



Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal

of Applied Science

ISSN: 1980-993X

ambi-agua@agro.unitau.br

Universidade de Taubaté

Brasil

Rodrigues de Souza, José Antonio; Astoni Moreira, Débora; Ferreira Coelho, Daniel
Crescimento e desenvolvimento de tomateiro fertirrigado com água resíduaria da suinocultura
Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 5, núm. 2, 2010, pp. 144-157
Universidade de Taubaté
Taubaté, Brasil

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92815026015>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Crescimento e desenvolvimento de tomateiro fertirrigado com água resíduária da suinocultura (doi:10.4136/ambi-agua.144)

José Antonio Rodrigues de Souza¹; Débora Astoni Moreira²; Daniel Ferreira Coelho³

Departamento de Engenharia Agrícola - UFV
E-mail: {¹jarstec, ²deboraastoni}@yahoo.com.br; ³faraell@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se avaliar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de tomateiro fertirrigado com água resíduária da suinocultura (ARS). Para isso, tomateiros da variedade Fanny TY foram cultivados em lisímetro de drenagem sob ambiente protegido e fertirrigados com diferentes lâminas de ARS com e sem complementação da adubação. Os resultados permitiram concluir-se que: os tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos estudados não apresentaram diferenças no tempo de florescimento dos racimos, diâmetro do caule, número de folhas expandidas, potencial de água na folha, taxa fotossintética, condutância estomática e respiração do tomateiro. As análises foliares comprovaram que ARS supriu, em quaisquer lâminas aplicadas, as necessidades nutricionais do tomateiro.

Palavras-chave: água resíduária; fertirrigação; tomate.

Growth and development physiology of tomato fertirrigated with wastewater from swine

ABSTRACT

In this study aimed to evaluate the growth and physiological development parameters of tomato fertirrigated with wastewater from swine (WS). For this, tomatoes of variety Fanny TY were cultivated in lysimeters of drainage under protected environment and fertirrigated with WS different doses with and without application of fertilizer complementation. The results showed that: the tomatoes subjected to different treatments showed no differences in time of bloom, stem diameter, number of expanded leaf, pre-dawn leaf-water potential, photosynthetic rate, stomatic conductance and breathing tomato. Leaf analysis showed that WS applied in any doses, supplied the needs nutritional of tomato.

Keywords: wastewater; fertirrigation; tomato.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental como atividade de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes contidos nos seus efluentes, cuja ação individual ou combinada representa fonte potencial de contaminação do ar e de degradação dos recursos hídricos e do solo (Oliveira, 2001).

Cientes da degradação ambiental causada pela disposição inadequada dos resíduos gerados e, diante da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, os suinocultores têm buscado soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar esses resíduos.

Apesar das características poluidoras, a utilização dos dejetos em áreas agricultáveis tem sido apontada como uma das alternativas para a resolução do problema, que pode favorecer tanto ao meio ambiente quanto ao produtor. O aproveitamento de águas resíduárias ricas em

nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas pode possibilitar aumento de produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (Matos, 2007). Entretanto, para que isso possa se tornar prática viável é preciso aperfeiçoar as técnicas de tratamento, aplicação e manejo de águas resíduárias de suinocultura.

A cultura do tomate é uma das mais exigentes em tecnologia, cuja produção é feita a custos elevados devido à necessidade de altas dosagens de adubos, que segundo AGRAFNP (2009) correspondem a cerca de 20% dos custos totais, além de irrigações frequentes, controle semanal de pragas e doenças, mão-de-obra na condução da cultura etc. Assim, o uso das águas resíduárias da suinocultura pode se tornar alternativa importante como forma de redução de custos de produção, no que concerne à fertilização das plantas.

Dessa forma, em virtude da inexistência de dados conclusivos sobre uso da água resíduária de suinocultura na produção de tomate, no que se refere aos aspectos fisiológicos, e a necessidade de disponibilizar ao produtor de suínos alternativas de baixo custo para o tratamento dessa água resíduária, reduzindo os impactos ambientais, objetivou-se, neste estudo, analisar os parâmetros de crescimento e desenvolvimento de tomateiros produzidos com água resíduária da suinocultura.

2. MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na estação lisimétrica da Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem, no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, durante o período de setembro de 2007 a maio de 2008.

Foram utilizados 21 lisímetros de drenagem sob ambiente protegido, os quais foram preenchidos com Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico previamente seco ao ar, destorrado, passado em peneira de 0,004 m de malha, corrigido quanto à acidez e homogeneizado, até formação de perfil de 0,60 m.

Nesses lisímetros foram transplantadas, após formação de quatro folhas definitivas, mudas de tomateiros (*Lycopersicon esculentum* Mill), híbrido Fanny TY, em covas de 0,15 m de profundidades, no espaçamento de 1,00 x 0,50 m, totalizando quatro plantas por lisímetro.

Os tomateiros foram conduzidos com haste única, sem poda apical, sem a retirada do primeiro racimo, mantendo-se apenas seis racimos por planta, sendo tutoradas verticalmente com fitilho, iniciando o amarrilho 10 dias após o transplantio (DAT), conforme recomendado por Guimarães (2004).

Os tratamentos foram constituídos de testemunha (T1 - irrigação e adubação recomendada para o tomateiro), e fertirrigação com água resíduária da suinocultura fornecendo 100, 150 e 200% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro sem complementação da adubação (T2, T3 e T4) e com complementação da adubação (T5, T6 e T7), respectivamente, sendo conduzido o experimento no delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições.

As fertirrigações foram realizadas com água resíduária da suinocultura (ARS) proveniente do Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da UFV, a qual era conduzida para um tanque de tratamento com tempo de detenção hidráulico médio de 339 h, cujo efluente era submetido a uma sequência de filtragem, passando por duas telas de aço inox de 10 mesh e uma de 25 mesh. A água resíduária da suinocultura era bombeada para o reservatório de água resíduária da estação lisimétrica, para serem utilizadas na fertirrigação.

Na Tabela 1, estão apresentados os valores médios das características físicas, químicas e microbiológicas da ARS, resultantes de avaliações quinzenais, durante o período experimental.

Tabela 1. Valores médios das características físicas, químicas e microbiológicas ARS, utilizada na fertirrigação.

Características	valores	Características	valores
pH	7,43	K _T (mg L ⁻¹)	162
CE (μS cm ⁻¹)	3.403	Na (mg L ⁻¹)	40
N _T (mg L ⁻¹)	480	COT (dag kg ⁻¹)	0,12
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,44	MO (dag kg ⁻¹)	0,20
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	0,30	Ca + Mg (mmol _c L ⁻¹)	4,40
Cl (mg L ⁻¹)	181,40	DBO (mg L ⁻¹)	89
Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃)	1954	DQO (mg L ⁻¹)	370
P _T (mg L ⁻¹)	139	RAP ((mmolL ⁻¹) ^{-1/2})	2,81
ST (mg L ⁻¹)	1067	RAS ((mmolL ⁻¹) ^{-1/2})	1,18
SST (mg L ⁻¹)	126	CT (NMP/100 mL)	1,3.10 ⁶
SVT (mg L ⁻¹)	381	CF (NMP/100 mL)	4,1.10 ⁵

Sendo: pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; N_T - nitrogênio total; N-NO₃⁻ - nitrogênio na forma nítrica; N-NH₄⁺ - nitrogênio na forma amoniacal; Cl - cloreto; P_T - fósforo total; ST - sólidos totais; SST - sólidos em suspensão totais; SVT - sólidos voláteis totais; K_T - potássio total; Na - sódio; COT - carbono orgânico total; MO - matéria orgânica; Ca+Mg - cálcio mais magnésio; DBO - demanda bioquímica de oxigênio; DQO - demanda química de oxigênio; RAP - razão de adsorção de potássio (K_T/(Ca+Mg)); RAS - Razão de adsorção de sódio (Na/(Ca+Mg)); CT - coliformes totais; CF - coliformes termotolerantes; NMP - número mais provável.

Para o cálculo das lâminas de ARS, tomou-se o nitrogênio como nutriente referencial, cujas lâminas, necessárias à aplicação das diferentes porcentagens de nitrogênio, foram calculadas por meio da Equação 1, recomendada pela EPA (1981).

$$L_w = \frac{Cp (PR - ET) + 10 U}{(1 - f) Cn - Cp} \quad [1]$$

em que,

Lw = lâmina de aplicação anual, (cm ano⁻¹);

Cp = concentração de nitrogênio na água de percolação, (mg L⁻¹);

PR = precipitação local, (cm ano⁻¹);

ET = evapotranspiração da cultura no local, (cm ano⁻¹);

U = absorção de nitrogênio pela cultura, (kg ha⁻¹ ano⁻¹);

Cn = concentração de nitrogênio na água resíduária, (mg L⁻¹); e

F = fração do nitrogênio que é removido por desnitrificação e volatilização; (adimensional).

Nesse método, considerou-se Cp como 10 mg L⁻¹ (CONAMA 357/2005; COPAM/CERH nº 01/2008), PR-ET nulo (manejo em casa de vegetação e reposição da evapotranspiração), U igual a 400 Kg ha⁻¹ (tomateiro cultivado em casa de vegetação, tutorado verticalmente, conforme CFSEMG, 1999), f igual a 20% (Matos, 2007) e Cn obtida em avaliações quinzenais.

A adubação química complementar foi calculada subtraindo-se dos valores de P e K recomendados por CFSEMG (1999) a quantidade aportada desses nutrientes advindos das diferentes lâminas de ARS aplicadas. Dessa forma, foram adicionados 261,10; 229,80 e 181,4 g cova⁻¹ de super-simples e, 49,70; 40,90 e 32,70 g cova⁻¹ de cloreto de potássio, aos solos dos tratamentos 5, 6 e 7, respectivamente. Nos solos submetidos ao tratamento testemunha foram adicionados 100 g cova⁻¹ de sulfato de amônio, 375 g cova⁻¹ de super-simples e 69 g cova⁻¹ de cloreto de potássio.

As variáveis meteorológicas, necessárias à determinação da demanda evapotranspirométrica, foram obtidas por meio de estação automática, instaladas dentro da casa de vegetação. A reposição da demanda evapotranspirométrica do tomateiro foi determinada considerando-se a evapotranspiração da cultura (ETc), obtida a partir da multiplicação da evapotranspiração de referência (ET0) pelos coeficientes de cultivo (Kc) do tomateiro sugeridos por Moreira (2002), a porcentagem de área sombreada, o coeficiente de localização proposto por Keller e Bliesner (1990) e a eficiência do sistema de aplicação.

As aplicações da água de irrigação e da fertirrigação foram realizadas por gotejamento, por meio de mangueiras de polietileno de 0,016 m de diâmetro, cujos emissores eram integrados no espaçamento de 0,50 m (um emissor por planta) e apresentavam vazão de 1,90 L h⁻¹ para pressão de serviço de 10 MPa.

As fertirrigações foram realizadas repondo-se 100, 150 e 200% da ETc diária para os tratamentos que recebiam, respectivamente, 100, 150 e 200% do nitrogênio por meio de lâminas de ARS, disponibilizando-se, assim, os nutrientes na época mais necessárias às plantas.

A fertirrigação foi iniciada após transplantio das mudas por meio de aplicações diárias de lâminas de ARS, as quais foram finalizadas aos 68 dias após transplantio (DAT), quando totalizaram 114,29; 171,43 e 228,58 mm, correspondentes a 100%, 150% e 200% do nitrogênio requerido pela cultura, calculadas pela Equação 1, sendo, após esse período, aplicada apenas água, repondo-se a demanda evapotranspirométrica do tomateiro. Desse modo, conforme observado por Batista (2007), ao se evitar a passagem de água limpa nas linhas de polietileno durante o período de aplicação de ARS, reduz-se a formação de biofilme e o consequente entupimento dos gotejadores.

Por ocasião do transplantio (0 DAT), metade (60 DAT) e final (120 DAT) do ciclo do tomateiro, amostras de solo foram coletas, com auxílio de um trado tipo holandês, a uma distância de 0,10 m do caule de uma planta, em cada lisímetro, na camada 0-0,20 m para determinação, segundo metodologia descritas em EMBRAPA (1999), da condutividade elétrica do extrato da pasta do solo saturado (CEes), de modo a acompanhar a salinização do solo.

Para monitorar o crescimento das plantas foram mensurados o tempo de florescimento, a altura das plantas, diâmetro da haste, número de folhas totalmente expandidas e a área foliar de todas as plantas cultivadas. O tempo de florescimento, para cada racimo, foi determinado computando-se o número de dias transcorridos desde o transplantio das mudas até o aparecimento de, pelo menos, uma flor aberta em cada racimo da planta.

O diâmetro da haste foi obtido medindo-se, com um paquímetro, a região da haste localizada a 0,01 m de altura em relação à superfície do solo, enquanto a altura das plantas foi obtida com auxílio de uma trena, medindo-se a distância entre o nível do solo e a gema apical. A área foliar foi estimada a partir da equação sugerida por Astegiano et al. (2001), medindo-se, com auxílio de uma trena, o comprimento e a largura da última folha totalmente expandida.

Para monitorar o desenvolvimento das plantas foram mensurados a concentração de nutrientes nas folhas, potencial hídrico na folha no período antemanhã e a taxa fotossintética.

Para as análises dos nutrientes nas folhas, foram coletadas amostras da quarta folha a partir do ápice, nos períodos de florescimento pleno (50 dias após o transplantio, DAT), conforme recomendado por Malavolta et al. (1997), 90 e 112 DAT. As amostras foram analisadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Fitotecnia da UFV, segundo metodologia proposta por EMBRAPA (1999).

As medições do potencial hídrico na folha e taxa fotossintética foram realizadas nos períodos de enxamentos do primeiro (44 DAT) e sexto racimos (77 DAT) e fase final do

ciclo (112 DAT) do tomateiro, em folíolos da última folha totalmente expandida, por meio de uma câmara de Scholander e de um IRGA (ADC BioScientific LCPro+), respectivamente.

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas as variáveis avaliadas, em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de médias e análise de regressão. Na análise de variância, empregou-se o teste F num nível de até 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As equações de regressão foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, aplicando-se o teste t a um nível de até 15%, no coeficiente de determinação e no processo em estudo. As análises estatísticas foram realizadas, empregando-se o software SAEG 7.1 (Ribeiro Júnior, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Condições climáticas

As condições climáticas durante o período experimental são de grande importância para a análise dos resultados, pois as respostas morfofisiológicas das culturas dependem dessas condições. Os dados diários de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar incidente foram registrados durante o ciclo da cultura, no período compreendido entre o transplantio e o final do ciclo da cultura do tomateiro (Figuras 1 A, B e C).

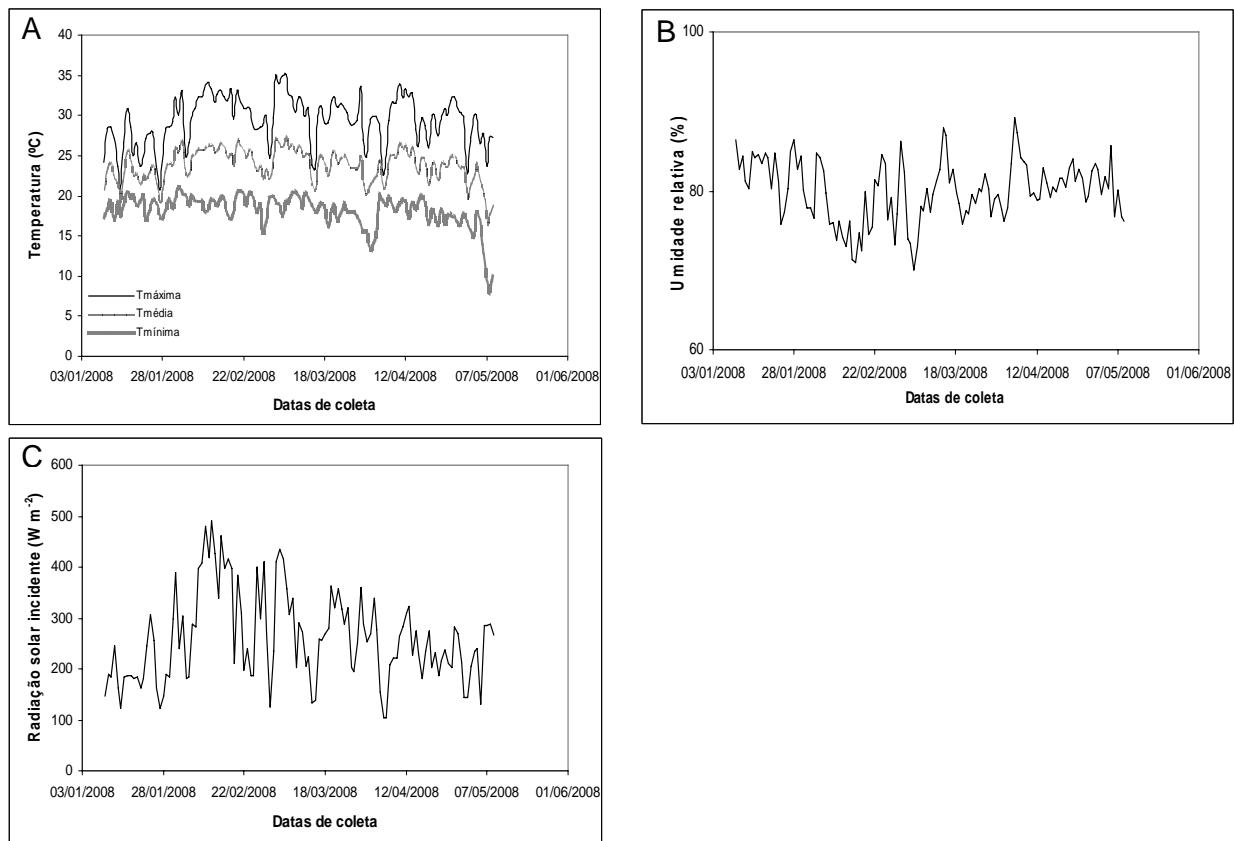


Figura 1. Valores médios diários de temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar incidente (C), registrados no período de 9 de janeiro a 7 de maio de 2008.

Quanto aos valores de temperatura (Figura 1A), observa-se que, durante o período de condução do experimento, o regime térmico apresentou oscilação, tendo os valores variado de 7,9 a 35,1°C.

Segundo Lopes e Stripari (1998) e EPAMIG (2007), durante o desenvolvimento do tomateiro, a temperatura ideal é em torno de 21 a 24°C, enquanto durante o pegamento de frutos, o ideal são temperaturas diárias entre 19 a 24°C e noturnas entre 14 a 17°C. Com temperaturas diárias e noturnas superiores a 30°C, há aborto de frutos, ocorrência de frutos pequenos e com poucas sementes, pequena liberação e germinação (Geisenberg e Stewart, 1986; Silva e Giordano, 2000). Assim, verificou-se grande quantidade de abortamentos florais em todas as unidades experimentais, reduzindo a produtividade do tomateiro.

A umidade relativa diária (Figura 1B) oscilou entre 70 e 89%, mantendo-se fora da faixa de 50 a 70%, indicadas por Guimarães et al. (2007), como as mais adequadas para o cultivo do tomateiro. Segundo Moreira (2002) e Guimarães et al. (2007), excesso de umidade impede a polinização das flores e provoca abortamento, além de prejudicar a absorção de nutrientes por reduzir a transpiração da planta.

A radiação solar incidente (Figura 1C) também apresentou grandes oscilações durante o ciclo da cultura, com valores variando de 103,4 a 490,4 W m⁻², sendo 260,11 W m⁻² a média geral no período de cultivo. Os valores de radiação solar mostraram tendência à redução durante o experimento, disponibilizando, assim, quantidade menor de energia luminosa para o tomateiro. A baixa luminosidade reduz o desenvolvimento e produção das plantas por reduzir a disponibilidade de fotoassimilados.

3.2. Condutividade elétrica

Finalizadas as aplicações das lâminas de ARS, aos 68 DAT, foram aplicadas lâminas de água de irrigação que totalizaram 97 mm, enquanto a ETc do período foi de 211,62 mm. Verificou-se que, mesmo aplicado 200% da ETc diária, as lâminas diárias aplicadas não foram suficientes para produzir lixiviados nos lisímetros.

Talvez o mais importante efeito negativo causado pelo uso agrícola de águas resíduárias seja o aumento da salinidade do solo, a qual, quando não controlada, pode diminuir a produtividade em longo prazo. A taxa na qual a salinidade do solo aumenta depende da qualidade da água e de outros fatores como condutividade hidráulica do solo, conteúdo de matéria orgânica, drenagem do terreno, intervalo entre aplicações e profundidade do lençol freático (WHO, 2004).

A salinidade de águas reutilizadas pode afetar tanto o próprio solo quanto o crescimento das culturas. Sais dissolvidos diminuem o potencial osmótico da água no solo e, em consequência, a quantidade de energia que as plantas têm de despendar para absorver água do solo tem de ser maior. Como resultado, a respiração é aumentada e o crescimento e a produtividade da maioria das plantas declina progressivamente (Pescod, 1992).

Segundo classificação proposta por Ayers e Westcot (1991), a água utilizada nas irrigações, em virtude da baixa condutividade elétrica e da razão de adsorção de sódio, apresenta severo risco de sodicidade e nenhum risco de salinização do solo, enquanto a ARS apresenta severo risco de salinização. Todavia, no que se refere ao potencial de ocasionar problemas de redução da capacidade de infiltração do solo, essas diretrizes não devem ser usadas para ARS, em virtude de não incluírem os elementos orgânicos sólidos contidos nas águas resíduárias.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das avaliações da condutividade elétrica do solo, em diferentes períodos, na camada 0-0,20 m, para os diferentes tratamentos.

Tabela 2. Resultados das avaliações da condutividade elétrica da pasta do solo saturado (CEes, dS m⁻¹) e respectivos teste de médias, em diferentes períodos de avaliação, para a camada 0-0,20 m.

TRAT	CEes		
	44	DAT 77	112
1	4,42Aa	4,79Aa	2,20Ab
2	2,52Db	3,90Ba	1,76Ac
3	2,64Db	4,03Ba	1,72Aa
4	3,21Cb	4,42Aba	1,87Ac
5	3,94ABb	4,13Ba	2,01Ac
6	3,70BCa	4,43Aba	2,13Ab
7	3,45BCb	4,33Aba	1,85Ac

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra maiúscula nas colunas indicam que os tratamentos (TRAT) no tempo avaliado (DAT) não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra minúscula nas linhas indicam que, para tratamento (TRAT), as avaliações no tempo (DAT) não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Pode-se observar, na Tabela 2, que a CEes aumentou com incrementos nas lâminas de ARS aplicadas e, ao se adicionar adubação química, ocorreu comportamento inverso, apresentando maiores CEes os tratamentos que receberam as menores lâminas de ARS, porém, maiores quantidades de adubação química complementar. Assim como observado no tratamento 1, verifica-se que a adubação química, em geral, foi mais efetiva em aumentar a CEes do solo do que a ARS. Esse fato pode estar associado à presença de íons participantes de cadeias orgânicas ou complexados/quelados que, dessa forma, não são detectados pelo eletrodo do condutivímetro.

A aplicação de lâminas de ARS no período correspondente do transplante aos 68 DAT e sua supressão após esse período, quando passou a ser aplicada apenas água de irrigação, bem como o fim da adubação química aos 90 DAT, realizadas no tratamento 1, foram responsáveis pela redução da salinidade observada na avaliação realizada aos 112 DAT.

3.3. Tempo de florescimento

As plantas foram conduzidas de modo a apresentar seis racimos por planta. Verificou-se que o tempo de florescimento apresentou pouca variação e não foi influenciado pela aplicação de ARS, independentemente da complementação da adubação (Tabela 3).

Tabela 3. Tempo médio de florescimento (dias) para cada racimo do tomateiro nos diferentes tratamentos avaliados e respectivos testes de médias.

TRAT	Racimos					
	1	2	3	4	5	6
1	26,67A	31,08A	36,67AB	41,67AB	46,33A	53,08A
2	24,58A	28,08A	34,08AB	38,83AB	41,58A	50,08A
3	25,25A	29,83A	35,75AB	41,42AB	45,33A	51,83A
4	26,83A	31,33A	36,83AB	41,75AB	46,17A	53,25
5	21,33A	26,42A	31,33B	36,42B	41,25A	47,42A
6	26,17A	30,25A	36,75AB	37,92AB	45,50A	51,42A
7	25,25A	31,50A	38,33A	43,42 ^a	46,50A	52,08A

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra maiúscula nas colunas indicam que os diferentes tratamentos (TRAT), para o racimo avaliado, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Blanco (2004), avaliando a resposta do tomateiro à salinidade devido à aplicação de diferentes doses de nitrogênio, também não observaram influência das doses de adubação nitrogenada no tempo de florescimento dos racimos do tomateiro, obtendo os tempos de 28,5; 34,2; 39,9; 44,5; 48 e 61,3 dias para os racimos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

3.4. Altura, área foliar, diâmetro do caule e número de folhas totalmente expandidas

Na Figura 2 estão apresentadas as curvas ajustadas das variáveis relacionadas ao crescimento em função do tempo, para os diferentes tratamentos avaliados.

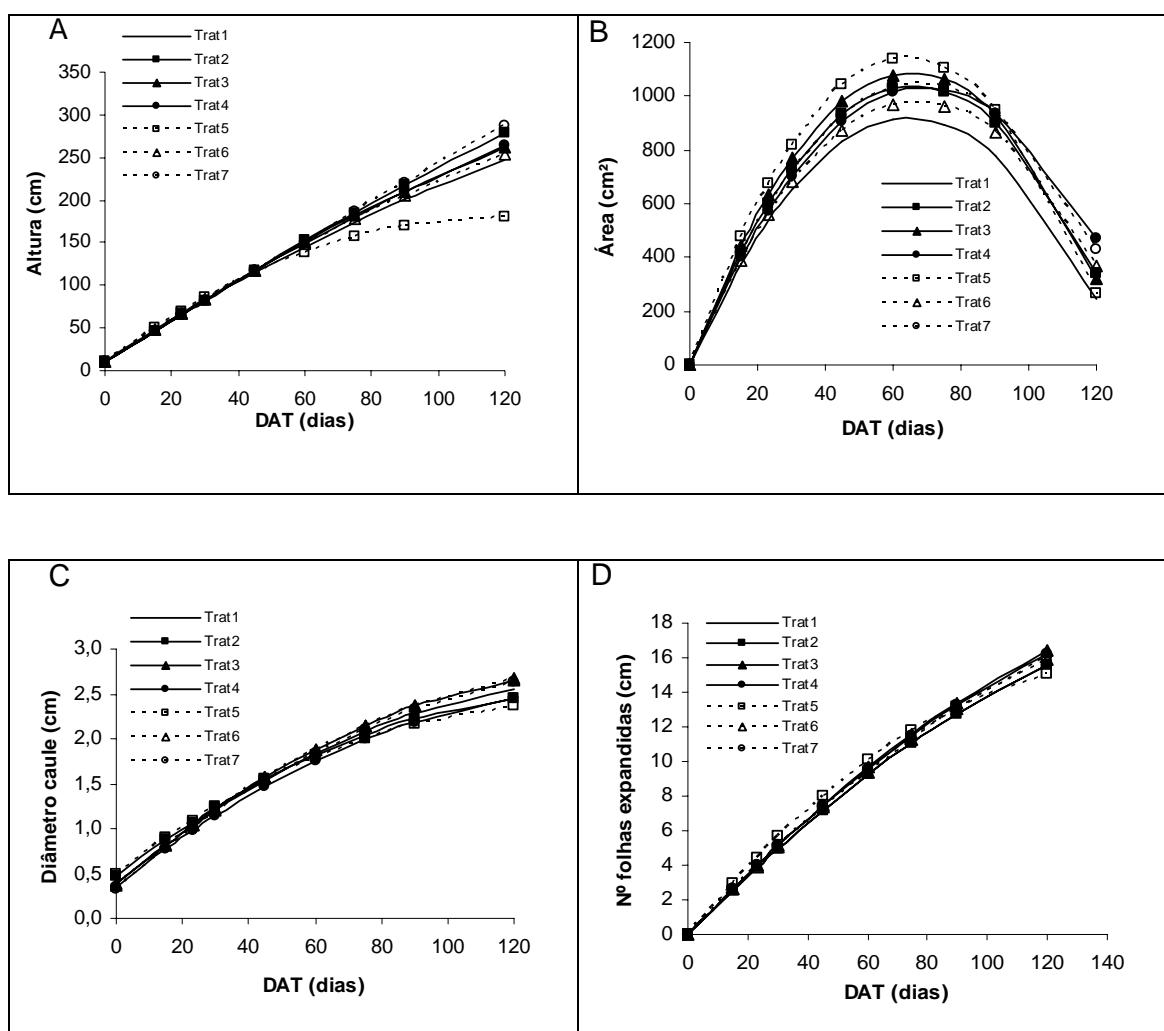


Figura 2. Altura (A), área foliar (B), diâmetro do caule (C) e número de folhas totalmente expandidas (D) em função do tempo (DAT), nos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados.

Verifica-se, na Figura 2A, que todos os tratamentos apresentaram crescimento acelerado até 45 DAT, ocorrendo a partir desse período maior diferenciação, e as plantas submetidas aos tratamentos 5 e 7 apresentaram o menor e o maior crescimento, respectivamente.

Apesar dos tomateiros cultivados nos lisímetros submetidos aos tratamentos 2 e 5 terem apresentado sintomas de virose, observa-se que apenas as plantas submetidas ao tratamento 5 tiveram o crescimento inibido, enquanto as submetidas ao tratamento 2, apesar do crescimento, apresentaram sensível diminuição de emissão e desenvolvimento de novas folhas.

O nitrogênio geralmente promove aumento no vigor da planta (Papadopoulos, 1991), o qual está associado à altura da planta e ao diâmetro da haste (Navarrete et al., 1997). No entanto, de forma semelhante ao que foi observado por Blanco (2004), no presente trabalho não se observou efeito significativo das lâminas de ARS sobre essa variável, possivelmente devido à maior absorção desse elemento pelos frutos quando se aplicaram maiores lâminas de ARS.

Com relação à área foliar (Figura 2B), observa-se que as plantas submetidas aos tratamentos que receberam ARS apresentaram área foliar superior às obtidas nas plantas do tratamento testemunha, sendo as submetidas ao tratamento 5, em virtude do menor crescimento, as que apresentaram maior área.

Incrementos nas lâminas de ARS proporcionaram aumentos na salinidade do solo, sendo a adubação química mais efetiva na salinização do solo, conforme apresentado no item condutividade elétrica. Segundo Blanco (2004) e Maggio et al. (2004), condições mais salinas contribuem para redução do consumo de água, reduzindo a área foliar. Assim, menor área foliar foi obtida nas plantas submetidas ao tratamento 1. Com a supressão da aplicação de ARS, aos 68 DAT, e da adubação química, aos 90 DAT, os solos submetidos aos diferentes tratamentos não apresentaram diferenças significativas, relativamente à salinidade, contribuindo para as plantas das parcelas experimentais apresentarem, estatisticamente, mesma área foliar.

A maior variação tanto no diâmetro do caule (Figura 2C), quanto no número de folhas totalmente expandidas (Figura 2D) foram observadas no início do período experimental, possivelmente, em virtude da adaptação dos tomateiros às novas condições após transplantio, uma vez que a partir de 60 DAT os diferentes tratamentos não proporcionaram diferenças nessa variável de avaliação do crescimento das plantas.

3.5. Acúmulo de nutrientes nas folhas

O uso de diagnóstico foliar, ou seja, da avaliação do estado nutricional das culturas constitui ferramenta indispensável para atingir alta produtividade. A interpretação da análise química de folhas possibilita a emissão de parecer indicando possível deficiência ou excesso de nutrientes, contribuindo, assim, para o estabelecimento de programas de adubação com maior eficiência agronômica e econômica (Malavolta et al., 1997).

A concentração de nutrientes nas folhas não foi significativamente diferente, ao longo das avaliações realizadas, nas plantas submetidas aos diferentes tratamentos. Na Tabela 4 estão apresentados os valores médios da concentração de nutrientes nas folhas e o resultado dos testes de médias entre tratamentos.

Na Tabela 5 estão apresentados os intervalos de níveis adequados de nutrientes, obtidos em análise foliar de tomateiro, conforme os autores citados. Baseando-se nesses valores, verifica-se que a aplicação de ARS, mesmo sem complementação da adubação, supriu adequadamente as necessidades nutricionais do tomateiro. Assim, se a menor dose de ARS foi satisfatória, em termos de nutrição das plantas, ela deve ser recomendada, já que, sob o ponto de vista ambiental, é a mais segura. Entretanto, na definição da dose de ARS mais adequada, a produtividade da cultura também deve ser considerada.

Tabela 4. Concentrações médias de nutrientes nas folhas e resultado dos testes de médias entre tratamentos.

Características	Tratamentos						
	1	2	3	4	5	6	7
pH	4,32A	4,59A	4,58A	4,56A	4,54A	4,46A	4,44A
SS	6,36A	6,18B	5,93C	5,83C	6,23AB	5,93C	5,83C
AT	0,54A	0,43B	0,43AB	0,41B	0,48AB	0,53A	0,53A
SB	11,88BC	14,53A	13,02AB	13,71A	12,83ABC	11,28BC	11,09C
PM	128,86D	120,44E	149,05C	166,69A	105,28F	153,77B	166,77A
AA	14,06D	21,05A	17,46B	16,05C	20,28A	16,05C	16,05D
Na	14,18B	11,89E	14,00D	18,31B	11,99E	14,02D	18,52A
P	42,33A	23,80F	30,35D	30,88D	27,23E	36,61C	38,23B
N	2,71AB	2,45B	2,91A	2,92A	2,75A	2,90A	2,95A
N-NO ₃	1,62BC	1,75AB	1,52CD	1,82A	1,48D	1,31E	1,53CD
K	3,18B	3,22B	3,45B	3,91A	3,28B	3,39B	4,04A
CT	100,38A	39,48F	13,58D	34,02C	42,14G	28,14B	8,82E
CF	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus
SM	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra nas linhas não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Sendo: N - nitrogênio, dag kg⁻¹; P - fósforo, dag kg⁻¹; K - potássio, dag kg⁻¹; Ca - cálcio, dag kg⁻¹; Mg - magnésio, dag kg⁻¹; S - enxofre, dag kg⁻¹; B - boro, mg kg⁻¹; Cu - cobre, mg kg⁻¹; Mn - manganês, mg kg⁻¹; Fe - Ferro, mg kg⁻¹; Zn - Zinco, mg kg⁻¹.

Tabela 5. Níveis adequados de nutrientes obtidos em análise foliar de tomateiro.

Nutriente	Concentração	Nutriente	Concentração
N (dag kg ⁻¹)	4,0 a 6,0	B (mg kg ⁻¹)	50 a 100
P (dag kg ⁻¹)	0,25 a 0,75	Cu (mg kg ⁻¹)	5 a 20
K (dag kg ⁻¹)	2,0 a 5,0	Mn (mg kg ⁻¹)	250 a 500
Ca (dag kg ⁻¹)	1,5 a 5,0	Fe (mg kg ⁻¹)	40 a 300
Mg (dag kg ⁻¹)	0,4 a 0,6	Zn (mg kg ⁻¹)	20 a 100
S (dag kg ⁻¹)	0,4 a 1,2		

Fonte: Silva e Giordano (2000), Marschner (1995), Jones Jr (1999), Malavolta et al. (1989).

3.6. Potencial de água na folha

O tomateiro é considerado uma cultura moderadamente sensível à salinidade, uma vez que a salinidade máxima tolerada no extrato da pasta do solo saturado é 2,5 dS m⁻¹ (Maas e Hoffman, 1977), ocorrendo perda de 10% na produção para cada unidade de condutividade acima desse limite tolerado (Maas, 1986; Ayers e Westcot, 1999).

A alta concentração salina do meio dificulta a absorção de água e nutrientes pelas plantas devido ao baixo potencial total da solução do solo e da competição química entre nutrientes e sais (Yeo e Flowers, 1989).

O déficit hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, visto que o estresse hídrico aumenta a resistência à difusão de vapor de água planta-atmosfera, em razão do fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração, aumentando a temperatura foliar e, consequentemente, o sequestro de CO₂, o que limita o processo fotossintético.

Na Tabela 6 está apresentado o potencial de água na folha no período antemanhã, em diferentes períodos de avaliação. Observa-se que as diferentes lâminas de ARS, independentemente de haver complementação da adubação ou não, não alteraram significativamente o potencial de água na folha em relação ao que foi medido nas plantas submetidas ao tratamento testemunha.

Tabela 6. Valores médios do potencial de água na folha no período antemanhã (kPa) e respectivos teste de médias, em diferentes períodos de cultivo do tomateiro, submetidas aos diferentes.

TRAT	DAT		
	44	77	112
1	-2,26Ab	-3,29Aa	-2,00Ab
2	-1,98Ab	-3,70Aa	-1,93Ab
3	-2,00Ab	-4,04Aa	-1,97Ab
4	-2,12Ab	-4,30Aa	-1,93Ab
5	-2,22Ab	-3,80Aa	-1,95Ab
6	-2,14Ab	-4,03Aa	-1,95Ab
7	-2,11Ab	-4,19Aa	-2,00Ab

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra maiúscula nas colunas indicam que, os tratamentos (TRAT), no tempo avaliado (DAT), não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra minúscula nas linhas indicam que, para o tratamento (TRAT), as avaliações no tempo (DAT), não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Diversos autores têm relatado diminuição do potencial de água na folha com aumento da salinidade do solo (Hanson et al., 2006; Wan et al., 2007). Assim, verifica-se que o aporte contínuo de ARS e da adubação, embora não tenham sido identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, resultaram na diminuição do potencial de água na folha do tomateiro com o tempo de cultivo, conforme avaliação feita aos 77 DAT. Finalizada as aplicações de ARS, aos 68 DAT, e da adubação, aos 90 DAT, observou-se elevação no valor do potencial de água na folha, conforme avaliação realizada aos 112 DAT, acompanhando, dessa forma, o comportamento da salinidade do solo.

3.7. Fotossíntese

Não foram observados efeitos das diferentes lâminas de ARS sobre a fotossíntese, condutância estomática e transpiração, quando se compararam os valores obtidos nas plantas que receberam água resíduária com as do tratamento testemunha (Tabela 7). Apenas na primeira medição realizada, a taxa fotossintética e a condutância estomatal dos tomateiros submetidos ao tratamento testemunha foram superiores às plantas submetidas aos tratamentos que receberam ARS, contudo apresentaram igual transpiração.

Conforme Taiz e Zeiger (1991), os principais fatores ambientais que afetam a fotossíntese são: luz, CO₂ e temperatura, além da disponibilidade de água e de nutrientes, cujos efeitos são mais indiretos sobre o processo. Assim, como as plantas de todos os tratamentos estavam submetidas às mesmas condições ambientais e não houve déficit hídrico, em virtude do turno de rega diário, sendo, ao que tudo indica, a disponibilidade nutricional, a variável de maior referência na taxa fotossintética. Como não houve deficiências nutricionais nas folhas das plantas submetidas aos diferentes tratamentos, a maior taxa fotossintética observada nas condições iniciais pode ter sido decorrente da adição de nutrientes via adubação, que os colocaram mais prontamente disponíveis às plantas submetidas ao tratamento testemunha.

Segundo Taiz e Zeiger (1991), a atividade fotossintética diminui à medida que o potencial hídrico foliar decresce, ocorrendo redução na condutância estomática e, consequentemente, na transpiração e disponibilidade de CO₂ para as reações de carboxilação. Todavia, o comportamento dessas variáveis parece ter sofrido maior influência das fases de desenvolvimento do tomateiro e das condições climáticas, do que do potencial de água na folha, uma vez que nas avaliações efetuadas aos 112 DAT, os valores de potencial já tinham retornado às condições da primeira medida, enquanto essas variáveis continuaram apresentando decrescimento. No período, também, observaram-se reduções nas temperaturas máxima e mínima e radiação solar, o que contribui para redução da taxa fotossintética.

Tabela 7. Valores médios da taxa fotossintética (A), condutância estomatal (G), e transpiração (E), e respectivos testes de médias, em diferentes tempos, nos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados.

DAT	TRAT						
	A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)						
	1	2	3	4	5	6	7
44	34,05Aa	29,12Ba	25,79Ca	28,65BCa	27,08BCa	27,11BCa	28,79Ba
77	22,26Ab	22,14Ab	18,10Bb	23,08Ab	17,69Bb	23,26Ab	23,00Ab
112	5,35Bc	6,00Bc	5,53Bc	6,47ABC	8,97Ac	3,83Bc	5,09Bc
	G ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)						
44	1,48Aa	1,05Ba	0,88Ba	1,13Ba	0,94Bb	0,96Ba	1,02Ba
77	0,75Ab	0,73Ab	0,54Ab	0,71Ab	0,51Ac	0,78Aa	0,76Aa
112	0,18Cc	0,80Bab	0,21Cc	0,23Cc	1,65Aa	0,11Cb	0,20Cb
	E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)						
44	5,17Aa	4,97Aa	4,86Aa	4,97Aa	4,93Aa	4,84Aa	5,01Aa
77	4,03Ab	4,44Ab	3,86Ab	4,07Ab	4,07Ab	4,32Ab	4,44Ab
112	1,84BCc	2,64Bc	2,12BCc	2,08BCc	4,25Ab	1,41Cc	2,06BCc

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra maiúscula nas linhas indicam que, os tratamentos (TRAT), no tempo avaliado (DAT), não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Médias seguidas por, pelo menos, uma mesma letra minúscula nas colunas indicam que, para o tratamento (TRAT), as avaliações no tempo (DAT), não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

4. CONCLUSÕES

Para as condições do experimento e de acordo com os resultados concluiu-se que: (a) não houve diferença significativa no tempo de florescimento dos racimos, diâmetro do caule e número de folhas expandidas nos diferentes tratamentos avaliados; (b) as plantas submetidas aos tratamentos com água resíduária de suinocultura (ARS) apresentaram área foliar superior às obtidas nas plantas do tratamento testemunha, e a aplicação de 200% da dose de nitrogênio recomendada e adubação complementar proporcionaram maior crescimento aos tomateiros; (c) as análises foliares comprovaram que ARS supriu, em quaisquer lâminas aplicadas, as necessidades nutricionais do tomateiro; (d) a aplicação de ARS não proporcionou diferenças no potencial de água na folha, taxa fotossintética, condutância estomática e respiração do tomateiro.

5. REFERÊNCIAS

AGRAFNP. **Anuário da agricultura brasileira– AGRIANUAL**. São Paulo: FNP, 2009. 497p.

ASTEGIANO, E. D.; FAVARO, J. C.; BOUZO, C. A. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.*, v. 16, n. 2, p. 249-256, 2001.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. João Pessoa: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem).

BATISTA, R. O. **Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água resíduária de suinocultura**. 2007. 146f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; COELHO, D. F. Crescimento e desenvolvimento de tomateiro fertirrigado com água resíduária da suinocultura. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 144-157, 2010. ([doi:10.4136/ambi-agua.144](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.144))

BLANCO, F. F. Tolerância do tomateiro a salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução e na planta. 2004. 134f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS - CFSEMG. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. 359 p.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL/CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HIDRÍCOS – COPAM/CERH (2008). **Deliberação Normativa nº 01 de 05 de maio de 2008.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e da outras providências. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 11 fev. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 4 out. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Process design manual – land treatment of municipal wastewater.** Washington, D.C.: Department of the interior, 1981, 625p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **101 culturas:** manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p.735-750.

GEISENBERG, C.; STEWART, K. **Field crop management.** In: ATHERTON, J. C.; RUDICH, J. (Ed.). The tomato crop: a scientific basis for improvement. London: Chapman and Hall, 1986. p. 511-557.

GUIMARÃES, M. A. **Influência da poda apical e da posição do cacho do tomateiro no crescimento da planta e na qualidade dos frutos.** 2004. 93f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

GUIMARÃES, M. A.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FLORES, M. P; ELSAYED, A. Y. A. M. Exigências climáticas da cultura do tomateiro. In: SILVA, D. J. H.; VALE, F. X. R. (Eds). **Tomate:** tecnologia de produção, 2007. p.85-99p.

HANSON, B.; HUTMACHER, R. B; MAY, D. M. Drip irrigation of tomato and cotton under shallow saline ground water conditions. **Irrigation and Drainage Systems** (2006). **Springer**, n. 20, p. 155-175, 2006. DOI: 10.1007/s10795-005-9000-9.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation.** New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; COELHO, D. F. Crescimento e desenvolvimento de tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 144-157, 2010. ([doi:10.4136/ambi-agua.144](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.144))

LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p.15-30.

MAGGIO, A.; DE PASCALE, S.; ANGELINO, G.; RUGGIERO, C.; BARBIERI, G. Physiological response of tomato to saline irrigation in long-term salinized soils. **Europe Journal Agronomy**, n. 21, p. 149-159, 2004.

MAAS, E. V. Salt tolerance of plants. **Appl. Agric. Res.**, v. 1, p. 12-26, 1986.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v. 103, n. IR2, p. 115-13477, 1977.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAPOS, 1997. cap. 3, p.76-77.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 142 p. (Caderno didático, 38).

MOREIRA, H. M. **Desempenho de métodos de manejo de irrigação para a cultura do tomateiro cultivado em campo e em casa de vegetação**. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

NAVARRETE, M.; JEANNEQUIN, B.; SEBILLOTTE, M. Vigour of greenhouse tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.): analysis of the criteria used by growers and search for objective criteria. **Journal of Horticultural Science**, v. 72, n. 5, p. 821-829, 1997.

OLIVEIRA, P. A. V. Sistema de produção de suínos em cama sobreposta: In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado: ABCS, 2001. 12p.

PAPADOPOULOS, A. P. **Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media**. Ottawa: Agriculture Canada Publication, 1991. 79p.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. (Irrigation and Drainage, 47). 125p..

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, MG: UFV, 2001. 301p.

TAIZ, L.; ZEIGER. Plant physiology. California: Benjamim Cummings 1991.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 169p.

WAN, S.; KANG, Y.; WANG, D.; LIU, S. P.; FENG, L. P. Effect of drip irrigation with saline water on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) yield and water use in semi-humid area. **Agricultural water management**, n. 90, p. 63-74. 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Geneva: WHO, 2004. (Technical Report Series, 74).

YEO, A. R.; FLOWERS, T. J. Selection for physiological characters: examples from breeding for salt tolerance. In: JONES, H. G.; FLOWERS, T. J.; JONES, M. B. (Eds.). **Plants and the Environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 217-224.