melhoria na sensibilidade dos emissores e na qualidade da água de irrigação.

O percentual de emissores em função do grau de entupimento está representado na Figura 1.

Figura 1. Percentual de emissores em função do grau de entupimento.



A maioria dos emissores tiveram GE de -1 a 9, podendo ser classificados como de baixo grau de entupimento. Já, 9% dos emissores apresentaram GE maior que 40% sendo, portanto, considerados como de alto grau de entupimento, conforme com Dantas et al. (2014).

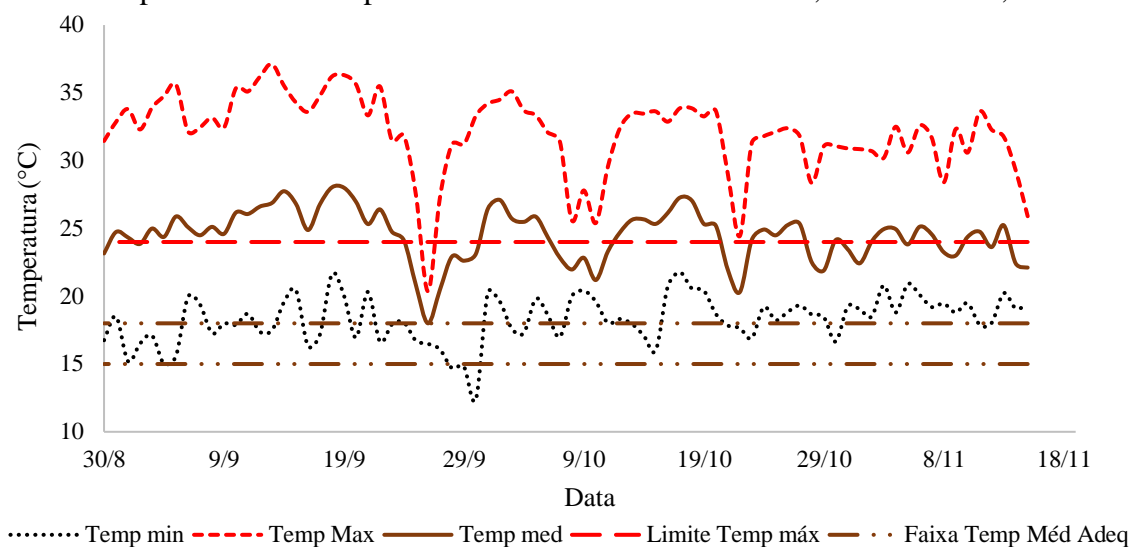
Semelhante a esses resultados, somente uma pequena quantidade de emissores com GE superior a 10%, foram descritos por Dalri et al. (2014), em sistema de irrigação localizada em subsuperfície para cana-de-açúcar. Cunha et al. (2016) relataram grau de entupimento de emissores aos 3 meses de uso, com resultados de GE iguais a 8,48% para reposição de 50% da

lâmina necessária de irrigação e 31,17% para lâmina de 100%. Eles ainda destacaram que o entupimento parcial tem o agravante de não ser facilmente visualizado.

5. 2 Avaliação da cultura

As temperaturas diárias máxima, mínima e média observadas durante o período experimental foram 32,03 °C, 18,30 °C e 24,50 °C. Apenas em um dia, foi registrada temperatura média de 18°C, nos demais dias, os valores se mantiveram superiores a 20°C, e em 53 dias de observação, a temperatura média foi superior a 24°C (Figura 2).

Figura 2. Comportamento das temperaturas diárias máxima, mínima e média aferidas, limite superior e inferior da temperatura média ótima para cultura e limite superior da temperatura máxima para a cultura do brócolis. Uberaba, Minas Gerais, 2019.



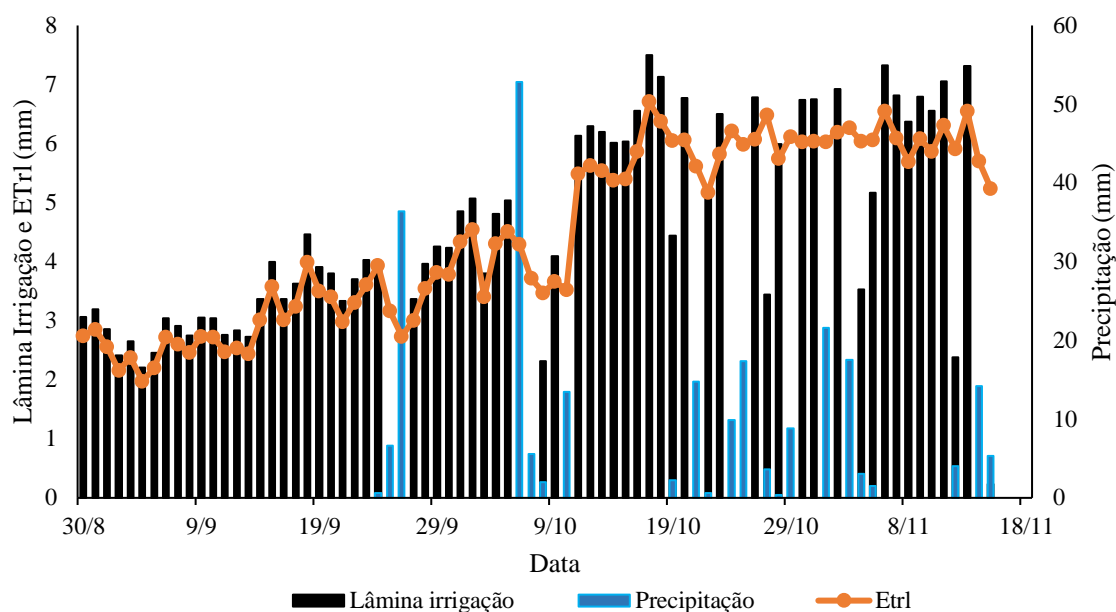
Sob temperaturas médias de 15 a 18°C e máxima de 24°C, há melhor desenvolvimento produtivo e qualitativo das plantas (TREVISAN et al., 2003). Observa-se, portanto, que no período do estudo a temperatura local esteve acima da recomendação para o cultivo de brócolis.

Seabra Júnior et al. (2014) observaram que para a cultivar Avenger houve produção média de 886 g de massa fresca da inflorescência, em temperaturas médias de 33,4 °C para a máxima; 26,3 °C

para a média e 19,2 °C para a mínima, por outro lado, os autores relataram distúrbios nas plantas como brácteas nas inflorescências e brotações laterais.

A evapotranspiração da cultura para a condição de irrigação localizada (ET_{rl}) estimada foi de 4,48 mm dia⁻¹ totalizando 349,32 mm no ciclo. Já a lâmina de irrigação total aplicada foi de 300,23 mm e a precipitação total acumulada no período foi de 242,41 mm (Figura 3).

Figura 3. Lâmina diária de irrigação, evapotranspiração da cultura para a condição de irrigação localizada (ET_{rl}) e precipitação no período de 30/08 a 15/11/2019. Uberaba, Minas Gerais, 2019.



Silva et al. (2019) relataram para a cultura do brócolis, evapotranspiração acumulada de 393,4 mm, lâmina de 284,95 mm de irrigação e 246,8 mm de precipitação, os autores estimaram a evapotranspiração (E_{To}, K_c e K_L) conforme os mesmos métodos deste trabalho, portanto ao comparar os valores de evapotranspiração, é possível inferir que a dissimilaridade entre elas é principalmente relativa às diferenças dos fatores climáticos entre os trabalhos.

É importante ressaltar que Silva et al. (2019) embora tenham mensurado a

evapotranspiração acumulada maior em 44,08 mm a lâmina de irrigação aplicada foi menor em 15,05 mm tendo em vista o volume maior de precipitação, destacando, portanto, a importância do manejo da irrigação com dados locais diários.

A aplicação de fertilizantes de forma manual ou pela fertirrigação e a posição do tubo gotejador não promoveram alterações significativas nas características avaliadas para a cultura do brócolis (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância do brócolis: diâmetro da cabeça, diâmetro do caule, massa fresca, altura da cabeça, dias do transplantio até a colheita (DAT).

FV	Diâm. Cabeça (mm)	Diâm. Caule (mm)	Massa fresca (g)	Alt. Cabeça (mm)	DAT
Adubação (A)					
Fertirrigado	155,50	43,47	434,47	140,69	71
Adubação convencional	159,66	44,18	467,65	141,12	70
Teste F	1,25 ^{ns}	0,49 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,52 ^{ns}
Profundidade (P)					
0,00 m	159,85	43,64	460,37	140,17	69
0,10 m	156,29	43,99	454,36	146,18	70
0,20 m	156,59	43,84	438,45	136,36	71
Teste F	0,42 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,129 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,49 ^{ns}
Interação A*P					
Teste F	1,96 ^{ns}	3,27 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,01 ^{ns}	2,26 ^{ns}
CV (%)	5,67	5,32	14,03	12,67	3,3

^{ns} não significativo pelo teste F a 1 % de probabilidade; FV= fator de variação; Diâm. = diâmetro; Alt.= altura;

A produtividade total foi de 12,88 t ha⁻¹, aproximadamente 28.570 cabeças de brócolis por hectare, com massa média de 0,45 g de brócolis. O diâmetro médio da cabeça foi de 15,80 cm, altura de 14,1 cm e diâmetro do caule de 4,40 cm. O período médio do transplantio à colheita foi de 71 dias e teve duração, período entre a primeira e última colheita, de 16 dias. Não houve cabeças com menos de 100 g ou defeitos que pudessem considerá-las não comerciais.

O mercado para consumo *in natura* tem dado preferência às inflorescências do tipo única, de coloração verde-escura, compactas, de boa granulometria, com tamanho médio, de 300 a 400 g de peso e diâmetros entre 12 e 15 cm (SCHIAVON et al., 2015).

Castro et al. (2018) obtiveram, para a cultivar Avenger em condições de alta temperatura, massa fresca de 327,50 g, diâmetro da cabeça de 11,43 cm e produtividade de 10,07 t ha⁻¹, nesse trabalho, os autores constataram que a temperatura foi superior a considerada ótima para o desenvolvimento da cultura, o que consequentemente afetou o desempenho da produção, o diâmetro e a massa das cabeças. Enquanto Melo, Madeira e Peixoto (2010)

relataram produtividade de 13,2 t ha⁻¹, massa fresca de 458g e diâmetro da cabeça de 15,3 cm para a mesma cultivar, corroborando os resultados encontrados no presente trabalho.

Silva et al. (2019), avaliando doses de nitrogênio via fertirrigação em irrigação localizada com gotejamento na cultivar Avenger, obtiveram massa fresca média de 344,95 g planta⁻¹, sem aplicação de nitrogênio, que aumentou significativamente até 511,13 g, para a dose de nitrogênio de 240 kg ha⁻¹, sendo que a produtividade variou de 6,90 a 9,73 t ha⁻¹, semelhante a este trabalho, em que foi observado que a fertirrigação e a irrigação localizada possibilitou o desenvolvimento adequado da cultura do brócolis.

Silva et al. (2019) apresentaram período de colheita entre 85 e 99 DAT, neste trabalho a colheita foi de 61 a 77 DAT, portanto o período para o desenvolvimento da cultura no campo foi um pouco menor. A homogeneidade das colheitas é influenciada pelo clima e, principalmente, pela cultivar utilizada (SCHIAVON et al., 2015). A duração menor da colheita favorece a menor incidência de doenças, menor quantidade de lesões e menor custo de mão de obra, em função da menor entrada de pessoas na área.

Observou-se que o tubo gotejador utilizado no presente estudo pode ser enterrado até 20 centímetros de profundidade sem que ocorra prejuízos ao desenvolvimento do brócolis, em condições semelhantes a esse experimento. A fertirrigação também pode ser utilizada para as adubações do brócolis sem prejuízos à produção pela forma de aplicação dos fertilizantes.

A produtividade da água foi de 0,43 kg m⁻³, sendo necessários 232 L de água para produzir 1 kg de brócolis. Geisenhoff et al. (2015) utilizaram 200 L de água para produção de 1 kg de brócolis no sistema de gotejamento subsuperficial, valor próximo ao utilizados neste estudo. A produtividade da água expressa o benefício derivado da utilização de água pelas culturas, pois relaciona o produto econômico da cultura

com o volume de água aplicado via irrigação (LIMA et al., 2012).

6 CONCLUSÕES

O desempenho hidráulico do tubo gotejador avaliado neste experimento pelo CUC, CUD, CVq, GE e vazão não foi afetado pela fertirrigação ou pelo enterrio do mesmo.

Em média, após o uso, os valores foram CUC (93,40%), CUD (89,74%), CVq (8,45%), GE (5,29%) e Vazão (1,99 L h⁻¹).

Não houve efeito da forma de aplicação dos fertilizantes (manual ou por fertirrigação) e profundidade do tubo gotejador (0,00; 0,10 e 0,20 m) na produtividade da cultura, que foi de 12,88 t ha⁻¹, bem como na produtividade da água, que foi igual a 0,43 kg m⁻³.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR ISO 9261**: equipamentos de irrigação agrícola. Emissores e tubos emissores. Especificação e métodos de ensaio. São Paulo: ABNT, 2006.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e00.htm>. Acesso em: 17 maio 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília, DF: ANA, 2019.
- BERÇA, A. S.; MENDONÇA, T. G.; SOUZA, C. F. Influence of organic mulching on drip irrigation management of cabbage cultivation. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 14, n. 4, p. e2381, 2019.
- CASTRO, L. S.; LEMES, J.; SANTOS, M. S.; SEABRA JÚNIOR, S.; BORGES, L. S. Desempenho de cultivares de brócolis de inflorescência única, produzidas em condições de altas temperaturas. **Revista cultivando o saber**, Cascavel, v. 11, n. 2, p. 207-21, 2018.
- CONAB. **Centrais de Abastecimento**: Comercialização Total de Frutas e Hortaliças. Brasília, DF: Conab, 2019. v. 1. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/hortigranjeiros-prohort/publicacoes-do-setor-hortigranjeiro?start=30>. Acesso em: 02 mar. 2020.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; MELO, S. R. P. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 5, p. 391-402, 2014.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; MOURA, L. M. F.; CABRAL-FILHO, F. R.; GOMES, F. H. F. Grau de entupimento de um sistema de gotejamento subsuperficial na cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 3, p. 695, 2016.

DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; CRUZ, R. L.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O. Entupimento de emissores enterrados sob a cultura da cana-de-açúcar após três anos de cultivo em condições fertirrigadas. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 62-71, 2014.

DANTAS, G. F.; MORATA, G. T.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O. Entupimento de gotejadores com uso de efluente de esgoto sob dois sistemas de filtragem. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 2, p. 86-97, 2014.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. (Irrigation and Drainage Paper 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias**. Brasília, DF: FAO, 2017.

FARIA, M. A. **Irrigação por gotejamento e microaspersão**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008.

FISCHER FILHO, J. A.; OLIVEIRA, V. M.; DALRI, A. B.; ZANINI, J. R. Performance of pressure-compensating emitters using treated sewage effluent for irrigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 10, p. 869-873, 2016.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**, Maringá: Eduem, 2012.

GEISENHOFF, L. O.; OLIVEIRA, F. C. D.; BISCARO, G. A.; ALMEIDA, A. C. D. S.; SCHWERZ, F. Produtividade do brócolis-de-cabeça sob diferentes sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p. 863-874, 2015.

KELLER, J. Trickle irrigation. *In*: SOIL CONSERVATION SERVICE. **National Engineering Handbook**. Colorado: USDA, 1978.

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

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México, DF: Fondo de Cultura Econômica, 1948.

LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; MATEOS, L.; FERNANDEZ, M. S. Estimativa da produtividade de água em uma área irrigada no sul da Espanha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 51-60, 2012.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013.

MANTOVANI, E.C. **Avalia**: manual do usuário. Viçosa, MG: DEA: UFV–PNP&D : Embrapa, 2002.

MAROUELLI, W. A.; SOUSA, V. F. Irrigação e fertirrigação. *In*: SOUSA, W. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.

MELO, R. A. C.; MADEIRA, N. R.; PEIXOTO, J. R. Cultivo de brócolos de inflorescência única no verão em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 1, p. 23-28, 2010.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978.

NASCIMENTO, R. C.; MEDEIROS, P. R. F.; SANTOS, G. S.; ALENCAR, E. C. P. V.; GONÇALVES, D. R.; MARTINS, A. P. F. Dinâmica da obstrução de emissores usados na cultura da uva utilizando água salina de poço subterrâneo. **Irriga**, Botucatu, v. 21, n. 3, p. 491-491, 2016.

PAIXÃO POR BRÓCOLIS BY SAKATA. **Brócolis**. Dados de mercado e consumo. [S. l.]: Sakata, 2017. Disponível em: <https://paixaoporbrocolis.com.br/dados-de-mercado-e-consumo/>. Acesso em: 17 abr. 2020.

SANTOS, D. L.; COELHO, E. F.; BATISTA, L. S.; BARROS, D. L.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. Efeito da aplicação de ureia e de cloreto de potássio por fertirrigação na vazão dos emissores e em parâmetros químicos do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 5, p. 990-998, 2016.

SCHIAVON, A.; BLIND, A. D.; ECKSTEIN, B.; PINHEIRO, J. B.; VENDRAME, L. P. C.; HANASHIRO, M. M.; JORGE, M. H. A.; VIDAL, M. C.; MICHHEREFF FILHO, M.; BOTREL, N.; MADEIRA, N. R.; MELO, R. A. C. **A cultura dos brócolis**. Brasília, DF:

Embrapa, 2015. (Coleção Plantar, 74). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1044078/a-cultura-dos-brocolis>. Acesso em: 20 fev. 2020.

SEABRA JUNIOR, S.; NEVES, J. F.; DIAS, L. D.; SILVA, L. B.; NODARI, I. D. Produção de cultivares de brócolis de inflorescência única em condições de altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 4, p. 497-503, 2014.

SILVA, P. A.; BISCARO, G. A.; OLIVEIRA, G. Q.; SCHWERZ, F.; DREHMER, K. K. B. Fertirrigação com nitrogênio na cultura do brócolis. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 472-480, ago. 2019.

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

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. (Boletim Técnico, 100).