

DESENVOLVIMENTO DO TOMATEIRO INDUSTRIAL EM RESPOSTA A DIFERENTES NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO

CÍCERO JOSÉ DA SILVA¹; JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE²; CÉSAR ANTÔNIO DA SILVA³; NADSON DE CARVALHO PONTES⁴; LUIZ FELIPE MARIANO DA SILVA⁵ E ÊNIO EDUARDO BASÍLIO⁶

¹Professor do Curso Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, BR 153, Km 633, Zonal Rural, CEP;75650-000, Morrinhos – GO, Brasil. E-mail: cicero.silva@ifgoiano.edu.br

²Professor Aposentado Colaborador Senior, Departamento de Engenharia de Biossistemas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Avenida Pádua Dias, N 11, Caixa Postal 9, CEP: 13418-900, Piracicaba – SP, Brasil. E-mail: frizzone@usp.br

³Professor do Curso Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, BR 153, Km 633, Zonal Rural, CEP;75650-000, Morrinhos – GO, Brasil. E-mail: cesar.antonio@ifgoiano.edu.br

⁴Professor do Curso Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, BR 153, Km 633, Zonal Rural, CEP;75650-000, Morrinhos – GO, Brasil. E-mail: nadson.pontes@ifgoiano.edu.br

⁵Estudante de Iniciação Científica do Curso Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, BR 153, Km 633, Zonal Rural, CEP;75650-000, Morrinhos – GO, Brasil. E-mail: luizfelipeagroif@outlook.com

⁶Técnico Administrativo, Mestre em Olericultura, Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, BR 153, Km 633, Zonal Rural, CEP;75650-000, Morrinhos – GO, Brasil. E-mail: enio.basilio@ifgoiano.edu.br

1 RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desenvolvimento de plantas de tomateiros submetidas a diferentes níveis de reposição da irrigação, aplicados via sistema gotejamento subsuperficial durante duas safras. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados cinco níveis de irrigação: 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (%ETc) medida com lisímetros de pesagem, sobre o desenvolvimento de plantas de tomateiro. Cada parcela experimental foi composta por três fileiras de plantas de 5,5 m de comprimento, espaçadas a 1,10 m entre si e 0,30 m entre plantas. As avaliações de área foliar, índice de área foliar, massa seca de raiz, caule, folhas, flores, frutos e total foram realizadas aos 45, 65 e 85 dias após o transplante das mudas. Irrigações deficitárias e em excesso prejudicaram o desenvolvimento vegetativo das plantas de tomateiro. Os maiores valores de área foliar, índice de área foliar e massa seca total das plantas de tomateiro foram estimados com níveis de irrigação que variaram de 96 a 112% da ETc, variando de acordo com o ano de avaliação e a fase de desenvolvimento do tomateiro. Irrigações deficitárias e excessivas prejudicaram a floração e frutificação do tomateiro híbrido BRS Sena.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicom* L.; gotejamento enterrado; manejo da irrigação; massa seca.

SILVA, C. J. da; FRIZZONE, J. A.; SILVA, C. A. da; PONTES, N. de C.; SILVA, L. F. M. da; BASÍLIO, Ê. E.
INDUSTRIAL TOMATO PLANT DEVELOPMENT IN RESPONSE TO DIFFERENT IRRIGATION LEVELS

2 ABSTRACT

This research aimed to evaluate tomato plant development submitted to different irrigation replacement levels, irrigated via subsurface drip system for two harvests. The experiment was conducted under a randomized complete block design with four replications. Five irrigation levels were evaluated: 50, 75, 100, 125 and 150% of crop evapotranspiration (% ETc) measured with weighing lysimeters over the tomato plants development. Each experimental plot was composed of three plants rows with 5.5 m long, spaced 1.10 m apart and 0.30 m between plants. Leaf area, leaf area index, root dry matter, stem, leaves, flowers, fruits and total were evaluated at 45, 65 and 85 days after seedlings transplanting. Deficit and excess irrigation impaired the vegetative development of tomato plants. The highest values of leaf area, leaf area index and plants total dry mass were estimated with irrigation levels ranging from 96 to 112% of ETc, depending on the evaluation harvest year and the crop development phase. Deficit and excessive irrigation affected the flowering and fruiting of the hybrid tomato BRS Sena.

Keywords: *Solanum lycopersicom* L; subsurface drip irrigation; irrigation management; dry mass.

3 INTRODUÇÃO

A irrigação constitui fator preponderante para o êxito da tomaticultura industrial, tendo em vista que a produção no Brasil é predominantemente realizada durante a estação seca do ano. O manejo da irrigação pode minimizar a incidência de doenças, os custos com água e energia, além de promover o bom desenvolvimento das plantas, maior produtividade e eficiência no uso de água e de nutrientes, tornando a atividade mais lucrativa (HANSON et al., 2009; MAROUELLI; SILVA; SILVA, 2012).

De acordo com Melo & Vilela (2005), o manejo da irrigação é considerado como um dos principais desafios para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial, uma vez que a água é um dos fatores mais importantes que afeta o desenvolvimento das plantas de

tomateiro (BACALLAO & FUNDORA, 2014). O desenvolvimento vegetativo, expresso pelos parâmetros de crescimento, acúmulo de matéria seca, expansão da área foliar e do índice de área foliar são parâmetros que indicam a adaptabilidade da cultura às condições de manejo e edafoclimáticas do local (MONTE et al., 2009).

Vários trabalhos conduzidos no Brasil e em outros países indicam um efeito extremamente severo do déficit hídrico sobre a redução da biomassa seca de tomateiros. Patanè; Tringali; Sortino et al., (2011), em condições de campo da Itália, verificaram que a biomassa seca de tomateiros foi severamente reduzida pelo aumento do déficit hídrico e pela antecipação da suspensão da irrigação na cultura antes da fase de colheita. Resultados semelhantes aos observados por Birhanu & Tilahun (2010) na Etiópia e Morales et al.,

(2015) em Lavras, MG. Entretanto, algumas pesquisas tem demonstrado que, assim como o déficit, o excesso de água também pode prejudicar o desenvolvimento de plantas de tomateiro (SANTANA et al., 2010; SOARES et al., 2012).

Diversos fatores, como cultivar, ambiente de cultivo e variedade, influenciam na resposta do desenvolvimento da planta à disponibilidade hídrica. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento vegetativo do híbrido BRS Sena submetido a diferentes níveis de reposição da irrigação, aplicados por gotejamento subsuperficial durante duas safras.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em dois anos consecutivos (2015 - junho a outubro e 2016 - maio a setembro) na área experimental de horticultura do Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos – GO, situado a 885 m de altitude, 17°49'19,5" de latitude sul e 49°12'11,3" de longitude oeste. O clima local, segundo classificação de Köppen, é do tipo AW – clima tropical com duas estações bem definidas, inverno seco e verão quente e chuvoso, com temperatura média anual de 23,3 °C e precipitação média anual de 1346 mm.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram avaliados cinco

níveis de irrigação iguais a 50, 75, 100, 125 e 150% da evapotranspiração da cultura (%ETc), acumulada entre duas irrigações consecutivas, sobre o desenvolvimento vegetativo do tomateiro híbrido BRS Sena. Cada parcela experimental foi composta de três fileiras de plantas de 5,5 m de comprimento, espaçadas 1,10 m entre si e 0,30 m entre plantas, totalizando 18 plantas por linha, 54 plantas por parcela. Os blocos e as parcelas foram espaçados de 6 e 4 m, respectivamente, para evitar possíveis influências de um tratamento sobre o outro.

O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho amarelo distrófico e seu preparo foi realizado de forma convencional (gradagem, subsolagem, gradagem e gradagem destorroadora niveladora) para instalação do experimento no primeiro ano da pesquisa e sob o sistema de plantio direto no segundo ano. As correções e adubações do solo foram realizadas de acordo com as análises de solo (Tabela 1). A calagem foi realizada a lanço em área total aos 51 dias antes do transplante das mudas em 2015, visando elevar a saturação por base do solo a 70%, enquanto no segundo ano de cultivo não foi necessário realizar correções no solo. A adubação de plantio foi realizada em sulco, três dias antes do transplante das mudas e a de cobertura realizada via fertirrigação, sendo aplicada metade aos 22 dias após o transplante das mudas (DAT) e a outra metade aos 35 DAT, em ambas as pesquisas.

Tabela 1. Resultado de análise química e física do solo da área experimental, em Morrinhos – GO.

2015												
Amostra	Análise química								Granulométrica			
	pH água	P	K	Na	C a	M g	Al	H+Al	Matéria Orgânica	Areia	Silte	Argila
	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				g dm ⁻³	g kg ⁻¹		
0 - 20 cm	5,7	2,6	44,0	9,0	2,9	1,2	0,0	2,6	31,1	486	100	414
20 - 40 cm	5,5	1,5	35,0	8,0	1,8	0,8	0,1	2,9	26,0	494	121	385
2016												
Amostra	Análise química								Granulométrica			
	pH água	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	Matéria Orgânica	Areia	Silte	Argila
	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				g dm ⁻³	g kg ⁻¹		
0 - 20 cm	6,4	13,3	94,4	87,0	3,2	1,2	0,0	1,7	37,8	-	-	-
20 - 40 cm	5,7	13,3	6,5	88,0	0,8	0,8	0,0	2,3	32,6	-	-	-

Metodologia utilizada: pH – eletrodo em suspensão solo: água (1:2,5); P, K e Na – Mehlich 1; Ca, Mg e Al – Cloreto de potássio; H+AL – acetato de cálcio a pH 7,0; Matéria Orgânica – oxidação via úmida (teor de carbono orgânico x 1,724).

As mudas utilizadas na pesquisa (híbrido BRS Sena) foram cultivadas em substrato comercial utilizando bandejas de material de polietileno com 450 células, em viveiro especializado para produção de mudas. Aos 26 dias, as mudas foram levadas ao campo e transplantadas em solo irrigado com teor de umidade na capacidade de campo. Até os oito DAT, as plantas eram irrigadas diariamente, repondo 100% da ETc. Dos oito aos 25 DAT, foram irrigadas em dias alternados, repondo 100% da ETc, visando garantir o estabelecimento das mudas em campo. Somente a partir dos 25 DAT, a cultura foi submetida aos tratamentos propostos.

As lâminas de irrigação foram aplicadas utilizando um sistema de gotejamento enterrado, instalado a 0,20 m de profundidade, dimensionado com um gotejador por planta, 0,30 m entre gotejadores e vazão de 2,2 L h⁻¹. A ETc foi determinada através de cinco lisímetros de pesagem, com capacidade de 52 L de solo, cultivado com uma planta de tomateiro BRS Sena em cada lisímetro (Equação 01). Os tempos de irrigação foram calculados em função da ETc, largura da faixa

molhada, espaçamento, vazão dos gotejadores e percentual de reposição da ETc (Equação 02).

$$ETc = \frac{40 \cdot (M_{\theta cc} - M_{\theta a})}{\rho_a \cdot \pi \cdot D^2} \quad (01)$$

Em que: ETc é a evapotranspiração das plantas (mm); M_{θcc} é a massa do lisímetro + muda + solo na umidade de “capacidade de campo” (g); M_{θa} é a massa média, de cinco repetições do lisímetro + muda + solo na umidade atual (g); ρ_a é a densidade da água (considerou-se 1,0 g cm⁻³); e D é o diâmetro da borda do lisímetro, na altura do solo (cm).

$$Ti = 60 \cdot \left(1,05 \left(\frac{ETc \cdot LF_m \cdot SG}{q} \right) \right) \cdot L \quad (02)$$

Em que: Ti é o tempo de irrigação (minutos); 60 conversão do tempo de irrigação de hora para minutos; 1,05 fator de acréscimo do tempo de irrigação em 5%, para compensar uniformidade (eficiência do sistema = 95%); ETc é a evapotranspiração da cultura, média de 5 lisímetros (mm);

LF_m é a largura da faixa molhada (1,10 m) determinada em campo; SG é o espaçamento entre gotejadores (0,30 m); q é a vazão do gotejador ($2,2 \text{ L h}^{-1}$); L é o percentual de reposição da ET_c em decimal (50; 75; 100; 125 e 150%).

A evapotranspiração da cultura (ET_c) acumulada durante o período experimental, medida pelos lisímetros de pesagem, foi de 490,23 e 426,92 mm em 2015 e 2016, respectivamente. A quantidade de água aplicada em cada tratamento durante a condução do experimento variou conforme os níveis de reposição da irrigação testados (% ET_c). Em 2015, foram aplicados 241,22, 331,28, 421,25, 511,22 e 601,20 mm, enquanto no segundo ano foram irrigados 203,22, 278,77, 354,32, 429,87 e 505,42 mm, correspondentes aos tratamentos propostos 50, 75, 100, 125 e 150% da ET_c , respectivamente.

O manejo fitossanitário foi realizado com inseticidas e fungicidas registrados para a cultura, aplicados semanalmente de forma preventiva até os 100 dias de cultivo, alternando produtos de princípios ativos e modo de ação diferentes, em cada fase de desenvolvimento da cultura, objetivando a cultura expressar o seu máximo potencial de desenvolvimento e de produção. As plantas daninhas foram controladas através da aplicação de herbicida glifosato, na dose de 3 L ha^{-1} , 15 dias antes do transplante das mudas (somente no segundo ano da pesquisa) e herbicidas pré-emergentes (Sulfentrazone na dose de $0,8 \text{ L ha}^{-1}$ e S-Metolaclopr na dose de 1 L ha^{-1}) aplicados aos 5 dias antes do transplante das mudas com o solo úmido e herbicida pós-emergente (Fluazifope-P-Butílico na dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ e Metribuzin na dose de $0,6 \text{ L ha}^{-1}$) aplicado aos 25 dias após o transplante das mudas, através de pulverizador de barras tratorizado com volume de calda na proporção de 200 L ha^{-1} .

No primeiro ano de pesquisa, não foram observados sintomas típicos de begomovírus na cultura. Já no segundo ano, apesar do intenso controle de mosca branca, com inseticidas, ocorreu forte pressão da praga no tomateiro, o que culminou com alta incidência de sintomas de virose causada por um complexo de vírus do gênero begomovírus, com sintomas típicos - rugosidade, deformação, enrolamento foliar, diminuição da área foliar e, conseqüentemente, menor desenvolvimento, absorção de água e nutrientes pelas plantas (INOUE-NAGATA, 2005). A confirmação da etiologia dos sintomas foi realizada por reação de PCR utilizando primer degenerado. Esse fato explica o menor consumo hídrico e o menor crescimento vegetativo de todos os parâmetros avaliados do tomateiro híbrido BRS Sena em 2016, se comparado a 2015, independentemente do período de avaliação (45, 65 e 85 DAT).

Os dados meteorológicos foram monitorados pela estação meteorológica automática do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos – GO, localizada a cerca de 400 m do experimento, com leituras a cada um minuto e média a cada 30 minutos. A estação meteorológica, durante a condução das pesquisas, registrou temperaturas máxima de $35,4 \text{ }^\circ\text{C}$ e mínima de $11 \text{ }^\circ\text{C}$ e precipitação de 86 mm em 2015. Enquanto em 2016, a temperatura máxima foi registrada em $34,1 \text{ }^\circ\text{C}$ e a mínima em $8,2 \text{ }^\circ\text{C}$ e precipitação de 27,6 mm. A evapotranspiração de referência (ET_o), estimada pela equação de Penman Monteith (ALLEN et al, 1998), acumulada durante a condução dos experimentos, foi de 474,06 e 492,24 mm em 2015 e 2016, respectivamente.

Aos 45, 65 e 85 DAT foram avaliados: área foliar (AF) por planta, índice de área foliar (IAF), massa seca de raiz (MSR), caule (MSC), folhas (MSF), flores (MSFF), frutos (MSFT) e total (MSTO), através de método destrutivo,

utilizando duas plantas escolhidas ao acaso em cada tratamento. A MSFT foi avaliada somente aos 65 e 85 DAT, quando já existiam frutos nas plantas.

As medições de AF foram realizadas em 20 folíolos, escolhidos ao acaso, utilizando o aparelho medidor de área foliar portátil “CI – 203”. Imediatamente após a medição da área foliar dos 20 folíolos, os mesmos tiveram sua massa medida em balança de precisão (0,0001 g). Conhecendo a AF e a massa dos 20 folíolos e a massa total de folhas das duas plantas, determinou-se a AF por planta (Equação 03).

$$AF = \left(\frac{\left(\frac{AF20F \cdot MFTO2P}{M20F} \right)}{2} \right) \quad (03)$$

Em que: AF é área foliar (cm^2 planta⁻¹); AF20F é a área foliar medida em 20 folíolos (cm^2); MFTO2P é a massa fresca total de folhas de 2 plantas (g); M20F é a massa das 20 folhas medidas (g); 2 são para a transformação da AF de duas para uma planta.

O índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) foi calculado por meio da relação entre a AF e o número de plantas por m^2 dado pelo espaçamento de transplante das mudas (0,30 x 1,10 m) (Equação 04).

$$IAF = \frac{AF \cdot NP}{AT} \quad (04)$$

Em que: IAF é o índice de área foliar ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$); AF é a área foliar (m^2 planta⁻¹); NP é o número de plantas por m^2 (3,03 plantas), calculado em função do espaçamento de transplante (0,30 x 1,10 m); AT é a área total considerada (1 m^2).

Para a determinação das massas de matéria seca, as partes vegetativas das plantas foram separadas, acondicionadas

em embalagem de papel e colocadas em estufas de circulação de ar forçada à temperatura de 65°C durante 96 horas, quando atingiram massa constante. Logo após sair da estufa, foi determinada a massa de matéria seca de todas as partes vegetativas, com balança de precisão. Devido às dificuldades em secar grandes quantidades de frutos, a MSTF, aos 85 DAT, foi determinada em apenas uma porção de 500 gramas de frutos. Em função da proporção de matéria seca de frutos resultante das 500 gramas de frutos frescos e da matéria fresca total dos frutos, foi determinada a MSFT (Equação 05). A MSTO foi determinada através do somatório de massa seca de raiz, caule, folhas, flores e frutos.

$$MSFT = \frac{MFFT \cdot MSFT_{(500g)}}{500} \quad (05)$$

Em que: MSFT é massa seca de frutos (g planta^{-1}); MFFT massa fresca total de frutos por tratamento; $MSFT_{(500g)}$ é a massa seca resultante de 500 g de frutos frescos; 500 é a quantidade de frutos frescos (g) colocados em estufa para determinação da massa seca.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (teste F de Fisher), ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR (Sistema de Análise de Variância) (FERREIRA, 2011). Quando ocorreu efeito dos tratamentos (níveis de irrigação) sobre os parâmetros avaliados, aplicou-se a análise de regressão polinomial. O modelo de regressão escolhido foi em função do nível de significância de até 5% de probabilidade pelo teste F e o maior coeficiente de determinação (R^2).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de irrigação testados apresentaram efeito significativo a 5% de probabilidade para todos os parâmetros

avaliados em ambas as pesquisas, exceto a MSR aos 65 e 85 DAT no primeiro ano e MSFT aos 65 DAT em ambas as pesquisas, que não apresentaram diferenças estatísticas significativas (Tabelas 2 a 8).

Tabela 2. Resumo de análise de variância de área foliar (AF) em 2015 e 2016 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		AF 2015 (cm ²)			AF 2016 (cm ²)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	864,2 ^{NS}	36,6x10 ^{5NS}	25,7x10 ^{5NS}	10,1x10 ^{4**}	19,4x10 ^{5**}	12,2x10 ^{5**}
Lâmina (L)	4	41,4x10 ^{4**}	48,5x10 ^{5**}	48,5x10 ^{6**}	17,3x10 ^{4**}	26,3x10 ^{5**}	16,7x10 ^{5**}
Resíduo	12	797,3	46,1x10 ⁵	20,5x10 ⁵	13841,0	74066,9	23506,23
Total	19	16,6x10 ⁴	26,0x10 ⁷	22,6x10 ⁷	11,6x10 ⁵	17,24x10 ⁶	10,65x10 ⁶
CV 1 (%):		10,98	6,47	2,04	0,98	10,98	6,47
Média geral:		1071,58	4204,16	7525,247	0,861	1071,58	4204,16

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 3. Resumo de análise de variância de índice de área foliar (IAF) em 2015 e 2016 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		IAF 2015			IAF 2016		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,000081 ^{NS}	0,335 ^{NS}	0,236 ^{NS}	0,0096**	0,177**	0,111**
Lâmina (L)	4	0,380**	4,449**	4,450**	0,016**	0,241**	0,155**
Resíduo	12	0,000072	0,423	0,188	0,0012	0,0067	0,0022
Total	19	1,519	23,88	20,76	0,106	1,578	0,976
CV 1 (%):		0,98	18,47	14,07	10,66	6,45	2,05
Média geral:		0,861	3,52	3,08	0,325	1,274	2,281

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 4. Resumo das análises de variância de massa seca de caule (MSC) em 2015 e 2016 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		MSC 2015 (g planta ⁻¹)			MSC 2016 (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	0,584*	85,067**	36.837**	0,584*	85,067**	36.837**
Lâmina (L)	4	1,249**	150,965**	51,364**	1,249**	150,965**	51,364**
Resíduo	12	0,165	10,708	1.801	0,165	10,708	1.801
Total	19	8,729	987,559	337,579	8,729	987,559	337,579
CV 1 (%):		15,63	12,46	3,42	11,77	15,63	12,46
Média geral:		2,60	26,26	39,186	5,122	2,60	26,26

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 5. Resumo das análises de variância de massa seca de folhas (MSF) em 2015 e 2016 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		MSF 2015 (g planta ⁻¹)			MSF 2016 (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	179,31**	166,91 ^{NS}	110,46 ^{NS}	2,51**	121,33*	36,84**
Lâmina (L)	4	70,792**	643,962**	1047,16**	4,596**	386,115**	51,364**
Resíduo	12	7,190	49,138	75,534	0,327	28,980	1,801
Total	19	907,370	366,225	5426,42	29,828	2256,224	337,579
CV 1 (%):		22,01	12,77	13,57	13,07	11,77	17,42
Média geral:		0,07	21,00	51.65	66,52	5,122	30,91

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 6. Resumo das análises de variância de massa seca de flores (MSFF) em 2015 e 2016 e massa seca de frutos (MSFT) em 2015 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio								
		MSFF 2015 (g planta ⁻¹)			MSFF 2016 (g planta ⁻¹)			MSFT 2015 (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	65 DAT	85 DAT	
Bloco	3	0,12**	0,30 ^{NS}	0,19**	0,001*	0,19*	0,26*	63,73 ^{NS}	2530,0**	
Lâmina(L)	4	0,14**	0,04*	0,50**	0,002**	0,45**	2,67**	112,68 ^{NS}	13x10 ³ **	
Resíduo	12	0,009	0,09	0,013	0,0002	0,037	0,049	40,783	141,67	
Total	19	1,001	3,66	2,707	0,014	2,812	12,04	1131,32	62131,9	
CV 1 (%):		17,15	23,55	13,59	22,01	20,41	8,94	31,96	8,67	
Média geral:		0,541	1,330	0,84	0,07	0,94	2,47	19,98	137,28	

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 7. Resumo das análises de variância de massa seca de raiz (MSR) em 2015 e 2016 e massa seca de frutos (MSFT) em 2016 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio							
		MSR 2015 (g planta ⁻¹)			MSR 2016 (g planta ⁻¹)			MSFT 2016 (g planta ⁻¹)	
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	2,878**	1,819 ^{NS}	234,0 ^{NS}	0,50 ^{NS}	0,39*	0,05 ^{NS}	12,32 ^{NS}	3,23 ^{NS}
Lâmina (L)	4	0,54*	2,17 ^{NS}	142,71 ^{NS}	0,74*	1,73**	4,51**	12,0 ^{NS}	67,02**
Resíduo	12	0,057	0,526	59,329	0,151	0,105	0,045	4,385	7,860
Total	19	11,47	20,46	1984,65	6,28	9,40	18,72	137,56	372,07
CV 1 (%):		7,84	10,54	18,13	32,77	10,53	3,05	35,02	5,91
Média geral:		3,058	6,88	42,495	1,18	3,08	6,97	5,979	47,46

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Tabela 8. Resumo das análises de variância de massa seca total (MSTO) em 2015 e 2016 de plantas de tomateiro, em função de níveis de reposição da irrigação (% ETc), em Morrinhos – GO.

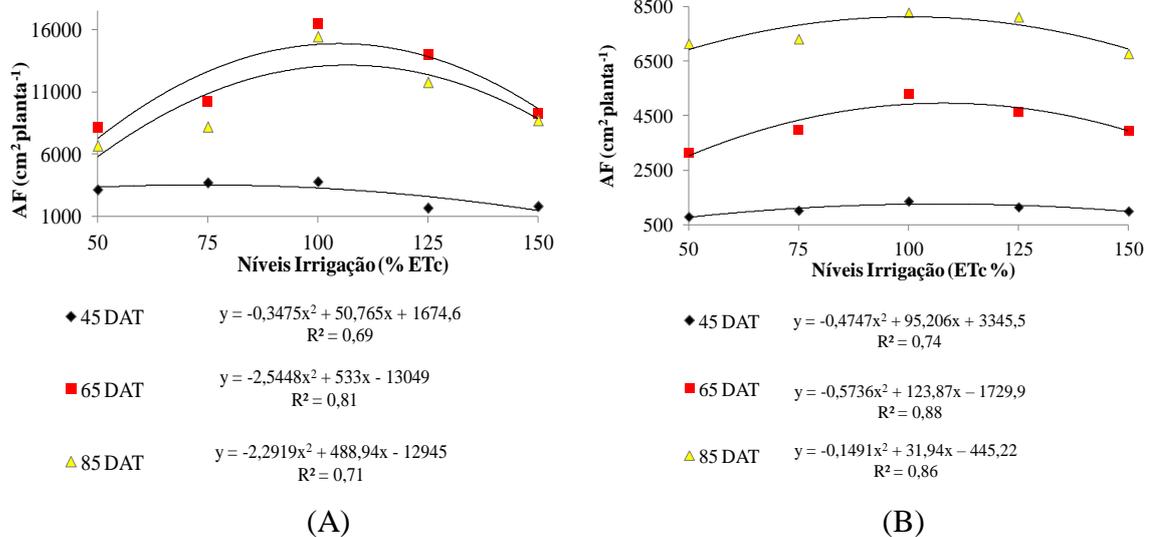
Fontes de Variação	GL	Quadrado Médio					
		MSTO 2015 (g planta ⁻¹)			MSTO 2016 (g planta ⁻¹)		
		45 DAT	65 DAT	85 DAT	45 DAT	65 DAT	85 DAT
Bloco	3	1137,323**	1119,07 ^{NS}	2432,41**	5,48**	1007,43**	175,43**
Lâmina (L)	4	342,022**	4887,89*	40503,26**	9,671**	567,89**	580,25**
Resíduo	12	46,31	356,1	402,96	0,75	51,99	13,47
Total	19	5335,72	27181,92	174145,81	64,136	6357,295	3008,90
CV 1 (%):		15,64	13,92	6,56	11,22	10,74	2,51
Média geral:		43,51	135,59	306,008	7,72	67,16	146,32

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F; NS - Não significativo; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação; DAT – Dias após o transplante

Em ambos os anos de avaliação, o déficit e o excesso hídrico diminuíram a AF das plantas de tomateiro BRS Sena. No experimento conduzido em 2015, os maiores valores de AF (3528,44, 14859,50 e 13131,60 cm²), estimados por meio da análise de regressão, foram obtidos com reposições de 73,04, 104,72 e 106,67% da

ETc aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 1A). Enquanto que no segundo experimento, os maiores valores de AF foram estimados em 1265,32, 4957,59 e 8119,14 cm² aos 45, 65 e 85 DAT, com irrigações correspondentes a 107,11, 107,98 e 100,28% da ETc, respectivamente (Figura 1B).

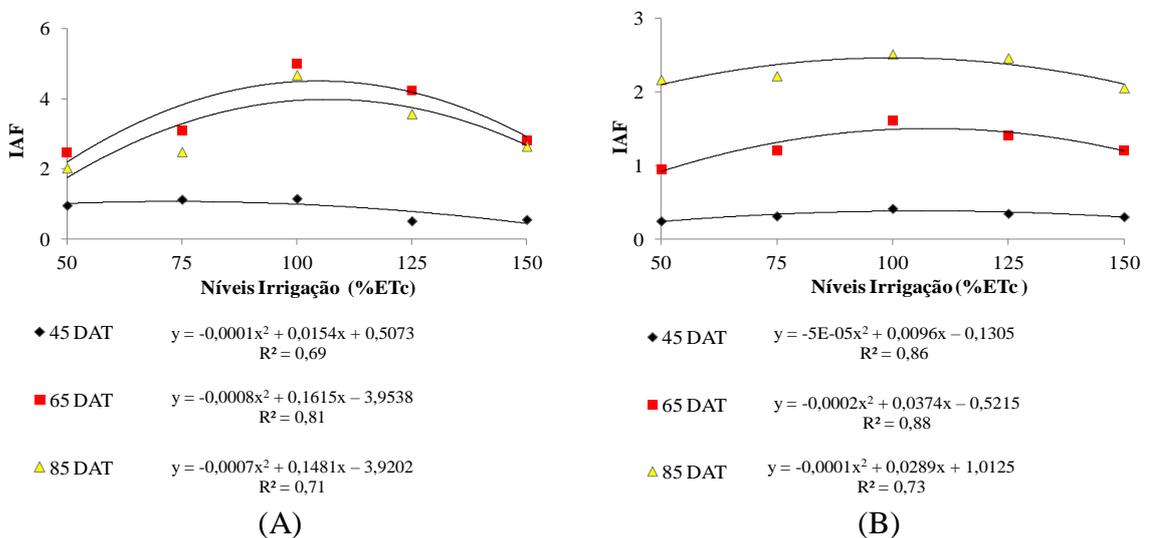
Figura 1. Área foliar (AF) de plantas de tomateiro em 2015 (A) e 2016 (B) aos 45, 65 e 85 DAT, em Morrinhos, GO.



Em relação ao IAF, os valores máximos estimados no primeiro ano foram de 1,07, 5,4 e 3,91, com reposições de 73,26, 104,73 e 105,79% da ETc (Figura 2A), enquanto em 2016, as reposições de

106,98, 108,18 e 100% da ETc proporcionaram os maiores IAF de 0,39, 1,5 e 2,5 aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 2B).

Figura 2. Índice de Área foliar (IAF) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena em 2015 (A) e 2016 (B) aos 45, 65 e 85 DAT, em Morrinhos, GO.



Os resultados obtidos no presente estudo apontam para redução do desenvolvimento da área foliar quando a umidade do solo é deficitária. Tal fato corrobora os resultados observados por Pires et al. (2009), que verificaram aumento

do IAF nas plantas de tomateiro quando a umidade do solo era mantida próxima à umidade na capacidade de campo e por Patanè; Tringali; Sortino (2011), que observaram redução da área foliar do

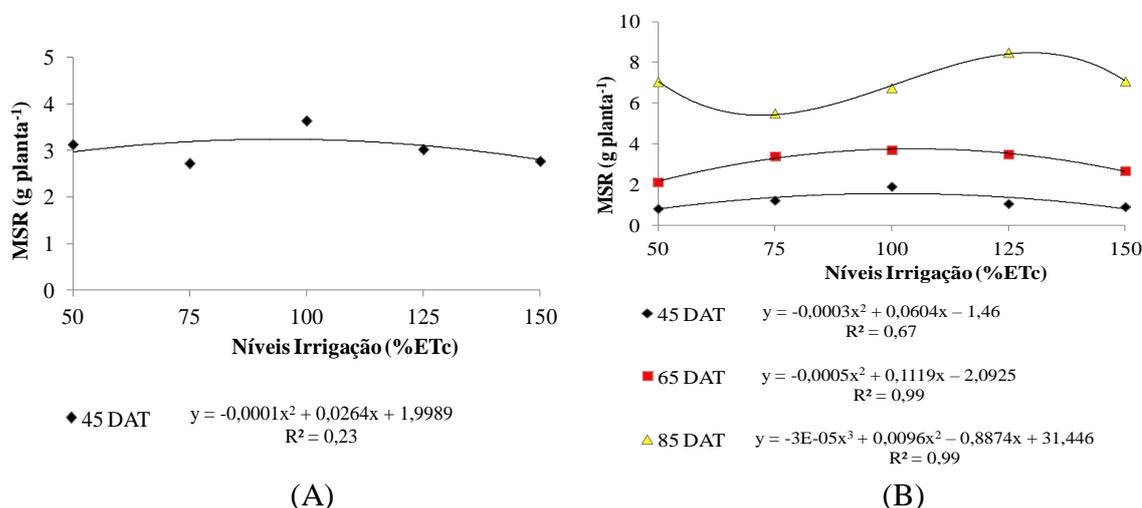
tomateiro quando da irrigação deficitária de 50% da ETc.

Os resultados de AF encontrados na pesquisa são superiores aos observados por Soares et al. (2012), em Pombal – PB, em condições de casa de vegetação, onde encontraram a máxima AF de 4091,35 cm² com reposição de 76% da ETc. Os resultados são superiores também aos de Monte et al. (2013), em condições de campo no Rio de Janeiro, quando observaram o máximo de IAF de 1,2 com reposição de 120% da ETc,

respectivamente. Já os resultados de IAF (2,8) encontrados por Reis et al. (2013), em Rio Largo – AL, em ambiente protegido, são inferiores aos resultados de IAF de 2015 e semelhantes aos de 2016.

Os valores máximos de MSR das plantas de tomateiro foram estimados em 3,24, 1,57 e 3,76 g planta⁻¹ aos 45 DAT em 2015 e aos 45 e 65 DAT em 2016, com reposições de 94,13, 100,26 e 104,60% da ETc, respectivamente, enquanto aos 85 DAT em 2016, a MSR média foi de 6,97 g planta⁻¹ (Figura 3A e 3B).

Figura 3. Massa seca de raiz (MSR) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena aos 45 DAT em 2015 (A) e aos 45, 65 e 85 DAT em 2016 (B), em Morrinhos, GO.

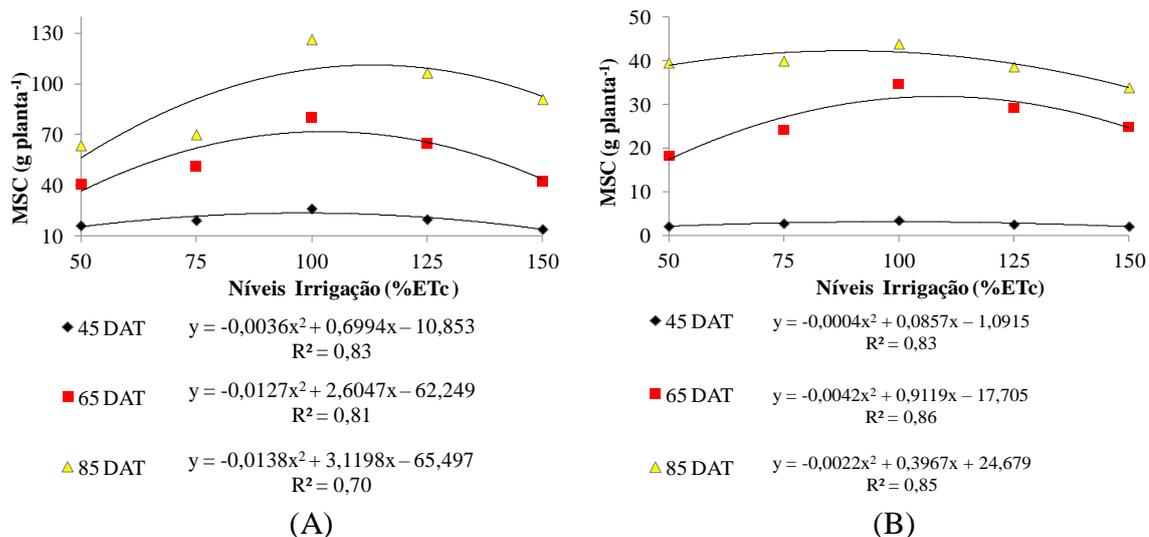


Os resultados encontrados são similares aos obtidos por Morales et al. (2015), em ambiente protegido em Lavras – MG, com as cultivares de tomateiro TOM - 64 e M - 82, que constataram efeito linear crescente para massa seca raiz para ambas cultivares, à medida que aumentaram os níveis de umidade do solo de 25 a 100% da capacidade de campo. São também similares aos encontrados por Brito et al. (2015), em Pombal – PB, em casa de vegetação com a cultivar Super Marmande, quando verificaram efeito linear crescente para MSR na profundidade de 0 a 20 cm durante a fase vegetativa, quando avaliaram reposições da irrigação de 60 a 120% da ETc. Já durante a fase de floração e

frutificação, os valores máximos de MSR encontrados pelos autores na camada de 0 a 20 cm de profundidade, foram de 25,46 e 14,33 g, com reposições de 89 e 91% da ETc.

No primeiro ano de pesquisa, os maiores valores de MSC do híbrido BRS Sena foram estimados em 23,39, 71,68 e 111,22 g planta⁻¹ com reposições de 97,93, 102,84 e 113,28% da ETc, aos 45, 65 e 85DAT, respectivamente (Figura 4A). No segundo ano, os maiores valores de MSC aos 45, 65 e 85 DAT foram estimados em 3,14, 31,82 e 42,27 g planta⁻¹ com irrigações de 98,79, 108,62 e 88,68% da ETc (Figura 4B).

Figura 4. Massa seca de caule (MSC) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena em 2015 (A) e em 2016 (B), aos 45, 65 e 85 DAT, em Morrinhos, GO.

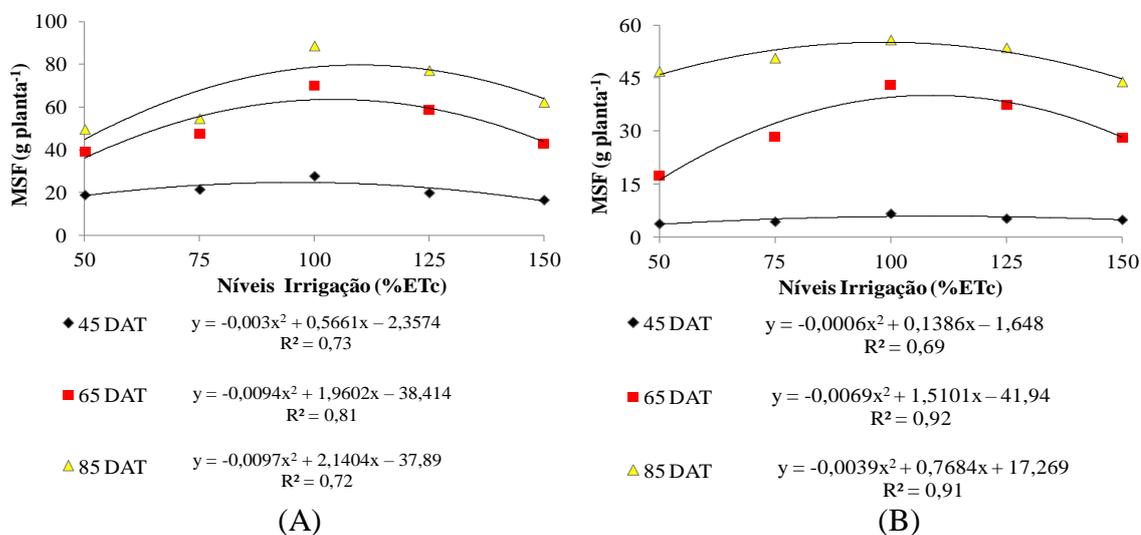


De maneira similar, Brito et al. (2015) observaram que, durante a fase de frutificação do tomateiro Super Marmande, a reposição de 97% da ETc proporcionou a maior MSC (177 g planta⁻¹). Entretanto, esses mesmos autores verificaram efeito linear crescente de MSC na fase vegetativa e de floração, à medida que elevaram os níveis de reposição da ETc (60 a 120%), o quê, de certa forma, assemelha-se aos resultados encontrados. Os resultados de MSC desta pesquisa também estão de acordo com os encontrados por Morales et al. (2015), quando observaram efeito linear crescente de MSC, à medida que elevaram os níveis de umidade do solo de 25 a 100%

da umidade na capacidade de campo, independentemente da cultivar (tomateiro TOM – 64 e M – 82).

Os maiores valores de MSF das plantas de tomateiro, no primeiro ano de pesquisa, foram estimados em 24,35, 63,78 e 79,64 g planta⁻¹, com irrigações de 94,35, 104,27 e 109,82% da ETc, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 5A). Já no segundo experimento, as lâminas de irrigação de 109,90, 108,67 e 98,27% da ETc resultaram nos maiores valores de MSF de 5,97, 40,12 e 55,03 g planta⁻¹, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 5B).

Figura 5. Massa seca de folha (MSF) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena em 2015 (A) e em 2016 (B), aos 45, 65 e 85 DAT, em Morrinhos, GO.

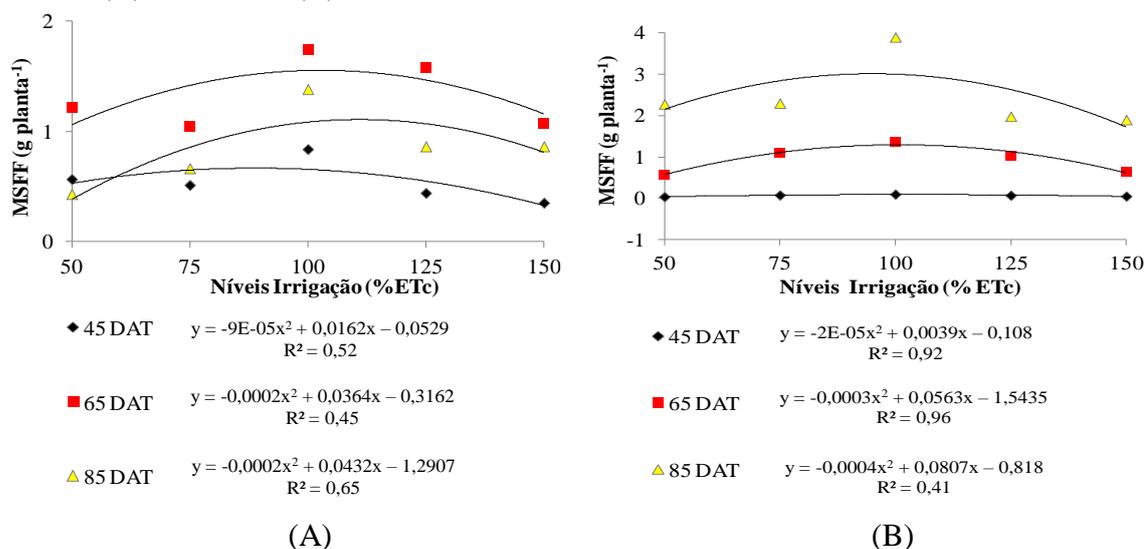


Os resultados observados de MSF corroboram os encontrados por Morales et al. (2015), que verificaram efeito linear crescente para massa seca de folha, independentemente da cultivar de tomateiro testada, quando avaliaram a reposição da irrigação de 25 até 100% em relação ao teor de umidade na capacidade de campo do solo. Os resultados encontrados nesta pesquisa são condizentes também aos de Brito et al. (2015) que, durante a fase de floração e frutificação do tomateiro Super Marmande, observaram que a reposição de 102% e 97% da ETc proporcionaram as maiores MSF (162,73 e 174,36 g planta⁻¹) durante estas duas fases de desenvolvimento, respectivamente. Já durante a fase vegetativa, os mesmos autores observaram que a MSF apresentou resposta linear decrescente em relação aos

níveis de ETc (60 a 120%) avaliados, o que divergem dos resultados encontrados. As divergências dos resultados nessa fase de desenvolvimento da cultura podem estar relacionadas a outros fatores inerentes aos híbridos testados e demais condições de cultivo em que os experimentos foram submetidos.

Em 2015, os maiores valores de MSFF das plantas de tomateiro aos 45, 65 e 85 DAT foram estimados em 0,66, 1,55 e 1,11 g planta⁻¹ com os níveis da irrigação de 88,75, 102,78 e 110,84% da ETc (Figura 6A). Em 2016, os valores máximos estimados de MSFF foram de 0,092, 1,29 e 3,25 g planta⁻¹ com irrigações de 102,61, 100,60 e 100,85% em relação à ETc, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 6).

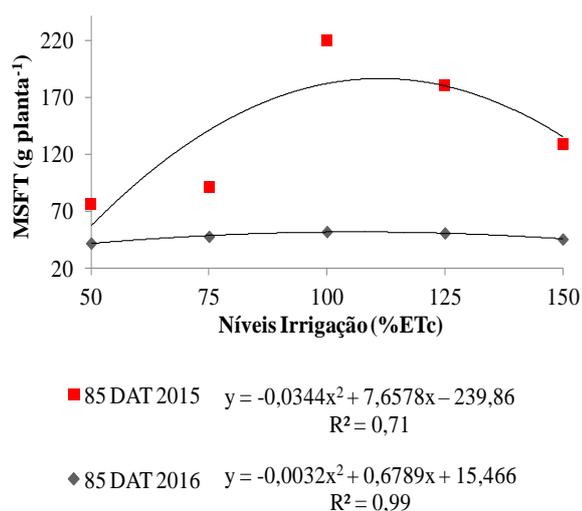
Figura 6. Massa seca de flores (MSFF) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena em 2015 (A) e em 2016 (B), aos 45, 65 e 85 DAT, em Morrinhos, GO.



Os resultados encontrados divergem dos observados por Silva et al. (2014), no híbrido de tomateiro Caline IPA6, quando verificaram efeito linear crescente para número de flores, à medida que elevaram os níveis de reposição da ETo de 50 a 150%. Tal observação aponta para uma resposta diferencial em função do híbrido utilizado.

Irrigações em déficit e excesso hídrico prejudicaram a formação de frutos do tomateiro BRS Sena em ambas as pesquisas. Os maiores valores de MSFT aos 85 DAT na primeira pesquisa e segunda pesquisa, foram estimado em 186,32 e 20,64 g planta⁻¹ com irrigações iguais a 111,31 e 106,38 % da ETC (Figura 7).

Figura 7. Massa seca de frutos (MSFT) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena em 2015 e em 2016, aos 85 DAT, em Morrinhos, GO.



Resultados diferentes foram encontrados por Silva et al. (2014) no híbrido Caline IPA6, quando verificaram

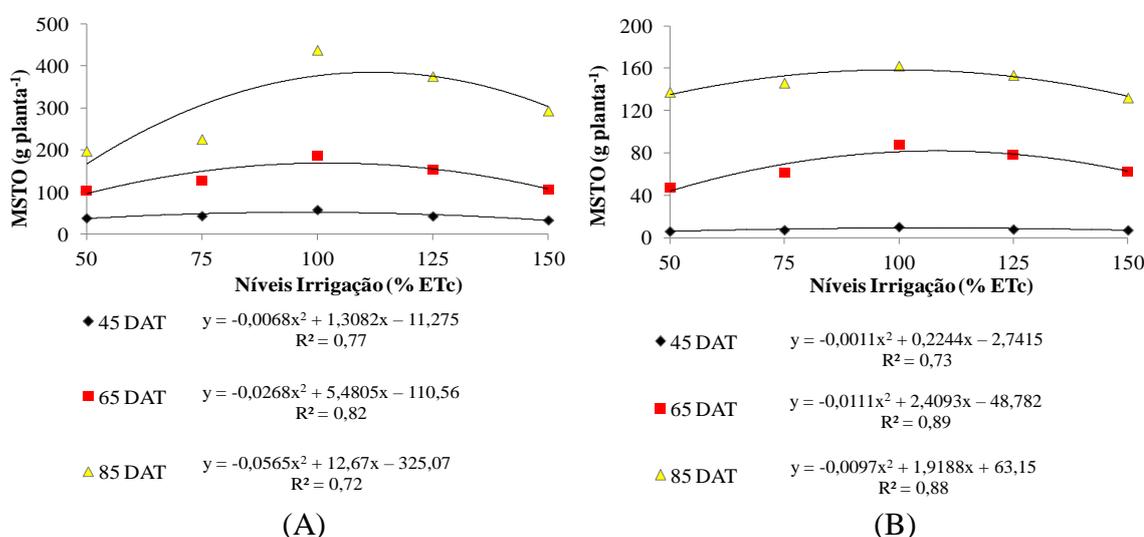
efeito linear crescente para massa de frutos por planta, à medida que elevaram os níveis de reposição da ETo (50 a 150%). Essa

divergência dos resultados encontrados em relação à literatura remete a uma possível resposta diferenciada dos híbridos avaliados em relação à disponibilidade hídrica no solo, além de possíveis diferenças nas demais condições de cultivo (fatores não controlados).

Os maiores valores de MSTO do híbrido BRS Sena no primeiro ano de pesquisa foram estimados em 52,03, 169,25

e 384,91 g planta⁻¹ com reposições de 96,77, 102,11 e 112,07% da ETc, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 8A). No segundo ano, os níveis de irrigação de 105,37, 108,44 e 99,29% da ETc proporcionaram os maiores valores de MSTO 14,57, 81,85 e 158,40 g planta⁻¹, aos 45, 65 e 85 DAT, respectivamente (Figura 8B).

Figura 8. Massa seca total (MSTO) de plantas de tomateiro híbrido BRS Sena em 2015 (A) e em 2016 (B), aos 45, 65 e 85 DAT, em Morrinhos, GO.



Resultados semelhantes aos de 2015 e divergentes dos de 2016 foram observados por Soares et al. (2012), que encontraram o máximo de fitomassa seca de 385,73 g planta⁻¹, com reposição de 97% de a ETc no cultivar de tomateiro Super Marmande, em casa de vegetação. Os resultados também corroboram os de Pires et al. (2009), que verificaram que nas condições de umidade do solo próximo à capacidade de campo ocorre a maior produção de matéria seca da parte aérea das plantas de tomateiro. Resultados parecidos também foram encontrados por Birhanu & Tilahun (2010) na Etiópia e por Patanè; Tringali; Sortino (2011) na Itália, que verificaram efeito linear decrescente de biomassa à medida em que se aumentou o déficit hídrico nas plantas de tomateiro. Os

resultados também são condizentes aos de Santana et al. (2010), em condições de ambiente protegido em Uberaba, Minas Gerais, onde concluíram que independentemente da época de avaliação (55, 70, 85 e 100 DAT), o excesso e déficit hídrico proporcionaram menor desenvolvimento vegetativo do tomateiro, híbrido Andréa.

6 CONCLUSÕES

Irrigações deficitárias e em excesso prejudicaram o desenvolvimento vegetativo das plantas de tomateiro.

Os maiores valores de AF, IAF e MSTO das plantas de tomateiro foram estimados com níveis de irrigação que

variaram de 96 a 112% da ETc, variando de acordo com o ano de avaliação e a fase de desenvolvimento do tomateiro.

Irrigações deficitárias e excessivas prejudicaram a floração e frutificação do tomateiro híbrido BRS Sena.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal Goiano pelo apoio na implantação, condução do experimento e tramitação do artigo científico. As empresas mudas Brambilla e Heringer pela doação das mudas de tomateiro e adubação necessária na pesquisa, respectivamente.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BACALLAO, M. F.; FUNDORA, L. B. Tolerância a estresse por déficit hídrico em tomate (*Solanum lycopersium* L.). **Cultivos Tropicais**, San José de las Lajas, v. 35, n. 3, p. 70-88, 2014.

BIRHANU, K.; TILAHUN, K. Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. **Ajfund online**, Lesotho, v. 10, n. 2, p. 2139-2151, 2010.

BRITO, M. E. B.; SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, T. T.; SILVA, E. C. B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 1, p. 139-153, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

HANSON, B. R.; MAY, E. D.; SIMUNEK, J.; HOPMANS, J. W.; HUTMACHER, R. B. Drip irrigation provides the salinity control needed for profitable irrigation of tomatoes in the San Joaquin Valley. **California Agriculture**, Berkeley, v. 63, n. 3, p. 131-136, 2009.

INOUE-NAGATA, A. K. Doenças Viróticas. In: LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. (orgs.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. p. 77-94.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 22 p. (Circular Técnica, 102).

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 154-157, 2005.

MONTE, J. A.; PACHECO, A. S.; CARVALHO D. F.; PIMENTEL, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 9-15, 2009.

MONTE, J. A.; PACHECO, A. S.; MEDICI, L. O.; CARVALHO D. F.; PIMENTEL C. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 926-931, 2013.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, L. V.; BORDINI, I. C.; GALVÃO, A. G.; REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2015.

PATANÈ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 4, p. 590-596, 2011.

PIRES, R. C. M.; FURLANI, P. R.; SAKAI, E.; LOURENÇÃO, A. L.; SILVA, E. A. Desenvolvimento e produtividade do tomateiro sob diferentes frequências de irrigação em estufa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 228-234, 2009.

REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013.

SANTANA, M. J.; VIEIRA, T. A.; BARRETO, A. C.; CRUZ, O. C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 4, p. 443-454, 2010.

SILVA, J. A.; DUTRA, A. F.; CAVALCANTE, N. M. S.; MELO, A. S.; SILVA, F. G.; SILVA, J. M. Aspectos agronômicos do tomateiro “Caline Ipa 6” cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 8, n. 3, p. 336-344, 2014.

SOARES, L. A. A.; LIMA, G. S.; BRITO, M. E. B.; SÁ, F. V. S.; SILVA, E. C. B.; ARAÚJO, T. T. Cultivo do tomateiro na fase vegetativa sobre diferentes lâminas de irrigação em ambiente protegido. **Agropecuária científica no semiárido**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 38-45, 2012.