

IX congresso ibérico de
AGROENGENHARIA
IX congresso ibérico de
AGROINGENIERÍA

livro de atas · libro de actas

organização · organización



IX Congresso Ibérico de Agroengenharia

IX Congreso Ibérico de Agroingeniería

Livro de Atas

Libro de Actas

Título: IX Congresso Ibérico de Agroengenharia: Livro de Atas = IX Congreso Ibérico de Agroingeniería: Libro de Actas

Editores: José Carlos Barbosa Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
António Castro Ribeiro Instituto Politécnico de Bragança, Portugal

Execução gráfica: Serviços de Imagem do Instituto Politécnico de Bragança

Edição: 1ª edição, 2018

Instituto Politécnico de Bragança
Campus de Santa Apolónia 5300-253 Bragança, Portugal

ISBN 978-972-745-247-7

URI: <http://hdl.handle.net/10198/17982>

Por favor, use o seguinte formato para citação dos trabalhos apresentados nestas Atas:

Autor(s) (2018). Título. In: J. C. Barbosa, A. C. Ribeiro (Eds.) Atas do IX Congresso Ibérico de Agroengenharia. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, pp. xxx-xxx.

Please, use the following format for citation:

Author(s) (2018). Title. In: J. C. Barbosa, A. C. Ribeiro (Eds.) Atas do IX Congresso Ibérico de Agroengenharia. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança, pp. xxx-xxx.

Comissão Organizadora / Comité Organizador

Presidente:

José Carlos Barbosa

Vice-presidente / Vicepresidente:

António Castro Ribeiro

Vogais / Vocales:

Arlindo Almeida

Maria José Miranda Arabolaza

Fátima Batista

José Luis García Fernández

João Verdial Andrade

Luis Leopoldo Silva

Carmen Rocamora Osorio

Álvaro César

Francisco Javier García Ramos

Organização / Organización

Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Bragança

Secção Especializada de Engenharia Rural - Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal

Sociedad Española de Agroingeniería

Patrocinadores e Apoios / Patrocinadores e Apoyos

EurAgEng - European Society for Agricultural Engineers

CIMO - Centro de Investigação de Montanha

Termolan - Isolamentos Termo-Acústicos, S.A. / Rocterm

Vórtice - Equipamentos Científicos, Lda.

Fundação Caixa CA - Crédito Agrícola

Câmara Municipal de Bragança

Comissão Científica / Comité Científico

Presidente: Vasco Fitas da Cruz – Universidade de Évora/ICAAM
Adélia de Sousa – Universidade de Évora/ICAAM
Alfredo Augusto de Carvalho Aires - UTAD / CITAB
Álvaro Ramírez Gómez – Universidad Politécnica de Madrid
Ana Cristina Santos – Universidade de Évora/ICAAM
Ana Isabel García García – Universidad Politécnica de Madrid
Ana Martí de Olives – Universidad Miguel Hernández
Andrés Martínez Rodríguez – Universidad de Valladolid
António Bento Dias – Universidade de Évora/ICAAM
Antonio Brasa Ramos – Universidad de Castilla – La Mancha
Antonio Castro Ribeiro – Instituto Politécnico de Bragança
Antonio Ruiz Canales – Universidad Miguel Hernández de Elche
Antonio Torregrosa Mira – Universidad Politécnica de Valencia
Arlindo Ferreira de Almeida – Instituto Politécnico de Bragança
Bernardo Martín Gorriz – Universidad Politécnica de Cartagena
Carmen Rocamora - Universidad Miguel Hernández
Coral Ortíz Sánchez – Universidad Politécnica de Valencia
Divanildo Outor Monteiro – UTAD
Elsa Cristina Dantas Ramalhosa ESA / IPB
Emilio Camacho Poyato – Universidad de Córdoba
Emilio Gil Moya – Universidad Politécnica de Cataluña
Enrique Ortí García – Universidad Politécnica de Valencia
Enrique Relea Gangas – Universidad de Valladolid
Esperanza Ayuga Téllez – Universidad Politécnica de Madrid
Eugenio García Marí – Universidad Politécnica de Valencia
Fátima Baptista – Universidade de Évora/ICAAM
Fernando Augusto dos Santos – UTAD
Francisco Ayuga Téllez – Universidad Politécnica de Madrid
Francisco Javier García Ramos – Universidad de Zaragoza
Francisco Lúcio dos Santos – Universidade de Évora/ICAAM
Francisco Rodríguez Díaz – Universidad de Almería
Francisco Rovira Más- Universidad Politécnica de Valencia
Henrique Manuel da Fonseca Trindade – UTAD/CITAB
Ignacio Díaz-Maroto – Universidad de Santiago de Compostela.
Jaime Pires – CIMO- Centro de Investigação da Montanha, IPB
João Manuel Serrano – Universidade de Évora/ICAAM
José Alberto Pereira – Instituto Politécnico de Bragança
José Antonio Flores Yepes – Universidad Miguel Hernández de Elche
José Blasco Ivars – Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
José Carlos Barbosa – Instituto Politécnico de Bragança
José Luís Garcia - Universidad Politécnica de Madrid

José Luis Torres Escribano – Universidad Pública de Navarra
José Manuel Gonçalves – Instituto Politécnico de Coimbra
José María Tarjuelo Martín-Benito – Universidad de Castilla-La Mancha
José Rafael Marques da Silva – Universidade de Évora/ICAAM
Luis Leopoldo Silva – Universidade de Évora/ICAAM
Luis Manuel Navas Gracia – Universidad de Valladolid
Luis Val Manterola – Universidad Politécnica de Valencia
Manuel Joaquim da Costa Minhoto – Instituto Politécnico de Bragança
Manuel Moya Ignacio – Universidad de Extremadura
Manuel Pérez Ruiz – Universidade de Sevilla
Margarida Maria Arrobas Rodrigues – ESA-IPB/CIMO
Margarita Ruiz Altisent – Universidad Politécnica de Madrid
María Ángeles Grande Ortíz – Universidad Politécnica de Madrid
Mariano Suarez de Cepeda Martínez – Universidad de Castilla-La Mancha
Martín Barrasa Rioja – Universidad de Santiago de Compostela
Miguel Ángel Moreno Hidalgo – Universidad de Castilla-La Mancha
Miguel Angel Muñoz García – Universidad Politécnica de Madrid
Montano Pérez Teruel – Universidad Politécnica de Valencia
Morris Villarroel Robinson – Universidad Politécnica de Madrid
Pablo Melgarejo Moreno – Universidad Miguel Hernández
Pablo Zarco Tejada – IAS, Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Ricardo Suay Cortés – INRA, Sophia-Antipolis, Francia
Rosa Penélope Gutiérrez Colomer – Universidad Politécnica de Valencia
Rosario Castro Abengoza – Universidad de León
Salvador Calvet Sanz – Universidad Politécnica de Valencia
Victoriano Martínez Álvarez – Universidad Politécnica de Cartagena

Tratamento por precipitação química ácida de águas residuais provenientes de lagares Alexandra Afonso, Flávia Fernandes, Silvana Luz, Eliana Jerónimo, Fátima Carvalho, Ana R. Prazeres	968
Da captação à disposição final: gestão da água em uma fazenda de bovinos de leite no sul do Brasil Nicole Friedrich Neumann, Lucas Arns Neumann, Paulo Belli Filho, Jorge M. R. Tavares	977
¿Cómo seleccionar alternativas con mayor respaldo social para la modernización de regadíos? Herminia Puerto, Carmen Rocamora, Ricardo Abadía	984
Efeito sobre propriedades hidráulicas do solo de mobilizações com tração animal: resultados de ensaio no NE Portugal Tomás de Figueiredo, Aitor García-Tomillo, Arlindo Almeida, João Rodrigues, António Paz-Gonzalez, Jorge Dafonte, João Nunes, Zulimar Hernández, Douglas Bandeira	993
Repercusión económica de la uniformidad de riego en cultivos de gran demanda de agua en zonas semiáridas Ana Kelliane Silva, Francisco A Lima, Alfonso Domínguez, José M ^a Tarjuelo, Angel Martínez-Romero	1001
Estudio de propiedades hidrofísicas de calcisoles vitícolas Caridad Pérez-de-los Reyes, Carlos Bonilla, Sandra Bravo, Francisco Jesús García Navarro, Jose Ángel Amorós	1009
Automatización en la caracterización del cultivo de céspedes en praderas urbanas José Marín, Javier Rocher, Lorena Parra, Antonio Plaza, Pedro V. Mauri, Juan Ruiz-Fernández, Sandra Sendra, Jaime Lloret	1017
Análisis sensorial de tres ecotipos de garbanzo leoneses cultivados en diferentes suelos de la provincia José B. Valenciano, Juan A. Boto, Víctor Marcelo, Miguel A. Sanz	1027
Aproximación preliminar de un modelo de predicción para la estimación de la evapotranspiración de referencia usando sensores de humedad Daniel Marín-Sánchez, Antonio Fernández-López, Ginés García-Mateos, José Miguel Molina-Martínez, Manuel Ferrández-Villena García, Antonio Ruiz-Canales	1032
Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada no rendimento e qualidade da cultura do tomate Miclay Carvalho, M. Ângelo Rodrigues, António Castro Ribeiro	1040
Desarrollo de un método multiresiduo mediante SPE-GC-MS para la determinación de pesticidas y algunos de sus productos de degradación en aguas superficiales y subterráneas María José Climent Morales, Eliseo Herrero Hernández, María Jesús Sánchez Martín, María Sonia Rodríguez Cruz, Roberto Enrique Urrutia Perez	1052
Área Temática: Tecnologias de Informação e Controlo de Processos / Tecnologías de la Información y Control de Procesos	1061
Efeito das árvores sobre a produtividade da pastagem: monitorização da temperatura e da humidade ao longo do ciclo vegetativo João Serrano, José Marques da Silva, Shakib Shahidian, Mário de Carvalho	1062
Avaliação de tecnologias na monitorização do efeito das árvores sobre a produtividade e sobre a qualidade da pastagem João Serrano, Shakib Shahidian, José Marques da Silva, Eliana Machado, Mário de Carvalho	1071
Evaluación del comportamiento dinámico de sensores de temperatura: aplicación a la cadena de frío Miguel.G. Manchego, Miguel Garrido-Izard, Eva C. Correa, Belén Diezma, Pilar Barreiro	1081
Medida de aceites comestibles usando espectroscopía de infrarrojo medio de bajo coste María Maldonado Gil, Pilar Barreiro Elorza, Germán Vergara Ogando	1091

Efeito do regime hídrico e da fertilização azotada no rendimento e qualidade da cultura do tomate

Miclay Carvalho¹, M. Ângelo Rodrigues², A. Castro Ribeiro³

¹ 1 ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia 5300-253 Bragança, Portugal. miclaycarvalho9@gmail.com

^{2,3} Centro de Investigação da Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia 5300-253 Bragança, Portugal. angelor@ipb.pt; antrib@ipb.pt

Resumo

O uso da água e fertilizantes na agricultura de forma sustentável tornou-se uma prioridade, simultaneamente com a implementação de técnicas culturais que mantenham rendimentos elevados, melhorando assim as produtividades da água e da fertilização. O objetivo desse estudo consiste em avaliar os efeitos de diferentes níveis de rega e de fertilização azotada no rendimento e qualidade da cultivar de tomate coração-de-boi.

O ensaio foi delineado em talhões subdivididos ("split block") com três tratamentos de irrigação: 33,3%ETc (R1); 66,7%ETc (R2) e 100%ETc (R3) e quatro níveis de azoto: sem azoto (N0), 50 kg ha⁻¹ (N1), 100 kg ha⁻¹ (N2) e 200 kg ha⁻¹ (N3). Avaliou-se o efeito dos tratamentos nas componentes da produção e da qualidade, no azoto aparentemente recuperado (NAR) e na produtividade da água.

Os resultados mostram, para produtividade total e comercial, uma interação significativa entre fertilização azotada e lâminas de água aplicadas. No tratamento N3R2 registou-se a maior produtividade (102,5 Mg ha⁻¹) que foi significativamente superior aos restantes tratamentos. A consistência e o pH não foram afetadas pelos níveis de azoto e rega. O azoto aparentemente recuperado (NAR) aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizante azotado. No tratamento N3 registou-se o maior valor de NAR (23,3 %).

A rega deficitária teve um efeito no aumento do teor de sólidos solúveis totais e na produtividade da água. O tratamento R1 registou o maior valor de produtividade da água com 22,6 kg m⁻³, seguido do tratamento R2 e R3 com 16,1 kg m⁻³ e 8,8 kg m⁻³, respetivamente.

Palavras-chave: Rega deficitária, produtividade da água, azoto aparentemente recuperado, *Solanum lycopersicum*.

Effect of irrigation and nitrogen fertilization on tomato fruit yield and quality

Abstract

Sustainable water and fertilizer used in agriculture has become a priority, along with the adoption of field management strategies that maintain high yields, thus improving both fertilizer and water productivity. The objective of this study was to evaluate the effects of different levels of irrigation and nitrogen fertilization on yield and quality parameters of the tomato fruit (cv. coração-de-boi)

The experiment was arranged as a split block design with three irrigation treatments: 33.3%ETc (R1); 66.7%ETc (R2) e 100%ETc (R3) and four nitrogen rates: no nitrogen (N0), 50 kg ha⁻¹ (N1), 100 kg ha⁻¹ (N2) and 200 kg ha⁻¹ (N3). The effect of the treatments on the production and quality components, apparent nitrogen recovery (ANR) and water productivity was evaluated.

The results show, for total and commercial yield, a significantly interaction between nitrogen fertilization and irrigation. The highest yield was 102.5 Mg ha⁻¹ in the N3R2 treatment, which was significantly higher than the yields from the other treatments. Consistency and pH were not affected by nitrogen and water levels. Apparent nitrogen recovery (ANR) increased linearly with increasing level of nitrogen fertilizer. The highest ANR was 23.3% in the N3 treatment.

The deficit irrigation treatments had an effect on the increase of total soluble solids content and water productivity. The water productivity (WP) was strongly related to the type of irrigation treatment used. The mean WP for the R1 treatment was 22.6 kg m^{-3} , followed by R2 (16.1 kg m^{-3}) and R3 treatment (8.8 kg m^{-3}).

Keywords: Deficit irrigation; water productivity; apparent nitrogen recovery; *Solanum lycopersicum*

1. Introdução

A população mundial aumentou de 3,1 bilhões em 1961 para 7,4 bilhões em 2016. Porém estima-se que em 2050 a população mundial atingirá 9,7 bilhões. Entretanto, a área irrigada duplicou e o consumo de água triplicou (FAO, 2015). As alterações climáticas terão um impacto crescente e notável, em particular sobre a agricultura e os recursos hídricos. A FAO estima que em 2050 a agricultura continuará a ser o maior sector consumidor de água a nível mundial. Contudo, hoje, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, uma percentagem que alcançará os 2/3 em 2050 (FAO, 2016).

Depois da revolução industrial a agricultura está em constante evolução, doravante o sistema de irrigação tem de se adaptar às novas exigências, que consiste no uso racional e eficiente da água, bem como aumentar a produtividade da água. Segundo FAO (2015), a produção mundial de alimentos superou o crescimento demográfico. Este aumento da produtividade agrícola deveu-se ao melhoramento genético, com a produção das novas variedades, utilização racional de fertilizantes e a irrigação. O tomate é a segunda cultura hortícola mais importante em termos de área cultivada no mundo seguido da cultura da batata (FAOSTAT, 2015).

A nutrição mineral é um dos fatores de maior relevância na produtividade e na qualidade nutricional dos frutos do tomate. De entre os principais nutrientes destaca-se o azoto, sendo esta cultura muito exigente neste nutriente (Farneselli et al., 2015). O azoto é um dos elementos químicos que mais consomem energia. A fixação industrial requer pressão e temperatura elevadas para fazer a rotura da ligação covalente tripla entre os átomos de moléculas N_2 , o que aumenta o custo da sua produção (Wang et al., 2013).

A cultura do tomateiro é geralmente irrigada por superfície o que provoca perdas de água por escoamento superficial e erosão do solo. Além disso, o excesso de água de irrigação conduz a uma menor produtividade da água, ou seja, a uma menor razão entre rendimento da cultura e a água utilizada (Zheng et al., 2013). Logo, o uso sustentável da água e adubação na agricultura tornaram-se uma prioridade global e a adoção de estratégias de irrigação que permitam fazer uma melhor gestão de água de irrigação, melhorando a eficiência do uso da água, doravante poderão contribuir para a preservação deste recurso (Patanè et al., 2011; Wang et al., 2013), em particular, nas regiões de maior escassez de água. Além disso, a maximização da produtividade da água pode ser mais rentável para o agricultor do que a maximização do rendimento das culturas (Costa et al., 2007; Kuşçu et al., 2014).

No contexto da melhoria da produtividade da água, há um interesse crescente na irrigação deficitária (ID), uma prática de irrigação na qual se aplica uma quantidade de água de rega inferior às necessidades máximas da cultura, mas para que a planta não entre em stresse hídrico severo, permitido, assim, efeitos mínimos sobre a quebra do rendimento (Pereira, 2004). Em caso de seca ou pouca disponibilidade de água a ID pode levar a maiores ganhos económicos e maximizar os rendimentos por unidade de água. No entanto, esta abordagem requer um conhecimento preciso sobre a resposta da cultura ao stresse hídrico em diversas fases do seu desenvolvimento (Jensen et al., 2010; Birhanu e Tilahun, 2010).

O objetivo deste trabalho consiste em avaliar o efeito de diferentes níveis de rega e de fertilização azotada no rendimento da cultura do tomate e nos principais parâmetros de qualidade.

comercial e a produção de frutos descartados. A produção comercial (PC) representa a soma da produção de frutos grandes, médios e pequenos.

O teor em sólidos solúveis totais foi determinado por refratometria. O pH foi obtido por leitura em potenciômetro digital. A consistência foi determinada com o auxílio de um TA.XT plus Texture Analyser (Stable Micro Systems Ltd, Surrey, United Kingdom) com ponteira de 2 mm de diâmetro. Para a determinação da consistência foram utilizados 3 frutos por cada tratamento, num total de 36 amostras por parcela, dos quais foi retirada, em três pontos dos frutos, uma camada fina de epiderme do fruto com auxílio de um bisturi. Em seguida, os frutos foram perfurados com a agulha do texturómetro na área sem epiderme. A pressão para perfurar o fruto, fornecida pelo texturómetro e expressa em kiloPascal (kPa), foi utilizada para avaliar a consistência do fruto.

Para análise do fruto e folha colheu-se 3 amostras por cada sub-talhão, num total de 36 amostras por parcela. As amostras foram secas em estufa à temperatura de 70 °C, até peso constante. Em seguida, o material foi moído num moinho da marca Foss, modelo cyclotec™ 1093. O azoto foi determinado pelo método Kjeldahl (Bremner, 1996).

O processo de cálculo do azoto aparentemente recuperado (NAR, %) consistiu em subtrair ao azoto contido na biomassa aérea das plantas das modalidades fertilizadas, o azoto contido na biomassa aérea das plantas da modalidade testemunha. Este valor foi dividido pela quantidade de azoto aplicado como fertilizante (Rodrigues e Coutinho, 2000; Rodrigues et al., 2006). O azoto aparentemente recuperado foi calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{NAR (\%)} = \frac{\text{Modalidades fertilizadas} - \text{Modalidade testemunha (não fertilizada)}}{\text{Azoto aplicado como fertilizante}} \quad (3)$$

Para o cálculo da NAR usaram-se os três valores de NO de diferentes lâminas de água.

O cálculo da produtividade da água (WP) foi efetuado através da seguinte equação:

$$\text{WP} = \frac{\text{Produção total}}{\text{Água aplicada}} \quad (4)$$

em que WP é a produtividade de água (kg m^{-3}); a produção total considerada em (kg ha^{-1}) e a quantidade da água aplicada através da rega mais a precipitação útil em $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$.

A análise dos dados foi efetuada com programa estatístico IBM SPSS Statistics 22. As médias com diferenças significativas foram separadas com o teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

3. Resultados e Discussão

3.1. Condições meteorológicas durante o ensaio e água aplicada

Durante o período do ensaio, a temperatura do ar variou entre 2,3 e 37,9°C (Figura 1). O tempo térmico diário foi determinado pela acumulação da diferença entre temperatura média do ar e a temperatura de base. Foi utilizada uma temperatura de base de 10°C para a cultura de tomateiro (Zotarelli et al., 2009a). O tempo térmico acumulado aumentou consoante as etapas de desenvolvimento da cultura, sendo de 152,1, 686,3, 1205,3 e 1342,2°C dia para as fases inicial, de desenvolvimento, intermédia e final, respetivamente (Tabela 1). A precipitação acumulada durante o período em que ocorreu a realização do ensaio foi de 36,0 mm, distribuída por 12 dias. O mês de setembro foi o mês que registou a maior precipitação acumulada com 20,4 mm.

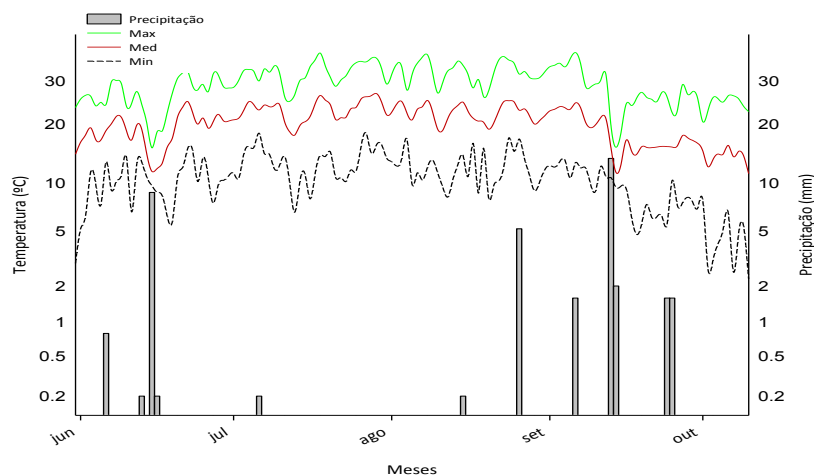


Figura 1. Curso da temperatura média, máxima e mínimas do ar (°C) e precipitação (mm) durante o período do ensaio

A evapotranspiração da cultura aumentou de acordo com as etapas de desenvolvimento da cultura e o coeficiente cultural (Tabela 1). O K_c é estimado para simplificar e padronizar o cálculo das necessidades hídricas da cultura, sendo definido como a fração entre a E_{Tc} e evapotranspiração de uma superfície de referência, E_{To} (Equação 1). Esse coeficiente integra os efeitos da altura de cultura, da evaporação do solo e da taxa de transpiração da cultura (Allen et al., 2006).

Tabela 1. Valores acumulados de da evapotranspiração da cultura (E_{Tc}), evapotranspiração de referencia (E_{To}), precipitação, tempo térmico, e dotações de rega (R1, R2 e R3) em função das etapas de desenvolvimento da cultura do tomateiro

Fases	Duração (dias)	E_{Tc} (mm)	E_{To} (mm)	Precipitação (mm)	Tempo térmico (°C dia ⁻¹)	R1 (mm)	R2 (mm)	R3 (mm)
Inicial	21	63,57	105,9	10,0	152,1	14,9	36,1	60,6
Desenvolvimento	42	217,96	247,6	0,2	686,3	72,9	145,5	229,7
Intermédia	42	236,52	205,7	7,0	1205,3	74,8	153,7	244,9
Final	28	75,41	82,5	18,8	1342,2	13,2	38,3	67,4
Total	133	593,46	641,7	36,0	1342,2	175,7	373,5	602,6

3.2. Produtividade

Os resultados mostram que a houve interação significativa entre fertilização azotada e lâminas de rega para produtividade total e comercial, número de frutos por planta, sendo que N200R2 apresentou melhor resultado e NOR3 obteve pior. Resultados semelhantes foram obtidos por Erdal et al. (2006) e Ferreira et al. (2010). O azoto afetou significativamente o número total de frutos por planta, número total de frutos por hectare, número total de frutos comerciais. O tratamento que obteve a maior quantidade de frutos foi N200R2, com média de 21,0 frutos por planta e a menor produção foi para N50R3, com 7,3 frutos por planta (Tabela 2). Resultados semelhantes foram registados por Elia e Conversa (2012). Neste ensaio a dose N50 obteve menor número de frutos por planta e consequentemente menor produtividade, embora não havendo diferenças significativas entre tratamentos (N0 e N50). Pensa-se que isto se deveu à mortalidades de plantas no tratamento (N50) antes do término do ciclo. Porém, o número de frutos por planta e a massa média fresca dos frutos estão diretamente ligados à produtividade. É o caso do tratamento N200R2 que obteve maior quantidade de frutos, produtividade total de 102,5 Mg ha⁻¹ e comercializável de 100,8 Mg ha⁻¹. No caso do tratamento N200R1, obteve-se 20,2 frutos por planta, uma produtividade total de 58,6 Mg ha⁻¹ e 52,7 Mg ha⁻¹ para produtividade comercializável. Sendo tal valor consequência da massa por

fruto, que ficou abaixo do recomendado para comercialização. Birhanu e Tilahun (2010) registaram valores médios de número de frutos por planta em torno de 14 a 59 com as variedades de tomate Melka Shola e Melkassa Marglob. A massa média fresca por fruto variou entre 0,07 e 0,14 kg, para os tratamentos N50R1, N200R1 e N50R3, respetivamente. Porém, dentro da produção comercializável, a massa média fresca variou de 0,10 a 0,12 kg por fruto (Tabela 2). Essa diferença de massa entre produção total e produção comercializável deve-se ao fato de na produção total estarem incluídos os frutos que foram descartados. Como na produtividade comercializável se excluem os frutos com defeitos e com um determinado calibre (Regulamento (CE) n.º 543/2011 da comissão, 2011), a massa média por fruto tem a tendência a ser superior em comparação a massa média total por fruto. Marodin (2011) registou uma massa média de frutos de 0,088 kg, valores próximos aos dos tratamentos NOR1 e N100R1 neste ensaio. Elia e Conversa (2012) obtiveram uma massa média por fruto em torno 0,037 a 0,045 kg com as doses de azoto N300 a N200 kg ha⁻¹, valores muitos inferiores aos registados neste ensaio. Elnesr et al. (2015) também observaram uma massa média de fruto entre 0,11 a 0,15 kg, valores bastantes próximos aos registados nos tratamentos NOR2, NOR3, N50R2, N50R3, N100R2, N200R2 e N200R3. A massa média dos frutos no tratamento R1 foi inferior à dos tratamentos R2 e R3 (Tabela 2). Resultados semelhantes foram registados por Zhai et al. (2016). A fertilização azotada não afetou significativamente ($p=0,929$) a massa fresca média de fruto.

Tabela 2. Valor médios de produtividade total (P total) de tomate, produtividade comercializável (P comercial), número total de frutos (NTF) por planta, número total de frutos por hectare, número total de frutos comercializáveis (NTFC) por hectare, massa média fresca por fruto (MMFF), massa média fresca por fruto comercializável (MMFC) em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Tratamento	P total (Mg ha ⁻¹)	P comercial (Mg ha ⁻¹)	NTF planta ⁻¹ (nº)	NTF ha ⁻¹ (nº)	NTFC ha ⁻¹ (nº)	MMFF (kg)	MMFC (kg)
NOR1	40,3 ^{bcd}	36,6 ^{bcd}	14,25 ^c	570000 ^b	356667 ^b	0,08 ^b	0,10 ^a
NOR2	50,7 ^c	49,0 ^c	11,75 ^c	470000 ^b	356667 ^b	0,12 ^a	0,12 ^a
NOR3	27,3 ^d	25,2 ^d	8,42 ^c	336667 ^b	193333 ^b	0,11 ^a	0,11 ^a
N1R1	34,3 ^{cd}	31,7 ^{cd}	13,50 ^c	540000 ^b	360000 ^b	0,07 ^b	0,10 ^a
N1R2	33,6 ^{cd}	33,0 ^{cd}	8,58 ^c	343333 ^b	296667 ^b	0,11 ^a	0,10 ^a
N1R3	27,7 ^d	25,3 ^d	7,33 ^c	293333 ^b	183333 ^b	0,14 ^a	0,10 ^a
N2R1	44,6 ^{bcd}	41,5 ^{bcd}	14,67 ^b	586667 ^{ab}	403333 ^{ab}	0,08 ^b	0,10 ^a
N2R2	67,3 ^b	65,6 ^b	14,83 ^b	593333 ^{ab}	496667 ^{ab}	0,12 ^a	0,11 ^a
N2R3	70,0 ^b	67,1 ^b	17,25 ^b	690000 ^{ab}	530000 ^{ab}	0,10 ^a	0,10 ^a
N3R1	58,6 ^{bcd}	52,7 ^{bcd}	20,17 ^a	806667 ^a	566667 ^a	0,07 ^b	0,10 ^a
N3R2	102,5 ^a	100,8 ^a	21,00 ^a	840000 ^a	736667 ^a	0,12 ^a	0,11 ^a
N3R3	100 ^a	97,1 ^a	20,75 ^a	830000 ^a	633333 ^a	0,13 ^a	0,12 ^a

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$)

A produção por planta variou de 0,68 a 2,56 kg, para os tratamentos NOR3 e N200R2, respetivamente. Borgognone et al. (2013) em sistema de cultivo hidropónico com tomate enxertado obtiveram um valor médio da produção por planta em torno de 0,77 a 1,22 kg, valores muito abaixo aos registados nos tratamentos NOR1, N50R1, N50R2 e N100R1, deste ensaio. Malash et al. (2008), num estudo sobre efeito de diferentes métodos de irrigação na produtividade e qualidade do tomate da cultivar Floradade, encontraram valores médios de produção por planta entre 0,26 a 3,19 kg. Relativamente à produtividade comercializável, o tratamento N200R2 foi o que obteve maior produtividade comercializável com 100,8 Mg ha⁻¹, sendo o tratamento NOR3 o que obteve o menor resultado com 25,2 Mg ha⁻¹. O nível de fertilização azotada que obteve melhor produção foi N200, com diferenças significativas ($p=0,0001$) para N100, N50 e N0. Os níveis de azoto N50 e N0 não se diferenciaram significativamente ($p=0,837$), nem as diferenças entre os níveis N0 e N100 ($p=0,088$). Marouelli et al. (2014) obtiveram as melhores produtividades do tomateiro com as doses de N de 287 kg ha⁻¹ e 270 kg ha⁻¹. A lâmina de água R1 registou menor produtividade seguida de R3 e R2.

Embora, a lâmina da água R2 tenha registado melhor produtividade, esta não se diferenciou significativamente ($p=0,116$) da R3, mas foi diferente ($p=0,0001$) da R1.

3.3. Qualidade do fruto

Os resultados mostraram que a variável SST foi afetada pela rega ($p < 0,05$). O teor em SST aumentou com a diminuição de água aplicada. O valor médio foi de 4,78 °Brix para o tratamento R1 e 4,21 para R2 e 4,44 para R3 (Tabela 3). Resultados semelhantes foram registados por Birhanu e Tilahun (2010), Zhai et al. (2016) e Zheng et al. (2013) que observaram uma relação linear decrescente do teor de sólidos solúveis totais com o aumento da lâmina de água de irrigação.

Tabela 3. Teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix), potencial hidrogeniônico (pH) e consistência do fruto em função da dose de azoto (N0, N50, N100, N200) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Tratamento	SST (°Brix)	pH	Consistência (KPA)
N aplicado (kg ha ⁻¹)			
0	4,38 ^a	4,21 ^a	335,71 ^a
50	4,60 ^a	4,22 ^a	387,20 ^a
100	4,45 ^a	4,18 ^a	400,97 ^a
200	4,48 ^a	4,21 ^a	372,28 ^a
Lâminas de rega			
R1	4,78 ^a	4,20 ^a	355,75 ^a
R2	4,21 ^b	4,19 ^a	423,94 ^a
R3	4,44 ^b	4,21 ^a	342,44 ^a

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$)

Os resultados mostraram que os valores de pH variaram entre 4,18 para o tratamento N100 e 4,22 para o tratamento N50 (Tabela 3). Valores semelhantes foram registados por Genuncio et al. (2010). Assunção (2016), num ensaio com diferentes fontes e doses de azoto com o tomate Dominador (híbrido comercial), registou valores de pH que variaram entre 4,0 e 4,3. Delazari (2014) e Machado e Oliveira (2005) registaram valores do pH que variaram na faixa de 4,24 a 4,39 num ensaio com diferentes regimes e profundidades de irrigação por gota-a-gota subterrânea. Ferreira et al. (2006) e Soto et al. (2015) também registaram valores médios do pH entre 4,58 a 4,61 com diferentes doses de azoto. A rega e fertilização azotada não afetaram significativamente ($p = 0,930$) o pH.

Os resultados mostraram que os valores de consistência variaram entre 335,71 e 423,94 kPa (Tabela 3). Em relação à consistência dos frutos, não foram observadas diferenças significativas ($p = 0,168$) entre os tratamentos. Assunção (2016) encontrou valores próximos dos registados neste ensaio, mas sem diferenças significativas quando aplicada a dose de 100 kg ha⁻¹. Registou, no entanto, diferenças significativas para uma dose de 400 kg ha⁻¹ com diferente fonte de azoto. Porto (2013) também não encontrou diferenças significativas na consistência dos frutos de tomate num ensaio em que estudou diferentes doses de azoto na produção e qualidade comercial dos frutos. Soto et al. (2015) também não encontram diferenças significativas na consistência do fruto num ensaio conduzido em fertirrigação em estufa e com diferentes doses de azoto. Em ensaios realizados em estufa Bénard et al. (2009) observaram diferenças significativas na consistência do fruto do cultivar Clotilde para diferentes doses de azoto. Segura et al. (2009) constataram a existência de uma interação significativa entre azoto e rega para a cultivar Pitenza, num ensaio conduzido em estufa.

3.4. Produtividade de água e azoto aparentemente recuperado

Os resultados mostraram que a produção média total de tomate aumentou com o aumento da dose de azoto, exceto em N50 em que se registou menor produção total (Tabela 4). A fertilização azotada afetou significativamente a concentração de azoto. Contudo, observa-se a maior concentração de azoto nos frutos nos tratamentos R1 e R2, enquanto R3 registou menor concentração. Já nas folhas,

verificou-se a situação inversa, visto que com a lâmina de água R3 registou-se uma concentração de azoto superior à R2 (Tabela 4).

Tabela 4. Produção média de tomate, azoto aparentemente recuperado (NAR) e produtividade da água (WP) em função da dose de azoto (N0, N1, N2, N3) e lâmina de água aplicadas (R1, R2, R3).

Fator	P. total (kg x 1000 ha ⁻¹)	N fruto (g kg ⁻¹)	N folha (g kg ⁻¹)	NAR (%)	WP (kg m ³)
N aplicado (kg ha ⁻¹)					
0	39,44 ^{bc}	11,45 ^b	24,19 ^a	-----	12,57 ^{bc}
50	31,66 ^c	11,27 ^b	19,69 ^b	-12,59 ^b	10,10 ^c
100	60,63 ^{ab}	11,47 ^b	20,53 ^b	14,20 ^{ab}	16,99 ^{ab}
200	85,43 ^a	14,74 ^a	26,57 ^a	23,27 ^a	23,68 ^a
Lâminas de rega					
R1	44,45 ^b	12,47 ^a	22,84 ^a	3,32 ^a	22,60 ^a
R2	63,55 ^a	12,37 ^a	22,33 ^a	-0,44 ^a	16,11 ^b
R3	54,88 ^a	11,86 ^a	23,07 ^a	22,00 ^a	8,80 ^c

†Médias seguidas da mesma letra na coluna não são significativamente diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha=0,05$)

O aumento da dose de azoto não alterou os pesos médios dos frutos da produção total e comercial. Resultado diferente foi registado por Ferreira et al. (2010), que constataram um aumento no peso médio dos frutos comercializáveis com a aplicação de azoto. O NAR aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizante azotado, com exceção da dose N50, por razões já referidas. A maior produção média de tomate por unidade de azoto por planta foi obtida no tratamento N200. Os resultados mostraram que no tratamento N200 o valor de NAR foi superior, com uma percentagem de 23,3 % (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Elia e Conversa (2012), que ainda constataram que a dose N200 é a mais recomendada nas condições de clima mediterrânico. Topcu et al. (2007) encontraram valores de NAR de 70% com a cultivar F1 Fantastic (tomate de mesa) numa produção protegida e sem diferenças significativas entre tratamentos de irrigação. Já Wang et al. (2013) constataram diferenças significativas para ambos fatores (rega e fertilização azotada) para o NAR. Neste estudo, embora houvesse pequenas diferenças de NAR em diferentes lâminas de água, estas não foram significativas ($p = 0,097$). Zotarelli et al. (2009b) constataram haver interação significativa entre fertilização azotada e rega para o NAR na variedade de tomate Florida 47. Geralmente, à medida que se aumentam as doses de azoto aplicado os valores de NAR diminuem (Rodrigues, 2000; Rodrigues et al., 2006; Zotarelli et al., 2009b; Thompson et al., 2013; Ladeira, 2017). Contudo, nesse estudo os resultados foram inversos, provavelmente devido à variabilidade experimental. Também Sant'Ana et al. (2011) constataram que a eficiência de uso de azoto aumentou com as doses de azoto aplicadas na cultura do feijoeiro. Viegas (2017) também constatou que a eficiência de azoto aumentou com aumento da dose de azoto num ensaio em vasos com a cultura de soja. Estes resultados talvez se possam explicar pelo facto destas plantas serem da família das leguminosas, em que se este nutriente for aplicado em pequena quantidade pode estimular a fixação biológica e contribuir para maior recuperação de azoto.

No que respeita à produtividade da água (WP), verificou-se uma interação significativa da fertilização azotada e da rega. Os resultados revelaram que a WP para o tratamento R1 (33,3% ETc) registou melhor resultado na produção de matéria fresca em relação ao volume de água aplicado, registando 22,6 kg m⁻³. O pior resultado foi registado no tratamento R3 (100% ETc), com 8,8 kg m⁻³. A dose de fertilização azotada que registou melhor resultado foi N200 com 23,7 kg m⁻³ e com pior resultado foi o N50 com 10,1 kg m⁻³ (Tabela 4). Djurović et al. (2016) registaram uma maior produtividade da água quando aplicaram maior volume de água 100%ETc num estudo sobre efeito de caulino no rendimento, qualidade e eficiência de uso da água do tomate. No entanto, outros autores (Topcu et al., 2007; Zotarelli et al., 2009b; Monte et al., 2013; Ismail e Mousa, 2014) observaram resultados semelhantes aos obtidos neste ensaio. Por se tratar de uma razão, a WP pode ser maximizada diminuindo o volume de água aplicada. Kalungu (2008) também constatou um comportamento

linear decrescente na WP em função do aumento das lâminas de água da irrigação. Machado e Oliveira (2005) não observaram diferença significativa da irrigação nos valores da WP do tomateiro. Carvalho et al. (2011) também referem que o aumento na disponibilidade de água no solo tende a propiciar decréscimos na WP.

4. Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho dizem respeito a um ano de ensaios de campo e, por isso, as conclusões apresentadas não tem um carácter definitivo. Será necessário dar continuidade a este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito da variabilidade interanual. Os resultados obtidos permitem, contudo, concluir que neste primeiro ano de ensaios o tratamento N200R2 apresentou melhor comportamento e N0R3 obteve pior resultado para as produtividades total e comercial. O número total de frutos por planta, número total de frutos comercializáveis, a produtividade média de frutos grandes e número de frutos grandes foram significativamente afetadas pela dose de azoto aplicado, sendo que N200 apresentou o melhor resultado e N50 o pior.

A consistência e o pH dos frutos não foram significativamente afetadas pelo azoto e rega. O NAR aumentou linearmente com o aumento da taxa de fertilizantes azotados, sendo que N200 permitiu melhor NAR, com uma percentagem de 23,27 %.

A irrigação deficitária teve um efeito benéfico em alguns parâmetros da qualidade do fruto, como por exemplo no aumento do teor em sólidos solúveis totais. A produtividade da água foi positivamente afetada pela rega deficitária. A produtividade da água não aumentou quando esta última é fornecida para cumprir as necessidades hídricas ótimas totais da cultura. A lâmina de água R2 permitiu-nos poupar 33,3% da água em relação a R3, com um correspondente aumento de produção de 13,7 %. A adoção de estratégias de rega deficitária, onde uma redução de 33,3%ETc é aplicada e com uma dose de azoto N200 para toda a estação de crescimento, economiza água, minimizando as perdas de produção.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Engenheiro Amílcar Pimentel e ao Sr. Manuel a ajuda prestada na realização dos ensaios de campo. Ao Professor Vasco Cadavez pela ajuda na análise qualitativa dos frutos e à Professora Margarida Arrobas pela ajuda nas determinações analíticas.

Bibliografia

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., e Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje. 1-298. <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm> (Acesso em 22 de julho de 2016).
- Assunção, N. S. 2016. Fontes e doses de nitrogênio na qualidade e produtividade do tomateiro. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba Minas Gerais - Brasil.
- Bénard, C., Gautier, H., Bourgaud, F., Grasselly, D., Navez, B., Caris-Veyrat, C., Génard, M. 2009. Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(10): 4112–4123.
- Birhanu, K., e Tilahun, K. 2010. Fruit yield and quality of drip-irrigated tomato under deficit irrigation. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development* 10(2): 2139–2151.
- Borgognone, D., Colla, G., Roupael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., e Schwarz, D. 2013. Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae* 149: 61–69.

- Bremmer, J. M. 1996. Nitrogen Total. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3 - Chemical Methods. SSSA Book Series. 5: 1085- 1121. Busato.
- Carvalho, J. F., Montenegro, A. A. D. A., Soares, T. M., Silva, Ê. F. D. F., e Montenegro, S. M. G. L. 2011. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(3): 256–263.
- Costa, J. M., Ortuño, M. F., e Chaves, M. M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: Physiology and potential application to horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology* 49(10): 1421–1434.
- Delazari, F. T. 2014. Produção e qualidade de frutos do tomateiro no sistema viçosa de tutoramento em função do estado hídrico- nutricional. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa Minas Gerais, Brasil.
- Djurović, N., Čosić, M., Stričević, R., Savić, S., e Domazet, M. 2016. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. *Scientia Horticulturae* 201: 271–278.
- Elia, A., e Conversa, G. 2012. Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy* 40: 64–74.
- Elnesr, M. N., Alazba, A. A., El-Abedein, A. I. Z., e El-Adl, M. M. 2015. Evaluating the effect of three water management techniques on tomato crop. *Plos ONE*, 10(6): 1–17.
- Erdal, I., Ertek, A., Şenyiğit, U., e Yilmaz, H. I. 2006. Effects of different irrigation programs and nitrogen levels on nitrogen concentration, uptake and utilisation in processing tomatoes (*Lycopersicum esculentum*). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46(12): 1653–1660.
- FAO, 2006. World reference base for soil resources 2006. World Soil Resources Reports No. 103 (Vol. 43). <https://doi.org/10.1017/S0014479706394902> (Acesso em 22 de agosto de 2016).
- FAO, 2015. FAO - Water Development and Management Unit - Topics - Irrigation. FAO. 1-2. <http://www.fao.org/3/a-i4591e.pdf> (Acesso em 22 de agosto de 2016).
- FAO, 2016. FAO - Notícias_ 2050_ A escassez de água em várias partes do mundo ameaça a segurança alimentar e os meios de subsistência. FAO. 1-2. <http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/> (Acesso em 22 de agosto de 2016).
- FAOSTAT, 2015. Produção mundial. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Acesso em 22 de agosto de 2016).
- Farneselli, M., Benincasa, P., Tosti, G., Simonne, E., Guiducci, M., e Tei, F. 2015. High fertigation frequency improves nitrogen uptake and crop performance in processing tomato grown with high nitrogen and water supply. *Agricultural Water Management* 154: 52–58.
- Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., e Fontes, P. C. R. 2010. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. *Revista Ceres* 57(2): 263–273.
- Ferreira, M. M. M., Ferreira, G. B., Fontes, P. C. R., e Dantas, J. P. 2006. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. *Horticultura Brasileira* 24(2): 141–145.
- Genuncio, G. C., Silva, R. A. C., Sá, N. M., Zonta, E., e Araújo, A. P. 2010. Produção de cultivares de tomateiro em hidroponia e fertirrigação sob razões de nitrogênio e potássio. *Horticultura Brasileira* 28(4): 446–452.

- Ismail, S. M., e Mousa, M. A. A. 2014. Optimizing Tomato Productivity and Water Use Efficiency Using Water Regimes, Plant Density and Row Spacing Under Arid Land. *Irrigation and Drainage* 650: 640–650.
- Jensen, C. R., Battilani, A., Plauborg, F., Psarras, G., Chartzoulakis, K., Janowiak, F., Andersen, M. N. 2010. Deficit irrigation based on drought tolerance and root signalling in potatoes and tomatoes. *Agricultural Water Management* 98(3): 403–413.
- Kalungu, J. W. 2008. Respostas do tomateiro a diferentes lâminas de irrigação, doses de potássio e cobertura do solo em ambiente protegido. Dissertação. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», Piracicaba.
- Kuşçu, H., Turhan, A., e Demir, A. O. 2014. The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. *Agricultural Water Management* 133: 92–103.
- Ladeira, L. C. 2017. Valor agronómico de fertilizantes enriquecidos com microrganismos fixadores de azoto. Dissertação. Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária, Bragança.
- Machado, R. M. A., e Oliveira, M. D. R. G. 2005. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. *Irrigation Science* 24(1): 15–24.
- Malash, N. M., Flowers, T. J., e Ragab, R. 2008. Effect of irrigation methods, management and salinity of irrigation water on tomato yield, soil moisture and salinity distribution. *Irrigation Science* 26(4): 313–323.
- Marouelli, W. A., Souza, R. B., e Braga, M. B. 2014. Evaluation of sources, doses and application schedules of nitrogen on drip-irrigated tomato. *Horticultura Brasileira* 32(3): 327–335.
- Marodin, C. 2011. Produtividade, qualidade físico-química e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro em função de fontes e doses de silício. Dissertação. Universidade estadual do Centro-Oeste, unicentro-pr, Guarapuava.
- Patanè, C., Tringali, S., e Sortino, O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae* 129(4): 590–596.
- Paula, J. T. 2013. Qualidade pós-colheita de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. Dissertação. Universidade Estadual Do Centro-Oeste, Unicentro-PR, Guarapuava-PR.
- Pereira, L. S. 2004. *Necessidades de Água e Métodos de Rega*. Europa-América. Lisboa
- Porto, J. S. 2013. Fontes e doses de nitrogênio na produção e qualidade de tomate híbrido Silvety. Dissertação. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitoria da Vonquista Bahia - Brasil.
- Regulamento (CE) n. O 543/2011 da comissão. 2011. Regulamentos. Oficial da União Europeia. 1-163. [Http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/reg_543_2011.pdf](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/geral/files/reg_543_2011.pdf) (Acesso em 14 de abril de 2017).
- Rodrigues, M. 2000. Gestão do azoto na cultura da batata: Estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo. Dissertação de doutoramento. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Rodrigues, M. Â., e Coutinho, J. F. 2000. Eficiência de utilização do azoto pelas plantas. Edição do Instituto Politécnico de Bragança. (47) 6-48. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/205/1/47> (Acesso em 3 de fevereiro de 2017).

- Rodrigues, M. A., Pereira, A., Cabanas, J. E., Dias, L., Pires, J., e Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. *European Journal of Agronomy* 25(4): 328–335.
- Sant'Ana, E. V. P., Santos, A. B., e Silveira, P. M. 2011. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15(5): 458–462.
- Segura, M. L., Contreras, J. I., Salinas, R., e Lao, M. T. 2009. Influence of Salinity and Fertilization Level on the Nutrient Distribution in Tomato Plants under a Polyethylene Greenhouse in the Mediterranean Area. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 40(1–6): 498–513.
- Smith, M. 1992. CROPWAT A computer program for irrigation planning and management. (FAO Irrigation and Drainage, Ed.). (Paper 46). Rome.
- Soto, F., Gallardo, M., Thompson, R. B., Peña-Fleitas, M. T., e Padilla, F. M. 2015. Consideration of total available N supply reduces N fertilizer requirement and potential for nitrate leaching loss in tomato production. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 200(3): 62–70.
- Thompson, R. B., Gallardo, M., Rodríguez, J. S., Sánchez, J. A., e Magán, J. J. 2013. Effect of N uptake concentration on nitrate leaching from tomato grown in free-draining soilless culture under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae* 150: 387–398.
- Topcu, S., Kirda, C., Dasgan, Y., Kaman, H., Cetin, M., Yazici, A., e Bacon, M. A. 2007. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy* 26(1): 64–70.
- Viegas, R. I. F. 2017. Valor fertilizante de leguminosas herbáceas nos ecossistemas agrícolas. Dissertação. Instituto Politécnico de Bragança Escola Superior Agrária, Bragança.
- Wang, Y., Liu, F., Jensen, L. S., de Neergaard, A., e Jensen, C. R. 2013. Alternate partial root-zone irrigation improves fertilizer-N use efficiency in tomatoes. *Irrigation Science* 31(4): 589–598.
- Zhai, Y., Yang, Q., e Wu, Y. 2016. Soil salt distribution and tomato response to saline water irrigation under straw mulching. *Plos ONE* 11(11): 1–17.
- Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L. S., ... Liu, H. (2013). Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 129: 181–193.
- Zotarelli, L., Dukes, M. D., Scholberg, J. M. S., Muñoz-Carpena, R., e Icerman, J. 2009a. Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 96(8): 1247–1258.
- Zotarelli, L., Scholberg, J. M., Dukes, M. D., Muñoz-Carpena, R., e Icerman, J. 2009b. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, 96(1): 23–34.