

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

MATHEUS AMORIM CALIMAN

**INFLUÊNCIA DE MANEJOS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
TOMATE CULTIVADOS EM SUBSTRATO COM HIDRORETENTOR**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

MATHEUS AMORIM CALIMAN

**INFLUÊNCIA DE MANEJOS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
TOMATE CULTIVADOS EM SUBSTRATO COM HIDRORETENTOR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. **Modalidade:** Trabalho Científico.

Orientadora: Catariny Cabral Aleman

Coorientadores: Flávio Bastos Campos

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2017

MATHEUS AMORIM CALIMAN

**INFLUÊNCIA DE MANEJOS DE IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
TOMATE CULTIVADOS EM SUBSTRATO COM HIDRORETENTOR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Viçosa como parte das
exigências para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo. **Modalidade:** Trabalho Científico.

APROVADO: 29 de novembro de 2017.

Prof. Catariny Cabral Aleman
(Orientadora)
Universidade Federal de Viçosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Lucio e Carla, por não medirem esforços para a realização do meu sonho e pelo carinho enorme que têm por mim. Sou muito grato pelo amor e incentivo que recebo deles todos os dias.

Agradeço aos meus irmãos, Lucio Flavio, Clara e Anna, por estarem sempre comigo, e me darem suporte em todas as decisões da vida.

Agradeço as minhas avós por me amarem incondicionalmente a cada dia de suas vidas e aos meus avôs que me olham e me protegem de onde estão.

Agradeço aos meus amigos, tanto de Viçosa quanto de Linhares, por torcerem pelo meu sucesso e ter onde me apoiar quando estou precisando.

Agradeço aos professores, pós-graduandos e técnicos do Departamento de Engenharia Agrícola, que me auxiliaram de alguma maneira para a realização do meu trabalho. Fica aqui a minha admiração especial à Professora Catariny Cabral Aleman, pela orientação, oportunidade e ensinamentos concedidos durante os anos de graduação. Ao Luan Briosch Giovanelli e Flávio Bastos Campos pela amizade e disposição em ajudar e ensinar sempre. Vocês foram fundamentais para a minha formação acadêmica e profissional.

Por fim, agradeço a todos que de certa forma fazem parte da minha trajetória até aqui. Muito Obrigado!

RESUMO

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é a segunda hortaliça em importância econômica no Brasil. O consumo de hortaliças, tem aumentado não só pelo crescimento da população, mas também pela tendência de mudança de hábito alimentar, tornando-se inevitável o aumento da produção. A irrigação consiste na aplicação de água para suprir a demanda hídrica e garantir a produção vegetal, favorecendo o crescimento, a qualidade e a produtividade das culturas. O manejo ideal desta técnica, no qual deve-se levar em consideração: “quando e quanto irrigar”, visa maximizar a eficiência do uso da água. O polímero hidroretentor pode ter como grande vantagem, a melhoria na sobrevivência das mudas. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de diferentes lâminas de irrigação associadas ao uso de polímeros hidroretentores na fase de produção de mudas de tomate. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, no município de Viçosa-MG e utilizaram-se bandejas para realização do experimento, nas quais foram plantadas as mudas de tomate. O esquema estatístico adotado foi o de parcelas sub-subdivididas no tempo; tendo nas parcelas, os tipos de substratos (com presença de hidrogel e ausência de hidrogel), nas subparcelas, temos as lâminas de irrigação (Kc, 50% da ETo e 100% da ETo), e na sub-subparcelas o tempo (com 6 dias/eventos de avaliação). Foram analisados o comprimento do sistema radicular (L_{SR}), altura da parte aérea (L_{PA}), peso seco do sistema radicular (PS_{SR}) e peso seco da parte aérea (PS_{PA}). Foram realizados seis coletas com 9, 11, 15, 18, 22, 25 DAE. As médias foram analisadas pelo próprio teste F ao nível de 5% de probabilidade e as médias dos manejos foram estudadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. A presença de hidrogel no substrato, foi significativa para todas as variáveis analisadas, exceto para o comprimento do sistema radicular. A L_{PA} apresentou diferença significativa para manejo de irrigação e para presença de hidrogel. O PS_{SR} e PS_{PA} obtiveram diferenças significativas quanto a presença de hidrogel. A melhor combinação na produção de mudas de tomate em estufa é utilizando hidrogel na dose 5,3g de gel/litro de substrato e manejando com 100% da ETo.

Palavras-chave: Hidrogel, casa de vegetação, desenvolvimento morfológico, demanda de irrigação, microaspersor.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Instalação e localização do experimento	10
2.2 Produção de mudas e análise físico-hídrica do substrato	10
2.3 Delineamento experimental.....	12
2.4 Tratamentos e manejo de irrigação	12
2.5 Avaliações morfológicas	16
2.5.1 Altura da parte aérea (L_{PA}) e Comprimento do sistema radicular (L_{SR}).....	17
2.5.2 Peso seco da parte aérea (PS_{PA}) e Peso seco do sistema radicular (PS_{SR}).....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4. CONCLUSÃO	22
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é a segunda hortaliça em importância econômica no Brasil. Em 2017, o país produziu aproximadamente 3,7 milhões de toneladas em 64 mil hectares, fato que o caracteriza como o nono maior produtor mundial. Os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais são os principais produtores nacionais; a maior parte da colheita se destina ao mercado in natura, porém, a produção de tomates para as indústrias vem crescendo nos últimos anos (IBGE, 2017). Em plantios comerciais de tomate pode-se utilizar a semeadura direta ou então a produção de mudas, que são utilizadas para transplante no local definitivo. No caso do uso de híbridos, a produção de mudas torna-se necessária devido ao custo elevado das sementes, que em sua maioria são importadas, contribuindo assim para aumentar o sucesso e a eficiência no pegamento das mudas (ANDRADE et al., 2014).

O consumo de hortaliças, tem aumentado não só pelo crescimento da população, mas também pela tendência de mudança no hábito alimentar, tornando-se inevitável o aumento da produção. No entanto, o consumidor de hortaliça está mais exigente, havendo necessidade de produzi-la em quantidade e com qualidade, bem como manter o seu fornecimento o ano todo (OHSE et al., 2001; MORAIS, 2007). Devido à essa procura, o mercado consumidor de hortaliças poderá ser abastecido, atendendo às exigências, com o emprego de tecnologias de produção mais eficientes. Segundo Vilela e Macedo (2000), a agricultura é o elemento chave do agronegócio, por ser a fonte primária das mercadorias geradas no sistema agroalimentar. Vilela e Henz (2000) demonstram que, entre os segmentos de produção agrícola, o cultivo de culturas agrícolas, em especial as hortaliças é uma atividade lucrativa. O Brasil é um grande produtor dessas culturas, com 19,3 milhões de toneladas produzidas em 809 mil hectares (ha). Nos últimos anos, a produção de hortaliças aumentou 33,9%; a área cultivada foi reduzida em 6,2%; a produtividade cresceu 42,7%; e a disponibilidade per capita da produção aumentou em 8,3% (VILELA & LUENGO, 2011). Quanto à produção nacional de hortaliças, o Sudeste e o Sul expressam 75% da produção nacional, ao passo que as regiões Nordeste e o Centro-Oeste, pelos 25% complementares (MELO & VILELA 2007). Na região Norte, a produtividade não é expressiva, logo, o abastecimento para o consumo dessas culturas é oriundo da região nordeste e sudeste do Brasil.

Assim, a temperatura é fundamental para a germinação, pois atua sobre a velocidade de absorção de água e nas reações bioquímicas que determinam todo o

processo, de forma que, em consequência, afeta a velocidade, a uniformidade, bem como a germinação total, uma vez que esta ocorre dentro de determinados limites de temperatura, nos quais existe uma temperatura ótima para a obtenção da maior porcentagem de germinação em menor espaço de tempo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Para sementes de tomate, foi recomendada a temperatura alternada, com ciclos de 20°C durante 16 horas e 30°C durante 8 horas (BRASIL, 2009), de forma que, quando a temperatura fica acima de 35°C, a germinação das sementes e o crescimento de plântulas de tomate é afetado negativamente (WAHID et al., 2007).

A maioria das solanáceas responde, positivamente, quando ocorre periodicidade, com diferença de 6 a 8 °C entre as temperaturas da noite e diurno. Temperaturas médias abaixo de 14 °C retardam o crescimento, a floração e a frutificação. Já temperaturas superiores a 32 °C aceleram a maturação dos frutos e, acima de 35 °C por período prolongado, inviabilizam o pólen e impedem a plena fertilização, favorecendo a formação de frutos defeituosos. Temperaturas mais frias no período da noite, abaixo de 16 °C, causam decréscimo no crescimento das plântulas (EMBRAPA, 1998).

Segundo Carmello (1995) e Campanharo et al. (2006), a fase de produção de mudas afeta diretamente o desempenho final da planta, tanto do ponto de vista da nutrição bem como da produção, pois estas, saudáveis e bem formadas, podem aumentar a produção e estabelecer precocidade na colheita, enquanto mudas mal formadas, de acordo Guimarães et al. (2002), podem comprometer a produção e a qualidade final do produto e, conseqüentemente, levar prejuízos ao processo de produção. Reis et al. (2012) enfatizam a conexão existente entre duas variáveis climáticas, temperatura e radiação solar, ao afirmarem que o cultivo agrícola em estufas permite proteção às plantas contra temperaturas elevadas e alta intensidade de radiação solar durante todo o seu crescimento. Conforme os autores, a luz tem influência complexa no crescimento, no desenvolvimento e na produção das culturas e, devido à absorção e reflexão do material da cobertura plástica, a densidade de fluxo da radiação solar global, no interior do ambiente protegido, é menor que a observada externamente.

A irrigação consiste na aplicação de água para suprir a demanda hídrica das culturas e garantir a produção vegetal, favorecendo o crescimento, a qualidade e a produtividade. O manejo ideal desta técnica, que considera: quando e quanto irrigar, visa maximizar a eficiência do uso da água, minimizar o consumo de energia e manter

favoráveis as condições de umidade do solo e de também de aspectos fitopatológicos das plantas (MAROUELLI et al., 1996).

As hortaliças são culturas susceptíveis às deficiências hídricas, principalmente às grandes variações do nível de água no solo, resultando num crescimento reduzido e desuniforme dos frutos (MAROUELLI e SILVA, 2006). Para atender à demanda crescente de frutos de tomate pelo mercado consumidor, a irrigação localizada tem sido utilizada como alternativa para aumentar a produtividade da cultura (CARARO e DUARTE, 2002). Entretanto, a irrigação muitas vezes é realizada de forma inadequada por grande parte dos produtores, tornando-se fundamental a adoção de estratégias para o seu manejo adequado, de forma a racionalizar seu uso, minimizar o gasto com energia, a incidência de doenças e os impactos ambientais, possibilitando maiores ganhos de produtividade (MAROUELLI et al., 2012).

Dentre as tecnologias disponíveis para o fornecimento de água às plantas, destacam-se os condicionadores de solo, também conhecidos como polímeros hidroabsorventes e géis hidrotentores e, ainda, como hidrogel, que, embora seja um termo genérico e usado em diversas áreas, tem sido amplamente utilizado na agricultura (FERREIRA et al., 2014). O hidrogel tem como principais características a capacidade de absorver de 150 a 400 vezes a sua massa seca em água, habilidade de armazená-la e disponibilizá-la à planta, quando necessário, e, ainda, agir como agente tamponante contra o estresse hídrico temporário, minimizando os problemas associados à disponibilidade irregular ou deficitária de água (AZEVEDO et al. 2002; PREVEDELLO & LOYOLA 2007; ABEDI-KOUPAI et al. 2008).

O polímero hidrotentor pode ter, como grande vantagem, a melhoria na sobrevivência das mudas, permitindo que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, permitindo maior superfície de contato entre raízes, água e nutrientes (THOMAS, 2008).

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de diferentes manejos de irrigação associadas ao uso de polímeros hidrotentores na fase de produção de mudas de tomate.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação e localização do experimento

O experimento foi instalado no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, localizado na Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG, cuja localização geográfica é 20,76°S e 42,86°W, com altitude de 648 m e conduzido no período de agosto a setembro de 2017. O trabalho foi desenvolvido em ambiente protegido, com estrutura metálica de aço galvanizado nas dimensões 10x36m, com área total de 360 m².

De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, o clima é classificado como Cwa, clima temperado húmido com inverno seco e verão quente.



Figura 1. Vista frontal da casa de vegetação

2.2 Produção de mudas e análise físico-hídrica do substrato

As mudas de tomate foram produzidas com sementes comerciais da cultivar Santa Cruz Kada (Paulista) da empresa Isla, cultivadas em bandejas de polietileno de 128 células com substrato comercial Carolina Padrão (Carolina Soil do Brasil; RS, Brasil). O plantio foi realizado no dia 25 de agosto de 2017.

Segundo Mendonça et al. (2007), a superestimativa dos valores do Kc diário medidos nos períodos intermediário e final pode ter sido causada pelo efeito buquê gerado pelas plantas de bordadura. Afim de evitar esse efeito no presente trabalho as duas linhas e colunas de células da extremidade foram usadas como bordadura para.

Para quantificar a água retida no substrato (*ARS*) foi conduzido um teste em laboratório. Encheram-se cinco bandejas com substrato nas condições de umidade do

pacote fechado. As bandejas foram pesadas em balanças com precisão de 0,1g. Em seguida foram saturadas com água à temperatura ambiente e esperou-se o tempo necessário para que, visualmente, as bandejas parassem de pingar e foram pesadas novamente. A diferença entre as pesagens é o Δm_i . A partir da seguinte equação calculou-se o *ARS*.

$$ARS = \frac{1}{A_b} \cdot \frac{1}{d_a} \cdot \sum_{i=1}^j \frac{\Delta m_i}{j}$$

A_b – área de uma bandeja, $A_b = 0,1352 \text{ m}^2$;

d_a – densidade da água, $d_a = 1 \text{ g/cm}^3$;

j – número de bandejas pesadas, $j = 5$;

Δm_i – massa de água retida em cada bandeja amostrada.



Figura 2. Bandeja sobre balança representando esquema da lisimetria de pesagem.

Tabela 1. Análise química do substrato Carolina Padrão utilizado no experimento.

Ph	P	K	Ca⁺²	Mg⁺²	Al⁺³
H ₂ O	mg/dm ³			cmol _c /dm ³	
6,4	26,1	152	7,5	13,4	0,0
H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m
	cmol _c /dm ³			%	
4,0	21,3	21,3	25,3	84	0

pH em água, KCl e CaCl₂ – relação 1:2,5; **P e K** – extrator Mehlich 1; **Ca, Mg, Al** – extrator KCl 1mol/L; **H+Al** – extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; **SB** – Soma de Bases trocáveis; **CTC(t)** – Capacidade de Troca Catiônica efetiva; **CTC(T)** – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; **V** – índice de saturação de bases; **m** – índice de saturação de alumínio.

2.3 Delineamento experimental

As variáveis morfológicas comprimento do sistema radicular (L_{SR}), altura da parte aérea (L_{PA}), peso seco da parte aérea (PS_{PA}) e peso seco do sistema radicular (PS_{SR}) foram avaliadas ao longo do ciclo, com 6 dias de coletas de dados.

O esquema adotado foi de parcelas sub-subdivididas no tempo. Nas parcelas temos os substratos com dois níveis (presença de hidrogel e ausência de hidrogel). Nas subparcelas temos o manejo de irrigação com três níveis (K_C , 50% da ETo e 100% da ETo). E na sub-subparcelas temos o tempo (com 6 dias/eventos de avaliação).

Essas variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F a 1% e a 5% de probabilidade. Para os casos onde houve interação significativa entre pelo menos 2 fatores dentre os substratos, os manejos de irrigação e os dias realizou-se o desdobramento dos fatores. Quando não houve interação significativa entre os fatores cada fator foi estudado separadamente.

As médias dos substratos foram analisadas pelo próprio teste F ao nível de 5% de probabilidade e as médias dos manejos foram estudadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.4 Tratamentos e manejo de irrigação

Os tratamentos foram baseados em diferentes manejos de irrigação e mistura de substrato em que:

Tratamento 1: Mudanças produzidas em substrato com hidrogel na dose de 5,3 g/litro de substrato, irrigadas conforme balanço hídrico obtido utilizando-se o K_C estimado.

Tratamento 2: Mudanças produzidas em substrato puro, irrigadas conforme balanço hídrico obtido utilizando-se o K_C estimado.

Tratamento 3: Mudanças produzidas em substrato com hidrogel na dose de 5,3 g/litro de substrato, irrigadas conforme balanço hídrico obtido utilizando-se o K_C de 0,50.

Tratamento 4: Mudanças produzidas em substrato puro, irrigadas conforme balanço hídrico obtido utilizando-se o K_C de 0,50.

Tratamento 5: Mudas produzidas em substrato com hidrogel na dose de 5,3 g/litro de substrato, irrigadas conforme balanço hídrico obtido utilizando-se o K_c de 1,00.

Tratamento 6: Mudas produzidas em substrato puro, irrigadas conforme balanço hídrico obtido utilizando-se o K_c de 1,00.

Tabela 2 – Tratamentos de irrigação.

Tratamento	Gel	%ETo	K_c
T1	presente	-	1,55
T2	ausente	-	1,39
T3	presente	50%	-
T4	ausente	50%	-
T5	presente	100%	-
T6	ausente	100%	-

Antes que fossem aplicados os tratamentos de irrigação, todas as bandejas receberam a mesma lâmina de irrigação (100% da ETo) durante 12 dias para que houvesse uma maior porcentagem de germinação. Após esse tempo, os tratamentos começaram a ser aplicados.

O sistema de irrigação foi automatizado com válvulas solenoides, uma para cada tratamento experimental, e um painel de controle com microcontrolador modelo ATmega 2560 (ATMEL, CA, USA). A irrigação foi realizada por um sistema de irrigação por microaspersão bomba Schneider – monoestágio, centrífuga, 127 V, potência de 0,5 cv, (modelo BC-98; Schneider). Na saída de cada válvula solenóide havia um cano de PVC (40 mm, 6 m de comprimento) para cada tratamento experimental, e ao longo destes canos foram conectadas mangueiras de polietileno de 0,5” de diâmetro, plástico escuro e nas mangueiras de polietileno foram ligados os microtubos e então os microaspersores.

Os microaspersores utilizados (modelo MF2; Amanco) foram montados em posição vertical com a cabeça para cima, individualmente atados a estacas por abraçadeiras plásticas.



Figura 3: Esquerda: microaspersor de jato fixo 360, posicionado verticalmente para cima, atado à mesa metálica por abraçadeiras plásticas. Direita - superior: microaspersor posicionado no lado côncavo do aparador. Direita – inferior: encaixe do microtúbulos na mangueira de polietileno.

Os microaspersores foram avaliados em condição de trabalho para verificar a vazão e a uniformidade do sistema. Os microaspersores tiveram suas bailarinas substituídas por um elemento defletor de jato fixo 360°.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi obtida através da seguinte equação:

$$ET_o = \frac{\Delta (R_n - G) + \rho_{ar} c p_{ar} DPV_{ar} r_a^{-1}}{\Delta + \gamma [1 + r_c r_a^{-1}]}$$

onde:

r_c – resistência de superfície da cultura, 70 s m^{-1} ;

r_a – resistência aerodinâmica, s m^{-1} ;

γ - coeficiente psicrométrico, $\text{Pa } ^\circ\text{C}^{-1}$;

Δ - inclinação da curva de pressão de saturação do vapor d'água, $\text{Pa } ^\circ\text{C}^{-1}$;

ρ_{ar} – densidade absoluta do ar, $\text{Kg}_{ar} \cdot \text{m}_{ar}^{-3}$

$c p_{ar}$ – calor específico do ar à pressão constante, $1007 \text{ J Kg}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$;

P_{atm} – pressão atmosférica local, (hPa);

DPV_{ar} – déficit de pressão de vapor d'água do ar, (Pa);

R_n - Balanço de radiação (W m^{-2});

Balço de Radiaço na Casa de Vegetaço foi estimado conformas as equaço:

$$B_{oc} = (1 - \alpha) \cdot R_g$$

onde:

B_{oc} é o Balço de Ondas Curtas ($W m^{-2}$);

α é o albedo da cultura de referêcia (adotado como 0,23);

R_g é a Radiaço Solar Global medida pelo piranômetro ($W m^{-2}$).

A estimativa do Balço de Ondas Longas foi calculada conforme a equaço sugerida por WALKER (1983):

$$B_{ol} = \varepsilon_s \cdot \epsilon \cdot \delta [(T_{in} + 273,15)^4 - \varepsilon_a (T_{ex} + 273,15)^4]$$

onde:

B_{ol} - Balço de Ondas Longas ($W m^{-2}$);

ε_s - emissividade média das superfícies internas à casa de vegetaço, 0,85;

ϵ - transmitância térmica, 0,80;

δ - constante de Stefan-Boltzmann, $5,6697 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$;

T_{in} - temperatura do ar interno à casa de vegetaço, °C;

T_{ex} - temperatura do ar externo à casa de vegetaço, °C;

$$R_n = B_{oc} + B_{ol}$$

onde:

R_n - Balço de radiaço ($W m^{-2}$);

Por se tratar da estimativa de ETo em escala horária, adotou-se o fluxo de calor no substrato como:

$$G = 0,1 R_n$$

onde:

G - o fluxo de calor no substrato, ($W m^{-2}$);

No dia 15 de agosto de 2017 foi realizado a avaliação do sistema de irrigaço, utilizando a metodologia do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) proposto por Christiansen (1942).

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n_e \bar{q}} \right]$$

onde:

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

q_i – vazão de cada microaspersor, $L h^{-1}$;

q – vazão média dos microaspersores, $L h^{-1}$;

n_e – número de coletores utilizados.

Para tal foram utilizados 22 coletores por bandejas. A distribuição dos coletores na bandeja seguiu o seguinte modelo, conforme apresentado abaixo.

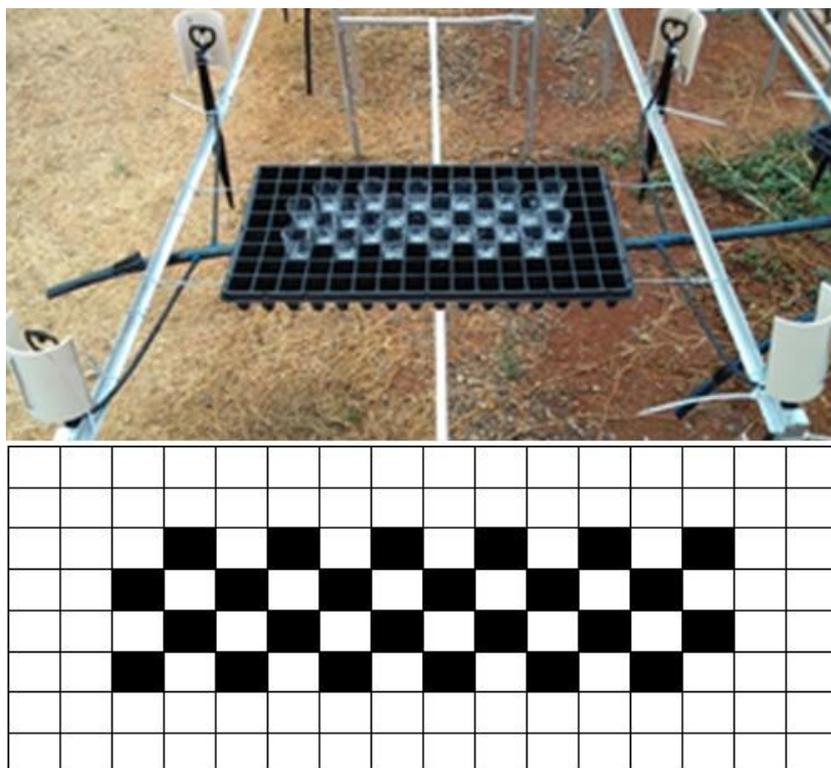


Figura 4: Cima: Montagem com 4 emissores por bandeja, igualmente espaçados e posicionados próximos às quinas da bandeja. Baixo: Esquema representativo do posicionamento dos coletores na bandeja.

2.5 Avaliações morfológicas

Para evitar interferências externas, foram selecionadas duas fileiras centrais de cada bandeja para a coleta das variáveis analisadas. Foram realizadas seis avaliações morfológicas com 9, 11, 15, 18, 22 e 25 dias após emergência (DAE).

2.5.1 Altura da parte aérea (L_{PA}) e Comprimento do sistema radicular (L_{SR})

A altura de parte aérea (L_{PA}) e comprimento sistema radicular (L_{SR}) foram determinadas após a separação de parte aérea e da raiz. A parte aérea foi medida a partir do nível do colo até o meristema apical da muda. O sistema radicular foi medido a partir do nível do colo até o comprimento final da raiz. Para tal, utilizou-se uma régua milimetrada.

2.5.2 Peso seco da parte aérea (PS_{PA}) e Peso seco do sistema radicular (PS_{SR})

As pesagens foram realizadas no Laboratório de Biocombustíveis pertencente ao departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa – UFV, com balança analítica de precisão com quatro casas decimais. O sistema radicular e parte aérea foram acondicionados em papel alumínio e colocados em estufa a 65°C, até atingirem peso constante, para determinação do peso seco.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação do sistema de irrigação

Os resultados dos testes de Uniformidade média estimada de distribuição da água (CUC), eficiência estimada de irrigação (ϵ_i) e Intensidade de Aplicação estimada de água (IA) no sistema são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3 – Resultados das avaliações do sistema de irrigação.

Bocal	azul claro
CUC (%)	86,5
ϵ_i (-)	86,5
IA (mm/h)	34,5

Avaliações morfológicas:

A adição de hidrogel ao substrato, apresentou resposta significativa para todas as variáveis analisadas, exceto para o comprimento do sistema radicular. Para a variável comprimento do sistema radicular (L_{SR}) observou-se, pela análise de variância na Tabela 4, que não há efeito significativo das interações Manejo (M) x Substrato (S). Apenas nota efeito significativa nas interações D x S ($p \leq 0,05$) e D x M ($p \leq 0,01$).

Na altura da parte aérea (L_{PA}) observou-se, pela análise de variância na Tabela 4, que houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) nas interações M x S, D x S e D x M x S, e também efeito significativo ($p \leq 0,05$) na interação D x M.

Tabela 4 – Resumo da Análise de Variância das variáveis L_{SR} e L_{PA} .

F.V.	G.L.	Q.M.	
		L_{SR}	L_{PA}
Manejo (M)	3	6,4694 ^{ns}	7,1556 ^{**}
Subs (S)	1	3,7129 ^{ns}	446,5200 ^{**}
M x S	3	3,2261 ^{ns}	6,7057 ^{**}
Res (a)	24	2,8387	0,5131
Dia (D)	5	114,2716 ^{**}	245,9035 ^{**}
D x M	15	4,8427 [*]	0,6667 [*]
D x S	5	11,0444 ^{**}	54,5943 ^{**}
D x M x S	15	2,8681 ^{ns}	1,5330 ^{**}
Res (b)	120	2,3639	0,3285
C.V. Parcela (%)		16,10	11,16
C.V. Subpar. (%)		14,68	8,92

F – ** significativo a 1%, * significativo a 5%,^{ns} não significativo.

Segundo Prevedello et al. (2000) a adição de polímeros produziu um aumento progressivo na retenção de água no solo, o que pode ter contribuído para um maior crescimento das mudas cultivadas no substrato com hidrogel. Mendonça et al. (2013) concluíram que a presença de hidrogel aumentou progressivamente a capacidade de armazenamento de água no solo. Azevedo et al. (2002) destacaram que a presença de hidrogéis no solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por percolação e lixiviação de nutrientes e melhora a aeração e drenagem do solo, acelerando o desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas.

Santos et al. (2015) testaram cultivo de alface em solos com diferentes doses de hidrogel, utilizando a irrigação automatizada e concluíram que a presença de hidrogel possibilitou uma maior eficiência do uso da água.

Na Tabela 5 verifica-se que na primeira houve diferença estatística nos manejos de irrigação na presença de hidrogel. Isso pode se dar ao fato de que a germinação não foi completamente uniforme.

Já nos outros dias de análises, de acordo com a Tabela 5, não houveram diferenças estatísticas. Isso pode ser explicado pelo fato da célula limitar a raiz, fazendo com que

tanto a presença e ausência de hidrogel e os manejos de irrigação não interferissem no crescimento.

Tabela 5 – Valores Médios de L_{SR} – Comprimento do Sistema Radicular (cm).

Manejo	9° DAE		11 ° DAE		15° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	6.63 Ba	8.93 Aa	8.13 Aa	10.02 Aa	9.30 Aa	9.68 Aa
<i>0,50 ETo</i>	7.01 Ba	7.12 Aa	7.90 Aa	9.67 Aa	9.77 Aa	10.38 Aa
<i>1,00 ETo</i>	9.78 Aa	9.10 Aa	8.41 Aa	10.67 Aa	9.73 Aa	11.10 Aa

Manejo	18° DAE		22° DAE		25° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	11.12 Aa	10.96 Aa	12.40 Aa	12.63 Aa	11.97 ABa	12.33 Aa
<i>0,50 ETo</i>	11.58 Aa	10.38 Aa	11.40 Aa	10.33 Aa	10.73 Bb	13.76 Aa
<i>1,00 ETo</i>	12.10 Aa	11.02 Aa	13.16 Aa	10.21 Ab	12.81 Aa	11.85 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 6 observa-se que a partir do 15 DAE começaram a ter diferenças estatísticas entre o substrato com e sem hidrogel. Onde o substrato com hidrogel apresentou maiores médias. Navroski et al. (2016) também observaram que a presença de hidrogel teve ganho considerável na altura das plantas de *Eucalyptus dunnii*.

Tabela 6 – Valores médios de L_{PA} – Altura da a Parte Aérea (cm).

Manejo	9° DAE		11 ° DAE		15° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	3.37 Aa	3.17 Aa	3.55 Aa	3.06 Aa	5.52 Ba	4.82 Aa
<i>0,50 ETo</i>	4.01 Aa	4.01 Aa	3.40 Aa	3.36 Aa	7.25 Aa	4.42 Ab
<i>1,00 ETo</i>	3.12 Aa	3.12 Aa	3.86 Aa	3.31 Aa	6.71 ABa	4.41 Ab

Manejo	18° DAE		22° DAE		25° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	7.35 Ba	5.25 Ab	10.36 Ba	6.46 Ab	12.42 Aa	5.80 Bb
<i>0,50 ETo</i>	9.01 Aa	5.38 Ab	12.45 Aa	6.76 Ab	12.56 Aa	7.98 Ab
<i>1,00 ETo</i>	8.16 ABa	5.21 Ab	11.80 Aa	5.97 Ab	13.00 Aa	6.76 ABb

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tittonell et al. (2002) verificaram que a adição de polímero ao substrato proporcionou maior precocidade, uniformidade e tamanho de plantas de pimentão.

Bernardi et al. (2011) testaram o crescimento de mudas de eucalipto com presença de hidrogel e adubação e concluíram que o houve efeito positivo para altura da parte aérea com o uso de polímero hidrretentor. Resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho.

Para a variável peso seco de sistema radicular (PS_{SR}) e peso seco de parte aérea (PS_{PA}) observou-se, pela análise de variância na Tabela 7, que não há efeito significativo das interações D x M. Efeito significativa é observado nas interações D x M x S ($p \leq 0,05$) e D x S ($p \leq 0,01$).

Tabela 7 – Resumo da Análise de variância das variáveis PS_{SR} e PS_{PA} .

F.V.	G.L.	Q.M.	
		MS_{SR}	MS_{PA}
Manejo (M)	3	562,9410 ^{ns}	31248,28 ^{ns}
Subs (S)	1	331835,0 **	0,1476994E+8 **
M x S	3	5338,413 *	140194,8 *
Res (a)	24	1938,101	39646,72
Dia (D)	5	321215,4 **	6626976 **
D x M	15	873,4024 ^{ns}	20116,41 ^{ns}
D x S	5	51325,26 **	1825390 **
D x M x S	15	1926,348 *	48664,20 *
Res (b)	120	978,7851	24803,54
C.V. Parcela (%)		32,91	35,26
C.V. Subpar (%)		23,38	27,89

F – ** significativo a 1%, * significativo a 5%, ^{ns} não significativo.

De acordo com a Tabela 8, os valores médios de PS_{SR} não se diferenciaram estatisticamente nas três primeiras análises, 9º, 11º e 15º DAE. O mesmo foi observado para PS_{PA} , de acordo com a Tabela 9, porém no 15 DAE o manejo de irrigação de 50% da ETo sem a presença de hidrogel houve diferença significativa em relação aos outros. A média foi menor que comparada aos outros manejos.

A partir do 18º DAE houve diferença estatística entre a presença e a ausência de hidrogel, para ambos os parâmetros analisados (PS_{SR} e PS_{PA}) porém os manejos de irrigação não diferiram estatisticamente entre si, isso se repetiu até a quinta análise. Apenas na última análise que houve diferença significativa nos manejos de irrigação em que o manejo feito com 100% da ETo em presença de hidrogel obteve uma maior média o que não foi observado na ausência de hidrogel.

Observa-se também que a partir do 18° DAE o hidrogel foi um fator determinante para que o crescimento de massa fosse maior, tanto para o sistema radicular, quanto para a parte aérea.

Tabela 8 – Valores médios de MS_{SR} – Massa Seca do Sistema Radicular (g).

Manejo	9° DAE		11 ° DAE		15° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	33 Aa	39 Aa	56 Aa	44 Aa	72 Aa	53 Aa
<i>0,50 ETo</i>	26 Aa	27 Aa	40 Aa	43 Aa	104 Aa	49 Aa
<i>1,00 ETo</i>	34 Aa	31 Aa	50 Aa	46 Aa	91 Aa	59 Aa

Manejo	18° DAE		22° DAE		25° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	207 Aa	108 Ab	268 Aa	173 Ab	323 Ba	168 Ab
<i>0,50 ETo</i>	211 Aa	76 Ab	285 Aa	170 Ab	344 ABa	225 Ab
<i>1,00 ETo</i>	205 Aa	94 Ab	298 Aa	141 Ab	411 Aa	167 Ab

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 9 – Valores médios de MS_{PA} – Massa Seca da Parte Aérea (g).

Manejo	9° DAE		11 ° DAE		15° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	176 Aa	95 Aa	261 Aa	114 Aa	353 Aa	179 Aa
<i>0,50 ETo</i>	143 Aa	136 Aa	180 Aa	107 Aa	429 Aa	133 Ab
<i>1,00 ETo</i>	84 Aa	78 Aa	247 Aa	99 Aa	440 Aa	157 Aa

Manejo	18° DAE		22° DAE		25° DAE	
	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>	<i>Presença de hidrogel</i>	<i>Ausência de hidrogel</i>
<i>Kc</i>	757 Aa	313 Ab	1415 Aa	522 Ab	1916 Aa	533 Ab
<i>0,50 ETo</i>	863 Aa	255 Ab	1386 Aa	522 Ab	1495 Ba	774 Ab
<i>1,00 ETo</i>	801 Aa	272 Ab	1640 Aa	426 Ab	1999 Aa	667 Ab

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada variável, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Foltran e Teixeira (2004) avaliaram a incidência de *Rhizoctonia* sp. em plantas de alface cultivadas em solo arenoso com diferentes doses de hidrogel e observaram que, nos vasos com umidade na faixa de 0,3 cm³ cm⁻³, as plantas apresentaram maiores massas da parte aérea e de raízes.

Geesing e Schidhalter (2004) notaram efeito positivo para o uso do hidrogel no incremento de massa das plantas de trigo avaliadas.

Analisando as Tabelas 3 e 8, a não diferença significativa do comprimento do sistema radicular (L_{SR}) pode ser justificada pelo fato de a célula onde a plântula estava inserida limitar o comprimento da raiz, fazendo com que houvesse um maior desenvolvimento de raízes adventícias. A presença de hidrogel fez com que esse crescimento fosse maior do que quando não utiliza o hidrogel, que pode ter aumentado a absorção de água.

Segundo Huttermann et al. (1997) as mudas de pinus cultivadas com hidrogel apresentaram maiores quantidades de raízes adventícias e mais ramificadas do que as mudas plantadas sem o hidrogel. O que pode reforçar os resultados obtidos nesse trabalho.

Marques e Bastos (2010) também observaram que as plantas de pimentões cultivados com hidrogel tiveram incremento na massa seca e altura da parte aérea. Em contrapartida, nesse mesmo estudo, não observou diferença significativa no comprimento e massa seca do sistema radicular.

4. CONCLUSÃO

A melhor combinação na produção de mudas de tomate em estufa é utilizando hidrogel na dose 5,3g de gel/litro de substrato e manejando com 100% da ETo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEDI-KOUPAI, J.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. **Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics.** *Journal of Plant Nutrition*, London, v. 31, n. 2, p. 317-331, 2008.
- ANDRADE, C. A. O.; CARNEIRO, J. S. S.; FREITAS, G. A.; LEITE, R. C.; SANDI, F.; MACIEL, C. J.; CERQUEIRA, F. B. **Produção de mudas de tomate cv. Santa cruz sob diferentes substratos.** *Amazon Soil – I Encontro de Ciência do Solo da Amazônia Oriental*, p. 186-193. 2014.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONCALVEZ, A. C. A. **Uso de hidrogel na agricultura.** *Revista do Programa de Ciências Agroambientais, Alta Floresta*, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.
- BERNARDI, M.R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; TADEU VITORINO, A.C. **Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação.** *Cerne, Lavras*. v.18, n.1, p. 67-74, jan-mar, 2012.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária.** Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- CARARO, D. C.; DUARTE, S. N. **Injeção de CO₂ e lâminas de irrigação em tomateiro sob estufa.** *Horticultura Brasileira*, v.20, n. 3, p. 432-437, 2002.
- CAMPANHARO, M.; et al. **Características físicas de diferentes substratos para produção de mudas de tomateiro.** *Caatinga, Mossoró*, v.19, n.2, p.140-145, 2006.
- CARMELLO, Q. A. C. **Nutrição e adubação de mudas hortícolas.** In: MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura.** São Paulo: T.A. QUEIROZ, 1995. p.27-37.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** Jaboticabal: FUNEP. 2000. 588p.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling.** Berkeley, University of California: Agricultural Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries.** *For. Chron.*, v. 36, p. 10-13,1960.

EMBRAPA HORTALIÇAS. **Cultivo da berinjela (*Solanun melongena L.*)**. 1998. <Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/765608>> Acesso em: 10 de Agosto de 2017.

FERREIRA, E. A.; SILVA, V. A.; SILVA, E, A.; SILVEIRA, H. R. O. **Eficiência do hydrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico**. Pesquisa Agropecuária Tropical. V. 44, n 2, p 158-165, abr/jun 2014.

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

GEESING, D.; SCHMIDHALTER, U. **Influence of sodium polycrylate on the water-holding capacity of three different soils and effects on growth of wheat**. Soil Use and Management, Hoboken, v. 20, p. 207-209, 2004

GUIMARÃES, V. F.; ECHER, M. M.; MINAMI, K. **Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, p.505-509, 2002.

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; WANG, S. **The use of Hydrogels for afforestations o difficult stands: Water and salt stress. Affoerestation in semi-arid regions-Findings and Perspectives**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM IN THE PEOPLES REPUBLIC OF CHINA, 1997. Proceedings 1997. p. 167-174.

IBGE, 2017. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. www.ibge.gov.br. <acesso em 23 de outubro, 2017>.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa-SPI. Embrapa-CNPq, 1996. 72p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do Tomateiro para Processamento**. Circular Técnica 102. Brasília: Embrapa Hortaliças. 2012, 24p.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação por gotejamento do tomateiro industrial durante o estágio de frutificação, na região do cerrado**. Horticultura Brasileira, v. 24, n 3, p. 342-346, 2006.

MELO, P.C.; VILELA, N.J. 2007. **Importância da cadeia produtiva brasileira de hortaliça**. Disponível em:

<http://www.abhorticultura.com.br/downloads/cadeia_produtiva.pdf>. Acesso em: 08 de Julho de 2017.

MENDONÇA, T.G.; URBANO, V.R.; PERES, J.G; SOUZA, C.F. **Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo**. Water Resources and Irrigation Management. Cruz das Almas – Bahia, v.2, n.2, p.87-92, maio, 2013.

MORAIS, R.S. 2007. **Cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa*) dos grupos crespa e americana, com três diferentes soluções nutritivas no período de verão no Município de Itapetinga-BA**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. 70p. (Dissertação mestrado).

NAVROSKI, M.C.; ARAÚJO, M.M.; CUNHA, F.S.; BERGHETTI, Á.L.P.; PEREIRA, M.O. **Redução da adubação e melhoria das características do substrato com o uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii maiden***. Ciência Florestal, Santa Maria. v.26, n.4, p.1155-1165, out-dez, 2016.

OHSE, S.; NETO, D.D.; MARFRON, P.A.; SANTOS, O.S. 2001. **Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia**. Scientiae Agrícola 58: 181-185.

PREVEDELLO, C. L.; BALENA, S. P. **Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 24, p. 251-258, 2000.

PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. **Efeito de polímeros hidrorretentores na infiltração da água no solo**. Scientia Agraria, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 313-317, 2007

REIS, L. S.; **Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.7, p.739-744, 2012.

RADFORD, P.J. **Growth analysis formulae: their use and abuse**. Crop Science, Madison, v. 7, p. 171-175, 1967.

SANTOS, H.T.; CARVALHO, D.F.; SOUZA, C.F.; MEDICI; L.O. **Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada**. Jaboticabal, v.35, n.5. set-out, 2015.

SILVA, D. J. H. et al. **Berinjela (*Solanum melongena L.*)**. In: JÚNIOR, J. de P. T.; VEZON, M. (Coord.). EPAMIG, **101 Culturas – Manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte, 2007. p. 149-154.

TITTONELL, P. A.; GRAZIA, J.; CHIESA, A. **Adición de polímeros superabsorbentes en el medio de crecimiento para la producción de plantines de pimiento**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 20, n. 4, p. 641-645, 2002.

VILELA, N. J.; HENZ, G. P. **Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras**. Cadernos de Ciência e Tecnologia. Brasília, v. 17, n. 2, p. 71-89, jan./abr. 2000.

VILELA, N.J.; LUENGO, R.F.A. 2011. **Produção e consumo de hortaliças**. In: LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G (ed). **Pós-colheita de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.13-26.

VILELA, N. J.; MACEDO, M. M. C. **Fluxo de poder no agronegócio: o caso das hortaliças**. Horticultura Brasileira. v. 18, n. 2, jul. 2000.

WAHID, A. et al. **Heat tolerance in plants: an overview**. *Environmental and Experimental Botany*, v.61, n.1, p.199.

WALKER, J. N.; ALDRICH, R. A.; SHORT, T. H. **Quantity of air flow for greenhouse structures**. In: HELLICKSON, M. A.; WALKER, J. N. *Ventilation of agricultural structures*. St. Joseph: ASAE, 1983. P. 169-191.