

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

TESE

**Cultivo orgânico de tomate em vasoponia e ambiente
protegido com manejo da irrigação por acionador
automático**

Daniela Pinto Gomes

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CULTIVO ORGÂNICO DE TOMATE EM VASOPONIA E AMBIENTE
PROTEGIDO COM MANEJO DA IRRIGAÇÃO POR ACIONADOR
AUTOMÁTICO**

DANIELA PINTO GOMES

Sob a orientação do professor
Daniel Fonseca de Carvalho

e co-orientação do professor
Leonardo Oliveira Medici

Tese submetida como
requisito parcial para
obtenção do grau de **Doutor
em Ciências** no Programa
de Pós-Graduação em
Fitotecnia.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2016

641.35642

G633c

T

Gomes, Daniela Pinto, 1984-

Cultivo orgânico de tomate em vasoponia e ambiente protegido com manejo da irrigação por acionador automático / Daniela Pinto Gomes - 2016.

141 f.: il.

Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Bibliografia: f. 87-102.

1. Tomate - Cultivo - Teses. 2. Tomate - Irrigação - Teses. 3. Irrigação agrícola - Teses. 4. Irrigação por gotejamento - Teses. 5. Agricultura orgânica - Teses. I. Carvalho, Daniel Fonseca de, 1968-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

DANIELA PINTO GOMES

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em área de concentração Produção Vegetal.

TESE APROVADA EM 26/02/2016

Daniel Fonseca de Carvalho. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Carlos Rodrigues Pereira. Dr. UFF

Margarida Goréte Ferreira do Carmo. Dr^a. UFRRJ

Mariluci Sudo Martelleto. Dr^a. PESAGRO-RIO

Marinaldo Ferreira Pinto. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

A minha alma chorou tanto,

Que de pranto está vazia

Desde que aqui fiquei,

Sem a sua companhia

Não há pranto sem saudade

Nem amor sem alegria

É por isso que eu reclamo

Essa tua companhia

Como pode um peixe vivo

Viver fora da água fria?

Como poderei viver

Como poderei viver

Sem a tua, sem a tua

Sem a tua companhia?

Sem a tua, sem a tua

Sem a tua companhia?

Milton Nascimento.

Aos meus amados pais Maria Helena Pinto Gomes e Apparicio Gomes (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Apparicio Gomes e Maria Helena Pinto Gomes, pelo amor a mim dedicado e pelo exemplo de família.

Ao Diogo pelo amor e amizade e a toda sua família: Isael, Neusa e Camila por me receberem tão bem em sua família.

Ao meu orientador Professor Daniel Fonseca de Carvalho pela amizade, carinho, exemplo de família e ensinamentos.

Ao meu co-orientador Professor Leonardo de Oliveira Medici pela amizade e entusiasmo na realização deste trabalho.

Ao Jander Ferreira de Almeida e ao David da Cunha Valença pela enorme ajuda na montagem e condução dos experimentos, pelo companheirismo, pelo compromisso e pela amizade.

Aos Professores Marinaldo Ferreira Pinto e Conan Salvador Ayade e a Pós doutoranda Dinara Grasiela Alves pela ajuda na realização deste trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa Água e Solo em Sistemas Agrícolas (GPASSA), aos colegas de trabalho e amigos para vida toda: Irineu, Wilk, Hermes, Selma, Fabíola, Débora, Guilherme, Thatiana, Wagner, Hugo, Luiz, Adilson, Márcio, Dionizio, Dione, Valdemir, Carlos Felipe, Eliete, Lucas, Giuliano, Alexssandra, Ernane, Roriz, Eraldo, Bruno, Jonas, Felipe, Ramilton, Fernanda, Fernando, Victor, João, Roberto, Gledson, André, Eduardo, Gabriel Fortuna, Gabriel Botelho, Aldir, José Monte, Ana, Marcelo e Rose.

Aos funcionários do setor de horticultura pela ajuda e amizade: Luciano, Pedro, Mazinho, Tuca, Manoel, Nilson, Max, Cláudio, Cacaria, Evandro, Martim, Leandro e José.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade de acesso a educação de nível superior, dada não somente a mim, mas para muitos brasileiros.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade, em especial a Professora Regina Celi C. Coneglian e ao Professor Pedro Dasmasceno, e as secretárias Tatiane e Eliane.

À CAPES e FAPERJ pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto.

Aos vizinhos do bairro Boa Esperança: Nilton Cezar, José Alcebíades, Vera, Sebastião, Regina, Marileide, Edvaldo, Ana, Francisca, Paulo, Ana Maria e Cristiano.

A todos que de alguma forma me ajudaram chegar até aqui.

RESUMO GERAL

GOMES, Daniela Pinto. **Cultivo orgânico de tomate em vasoponia e ambiente protegido com manejo da irrigação por acionador automático**. 2016. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

O presente trabalho intitulado “Cultivo orgânico de tomate em vasoponia e ambiente protegido com manejo da irrigação por acionador automático” teve por objetivo proporcionar informações que sirvam de recomendação para um novo sistema de cultivo de tomate em vaso e em ambiente protegido, com relação aos insumos água e fertilizante, visando uma produção sustentável, baseada principalmente na utilização de materiais residuários como fonte de nutrientes e irrigação automatizada de baixo custo. Os objetivos específicos deste trabalho foram avaliar: (a) o efeito de diferentes doses de cinza e torta de mamona no crescimento e na produtividade da cultura do tomate; e (b) o efeito de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e na produtividade da cultura do tomate. Foram realizados três experimentos no período de 2013 a 2015 utilizando o delineamento experimental em blocos casualizados. Em 2013, avaliou-se o efeito de cinco doses crescentes de cinza e torta de mamona (160 g de cinza e 90 g de torta de mamona por planta; 195 g de cinza e 120 g de torta de mamona por planta; 230 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; 265 g de cinza e 160 g de torta de mamona por planta; e 300 g de cinza e 180 g de torta de mamona por planta) na produtividade da cultura do tomate. Em 2014, em esquema fatorial (3 x 2), avaliou-se o efeito de três doses de cinza (40, 80 e 120 g por planta) e duas doses de torta de mamona (140 e 280 g por planta) no crescimento e na produtividade da cultura do tomate. Em 2015 avaliou-se o efeito de quatro lâminas de irrigação (135, 165, 191 e 213 mm) no crescimento e na produtividade da cultura do tomate. Os resultados obtidos em 2013 mostraram que as doses de cinza e torta de mamona não influenciaram significativamente a produtividade comercial do tomateiro (1,24 a 1,59 kg por planta (24,8 a 31,8 t ha⁻¹)). Em 2014 a maioria das variáveis de crescimento avaliadas foram influenciadas positivamente pelo aumento das doses de cinza e torta de mamona. A maior produtividade comercial foi obtida com a dose de 280 g de torta de mamona (1,99 kg por planta (39,8 t ha⁻¹)), não sendo influenciada significativamente pelas doses de cinza. Em 2015 a maioria das variáveis de crescimento e a produtividade comercial foram influenciadas negativamente com a diminuição da lâmina de irrigação. A lâmina de 213 mm foi a responsável pela maior produtividade comercial (4,04 kg por planta (80,8 t ha⁻¹)).

Palavras chaves: torta de mamona, cinza de madeira, déficit hídrico, acionador automático para irrigação (AAI) e *Solanum lycopersicum* L..

GENERAL ABSTRACT

GOMES, Daniela Pinto. **Organic cultivation of tomatoes in potponics and greenhouse with irrigation management by controller automatic.** 2016. 141 f. Thesis (Doctorate in Agronomy, Crop Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

This work entitled "Organic farming tomatoes in potponics and greenhouse with irrigation management by controller automatic" aimed to provide information to serve as a recommendation for a new tomato cultivation system potted and greenhouse with respect to inputs water and fertilizer, to ensure a sustainable production, mainly based on the use of residuários materials as a source of nutrients and automatic irrigation low cost. The specific objectives of this study were to assess: (a) the effect of different doses of wood ash and castor bean cake in the growth and productivity of tomato culture; and (b) the effect of different irrigation levels on growth and productivity of the tomato crop. Three experiments were conducted from 2013 to 2015 using a randomized block. In 2013, we evaluated the effect of five crecentes doses of wood ash and castor bean cake (160 g of ash and 90 g of castor bean cake per plant, 195 g of ash and 120 g of castor bean cake per plant, 230 g of ash and 140 g of castor bean cake per plant; 265 g of ash and 160 g of castor bean cake per plant, and 300 g of ash and 180 g of castor bean cake per plant) productivity of tomato cultivation. In 2014, in a factorial scheme (3 x 2), evaluated the effect of three wood ash levels (40, 80 and 120 g per plant) and two castor bean cake doses (140 and 280 g per plant) growth and productivity of the tomato crop. In 2015 we evaluated the effect of four irrigation levels (135, 165, 191 and 213 mm) on the growth and productivity of the tomato crop. The results in 2013 showed that the ash doses tested and castor bean cake did not influence the marketable productivity of tomato (1.24 to 1.59 kg per plant (24.8 to 31.8 t ha⁻¹)). In 2014 most of the growth variables were positively influenced by the increase in wood ash and castor bean cake doses. Most marketable yield was obtained with the dose of 280 g of castor bean cake (1.99 kg per plant (39.8 t ha⁻¹)), not significantly influenced by the ash doses. In 2015 most of the growth variables and marketable productivity were negatively with decreasing water depth. The level of 213 mm was responsible for greater marketable productivity (4.04 kg per plant (80.8 t ha⁻¹)).

Key words: castor bean cake, wood ash, deficit irrigation, automatic device for irrigation (ADI) and *Solanum lycopersicum* L..

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Casa de vegetação.	19
Figura 2. Mudanças de tomate no dia do transplantio (2013).	20
Figura 3. Croqui do experimento de 2013.	21
Figura 4. Croqui do experimento de 2014.	22
Figura 5. Esquema de instalação reservatório-bomba-fluxostato-experimento.	23
Figura 6. Temperaturas máxima, média e mínima no interior da casa de vegetação, nos cultivos de 2013 (a) e 2014 (b).	26
Figura 7. Umidade relativa do ar máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação, nos cultivos de 2013 (a) e 2014 (b).	27
Figura 8. Teor de cálcio para as doses de cinza, aos 126 DAT, no período de cultivo em 2014.	34
Figura 9. Teor de potássio para as doses de cinza, aos 126 DAT, no período de cultivo em 2014.	35
Figura 10. Croqui do experimento de 2014.	45
Figura 11. Croqui do experimento de 2015.	46
Figura 12. Altura das plantas para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAT.	50
Figura 13. Altura das plantas para as diferentes doses de cinza, aos 60 e 75 DAT.	51
Figura 14. Número de folhas para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAT.	52
Figura 15. Número de folhas para as diferentes doses de cinza, aos 45 e 60 DAT.	53
Figura 16. Número de cachos para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.	54
Figura 17. Número de cachos para as diferentes doses de cinza, aos 45 e 60 DAT.	55
Figura 18. Número de flores para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.	56
Figura 19. Número de frutos para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.	58
Figura 20. Número de frutos para as diferentes doses de cinza, aos 75 DAT.	59
Figura 21. Altura das plantas para as lâminas de irrigação, aos 45, 60 e 75 DAT (a) e aos 90, 105 e 111 DAT (b).	62
Figura 22. Número de folhas para as lâminas de irrigação, aos 45 DAT.	63
Figura 23. Número de frutos para as lâminas de irrigação, aos 60 e 75 DAT.	64
Figura 24. Massas fresca (MFF) (a) e seca (MSF) (b) de folha para as lâminas de irrigação, aos 111 DAT.	65
Figura 25. Massas fresca (MFC) (a) e seca (MSC) (a) de caule para as lâminas de irrigação, aos 111 DAT.	66
Figura 26. Croqui do experimento.	75

Figura 27. Monitoramento da tensão da água no solo: disposição do equipamento na área experimental (a); tensiômetros ligados aos transdutores de tensão (b); caixa de proteção do dataloger (c) e dataloger (d).	77
Figura 28. Temperatura e umidade relativa do ar máxima, média e mínima no interior da casa de vegetação.	78
Figura 29. Tensão da água no interior da mangueira que liga o pressostato a cápsula porosa, do aai (a) e no solo nos dois vasos onde estavam instalados os dois aai (lâmina de 213 mm).	80
Figura 30. Tensão da água no solo, para a cultura do tomateiro, para as lâminas de 213 (a), 191 (b), 165 (c) e 135 (d) mm.	82
Figura 31. Massas de fruto total (MFT) (a), comercial (MFC) (a) e com podridão apical (MFPA) (b) para as lâminas de irrigação.	84
Figura 32. Diâmetro do fruto total (DFT) para as lâminas de irrigação.	85
Figura 33. Números de frutos total (NFT) (a), comercial (NFC) (a) e com podridão apical (NFPA) (c) para as lâminas de irrigação.	86
Figura 34. Eficiência do uso da água para as diferentes lâminas de irrigação.	88

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Massas de fruto total (MFT) e comercial (MFC), diâmetros de fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT) e comercial (NFC) para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2013	29
Tabela 2. Massas de fruto total (MFT) e comercial (MFC), diâmetros do fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT) e comercial (NFC) para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2014	29
Tabela 3. Eficiência do uso da água para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2013	31
Tabela 4. Eficiência do uso da água para para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2014	31
Tabela 5. Ph e nutrientes no solo para as doses de cinza e torta de mamona, aos 121 DAT, no período de cultivo em 2013	32
Tabela 6. Ph e nutrientes no solo para as doses de cinza e torta de mamona, aos 126 DAT, no período de cultivo em 2014	33
Tabela 7. Macronutrientes nas folhas para as doses de cinza e torta de mamona, os 121 DAT, no período de cultivo em 2013	35
Tabela 8. Macronutrientes nas folhas para as doses de cinza e de torta de mamona, os 126 DAT, no período de cultivo em 2014	36
Tabela 9. Micronutrientes nas folhas para as doses de cinza e torta de mamona, os 121 DAT, no período de cultivo em 2013	36
Tabela 10. Micronutrientes nas folhas de tomate, para as doses de cinza e torta de mamona, os 126 DAT, no período de cultivo em 2014	37
Tabela 11. Teor de sólidos solúveis para as doses de cinza e torta de mamona, no período de cultivo em 2014	37
Tabela 12. Massas fresca de folha (MFF), fresca de caule (MFC), fresca de raiz (MFR), seca de folha (MSF), seca de caule (MSC) e seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR) para as doses de cinza e torta de mamona, aos 120 DAT	60
Tabela 13. Teor de sólidos solúveis para as diferentes lâminas de irrigação	88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Agricultura orgânica	4
2.2. A cultura do tomateiro	4
2.3. Exigências nutricionais do tomateiro	6
2.4. O uso de materiais residuários como fonte de nutrientes	7
2.5. Exigências hídricas do tomateiro	8
2.6. Efeitos do déficit hídrico na cultura do tomateiro	8
2.7. Irrigação por gotejamento automatizada	10
2.8. Cultivo protegido de tomate	12
CAPÍTULO I	14
EFEITO DA ADUBAÇÃO COM CINZA E TORTA DE MAMONA NA CULTURA DO TOMATEIRO, COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA EM AMBIENTE PROTEGIDO	14
RESUMO	15
ABSTRACT	16
3 INTRODUÇÃO	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Caracterização da área experimental	19
4.2. Cultivo do tomate	19
4.3. Delineamento experimental	20
4.4. Sistema de irrigação e manejo da água de irrigação	23
4.5. Variáveis de produção avaliadas	24
4.6. Eficiência no uso da água (EUA)	24
4.7. pH e nutrientes no solo	24
4.8. Nutrientes na folha	24
4.9. Teor de sólidos solúveis	25
4.10. Dados climáticos no interior da casa de vegetação	25
4.11. Análises estatísticas	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.1. Dados climáticos no interior da casa de vegetação	26
5.2. Lâminas aplicadas na irrigação	28
5.3. Produtividade do tomate	28
5.4. Eficiência do uso da água (EUA)	31
5.5. pH e nutrientes no solo	32
5.6. Nutrientes na folha	35
5.7. Teor de sólidos solúveis	37
6 CONCLUSÃO	38
CAPÍTULO II	39

CRESCIMENTO DO TOMATEIRO SOB ADUBAÇÃO COM CINZA E TORTA DE MAMONA E SOB DÉFICIT HÍDRICO, COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA EM AMBIENTE PROTEGIDO	39
RESUMO	40
ABSTRACT	41
7 INTRODUÇÃO	42
8 MATERIAL E MÉTODOS	44
8.1. Caracterização da área experimental	44
8.2. Cultivo do tomate	44
8.3. Delineamento experimental	45
8.4. Sistema de irrigação e manejo da água de irrigação	46
8.5. Variáveis de crescimento avaliadas	47
8.6. Variáveis de biomassa final avaliadas	48
8.7. Análises estatísticas	48
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
9.1. Análise de crescimento em 2014	49
9.2. Biomassa final em 2014	59
9.3. Análise de crescimento não destrutiva em 2015	61
9.4. Biomassa final em 2015	64
10 CONCLUSÃO	67
CAPÍTULO III	68
EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NO TOMATEIRO, COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA EM AMBIENTE PROTEGIDO	68
RESUMO	69
ABSTRACT	70
11 INTRODUÇÃO	71
12 MATERIAL E MÉTODOS	73
12.1. Caracterização da área experimental	73
12.2. Cultivo do tomate	73
12.3. Delineamento experimental	74
12.4. Variáveis de produção avaliadas	76
12.5. Eficiência no uso da água (EUA)	76
12.6. Teor de sólidos solúveis	76
12.7. Monitoramento da tensão da água no interior da mangueira do acionador automático para irrigação e no solo	76
12.8. Dados climáticos no interior da casa de vegetação	77
12.9. Análises estatísticas	77
13 RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
13.1. Dados climáticos no interior da casa de vegetação	78
13.2. Lâminas aplicadas na irrigação	78
13.3. Monitoramento da tensão da água no interior da mangueira do acionador automático para irrigação e no solo	79

13.4. Produtividade do tomate	83
13.5. Eficiência do uso da água (EUA)	87
13.6. Teor de sólidos solúveis	88
14 CONCLUSÃO	89
15 CONCLUSÃO GERAL	90
16 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	91
17 ANEXOS	109
ANEXO 1. Tabelas de análise de variância do capítulo 1	109
ANEXO 2. Tabelas de análise de variância do capítulo 2	117
ANEXO 3. Tabelas de análise de variância do capítulo 3	132

1 INTRODUÇÃO GERAL

Vários estudos de comparação de sistemas de produção convencional e orgânico têm sido realizados e sugerem que a produção orgânica é ambientalmente mais adequada, devido ao seu menor consumo de energias fósseis e emissão de gases de efeito estufa (OLESEN et al., 2006; KALTSAS et al., 2007; LIU et al., 2010). A agricultura orgânica vem ganhando cada vez mais reconhecimento social, político e científico em todo o mundo por estar fundamentada na aplicação de estratégias agroecológicas, mediante o uso de insumos locais, aumentando o valor agregado e propiciando uma cadeia de comercialização mais justa (MELO et al., 2009). Além disso, para a população, os produtos orgânicos têm sido apresentados como uma escolha mais saudável e segura, uma vez que não apresentam resíduos químicos (HE et al., 2016).

A área plantada de produtos orgânicos no Brasil é de cerca de 750 mil hectares, contando com mais de 10 mil produtores e aproximadamente 13 mil unidades de produção (BRASIL, 2015). O tomate é a segunda hortaliça mais cultivada no mundo (SCHALLENBERGER et al., 2011). Por ser um produto muito consumido *in natura* e pela preocupação com a saúde dos consumidores devido à possibilidade de apresentarem resíduos de agrotóxicos, a procura pelo tomate orgânico vem aumentando (NASCIMENTO et al., 2013). Os consumidores de tomates orgânicos aceitam frutos com formatos e cores, não reconhecidos no mercado convencional, e estão dispostos a pagar mais por eles (LUZ et al., 2007). Segundo Melo et al. (2009) o tomate orgânico é uma excelente oportunidade de negócio e um grande desafio para os produtores.

O uso eficiente de água e fertilizantes é muito crítico para a produção agrícola sustentável (PAZ et al., 2000; CASARIN & STIPP, 2013). Um novo sistema de cultivo orgânico em vasos que utilize materiais residuários como fonte de nutrientes, denominado vasoponia orgânica, associado a um manejo adequado da irrigação realizado por um acionador automático de baixo custo, pode viabilizar a produção de alimentos sem riscos à saúde humana, impactando em menor grau o meio ambiente. A vasoponia visa aplicar água e nutrientes de forma independente, ao contrário da hidroponia e de sistemas fertirrigados, nos quais é necessário, respectivamente, descartar parte da solução nutriente e aplicar lâmina de lixiviação a fim de evitar desbalanço de nutrientes ou salinização do substrato (CHOI et al., 2015).

Apesar de muitos trabalhos apresentarem diferentes tipos de materiais residuários como fonte de nutriente às plantas, o uso da torta de mamona e da cinza de madeira na cultura do tomateiro ainda é incipiente. A cinza de madeira é um resíduo proveniente da queima da madeira que, dependendo de sua origem, pode apresentar elevados teores de K, P, Ca e Mg, e pode ser utilizada como fonte de nutrientes, dependendo do balanço de nutrientes apresentado pelo solo e das exigências nutricionais da cultura (NKANA et al., 1998; ZHANG et al., 2002). A utilização desse material em plantios agrícolas se apresenta como uma importante oportunidade de restituição de parte dos nutrientes removidos pelas culturas (PIVA et al., 2013). A reciclagem das cinzas reduz a necessidade do uso de fertilizantes de alta solubilidade, contribuindo com a redução da acidificação do solo e com o aumento do suprimento de cálcio (ZIMMERMANN & FREY, 2002; SOFIATTI et al., 2007).

A torta de mamona é um subproduto do processo de produção do biodiesel. Para cada tonelada de biodiesel produzida, a partir do óleo da mamona, é gerado 1,1 toneladas de torta de mamona (SANTOS et al., 2015b). Com a alta demanda por biocombustíveis, especialmente o biodiesel, tem havido um aumento da quantidade gerada deste subproduto (MAGRIOTIS et al., 2015). Esse material possui excelentes propriedades químicas para uso na agricultura, como elevado teor de nitrogênio (N) e outros importantes nutrientes, podendo ser utilizado como adubo orgânico (SEVERINO, 2005). Como apresentado por Severino et al. (2005), a torta de mamona possui decomposição rápida e seus nutrientes são rapidamente disponibilizados para as plantas. Os mesmos autores observaram que a torta de mamona, depois de incorporada como adubo orgânico, propicia aumento da atividade microbiana, em comparação ao esterco bovino e o bagaço de cana.

A cultura do tomateiro tem seu desenvolvimento intensamente influenciado pelas condições do conteúdo de água no solo, sendo a deficiência de água um dos fatores mais limitantes para obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade (BERIHUN, 2011). No entanto, o excesso também pode ser prejudicial. A reposição de água ao solo por meio da irrigação, na quantidade e no momento oportuno, é decisiva para se obter sucesso no cultivo (MAROUELLI et al., 2002).

A literatura atual apresenta inúmeros trabalhos abordando o efeito da água na produtividade e na qualidade dos frutos de tomate, sendo a maioria deles relacionada ao estudo do déficit hídrico (BERIHUN, 2011; MUKHERJEE et al., 2010; CANTORE et al., 2016). A maioria dos trabalhos aponta que a adoção do déficit hídrico na cultura do tomateiro diminui a produtividade e quanto a qualidade dos frutos apresenta uma resposta inversa ao da produtividade, ou seja, o déficit hídrico tem elevado de maneira geral a qualidade de frutos de tomate (MUKHERJEE et al., 2010). O interesse por esse assunto na pesquisa atual reside na escassez de água e na crescente competição por recursos hídricos entre a agricultura e outros setores, obrigando a adoção de estratégias eficientes de manejo da água de irrigação, o que pode permitir uma economia de água e ainda manter os níveis satisfatórios de produção (COSTA et al., 2007).

A irrigação é um dos processos mais complexos que são executadas pelo agricultor devido à multiplicidade de fatores que estão envolvidos no manejo da água de irrigação (ESCARABAJAL-HENAREJOS et al., 2015). A utilização de um sistema de automação da irrigação, que realize um manejo adequado da água de irrigação e que possa ser regulado para implementar o déficit hídrico aos cultivos, pode auxiliar o produtor rural na realização do manejo adequado da irrigação. Além disso, essa tecnologia diminui a mão de obra empregada tanto no manejo da irrigação quanto no acionamento e desligamento do sistema de irrigação. Porém, a maioria dos sistemas de automação para irrigação são de alto custo e de difícil instalação. O dispositivo denominado acionador automático para irrigação (BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2014; GOMES et al., 2014; MEDICI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014, SANTOS et al.; 2015a) controla o acionamento, a duração e a paralisação da irrigação automaticamente, com base na tensão da água no solo (MEDICI et al., 2010). Este dispositivo é confeccionado com peças largamente produzidas na indústria, o que faz com que este dispositivo seja considerado de baixo custo em relação aos demais controladores disponíveis no mercado (GONÇALVES et al., 2014).

O presente trabalho tem por objetivo proporcionar informações que sirvam de recomendação para um novo sistema de cultivo de tomate em vaso e em ambiente protegido, com relação aos insumos água e fertilizante, visando uma produção sustentável, baseada principalmente na utilização de materiais residuários como fonte de nutrientes e irrigação automática de baixo custo.

Os objetivos específicos deste trabalho foram avaliar: (a) o efeito de diferentes doses de cinza e torta de mamona no crescimento e na produtividade da cultura do tomate; e (b) o efeito de diferentes lâminas de irrigação no crescimento e na produtividade da cultura do tomate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Agricultura orgânica

A agricultura orgânica é definida como um sistema de produção de alimentos de origem vegetal e animal que busca a promoção da agrobiodiversidade e dos ciclos biológicos, visando à sustentabilidade social, ambiental e econômica da unidade de produção no tempo e no espaço (NEVES et al., 2005). Considerada uma alternativa para se produzir alimentos de qualidade e diminuir o impacto que a produção destes acarreta ao meio ambiente (TOLEDO et al., 2011), este sistema de produção de alimentos é baseado na conservação dos recursos naturais e na substituição da utilização de insumos convencionais como os fertilizantes sintéticos de alta solubilidade, agrotóxicos, antibióticos e hormônios por insumos orgânicos ou biológicos (ARBOS et al., 2010; FLIEßBACH et al., 2007).

Esse sistema de produção tem por objetivo manter a longo prazo a sustentabilidade do agroecossistema como um todo, melhorar a qualidade do solo, minimizando o uso de água e de energia, conservar a biodiversidade, garantindo produtos alimentares seguros e de qualidade para os consumidores (GOMIERO et al., 2008).

Para Bettiol et al. (2002) o sistema de produção orgânico tem que satisfazer a necessidade de reduzir o impacto ambiental causado pela agricultura intensiva, mas também deve ser economicamente competitivo. Este sistema de produção é utilizado, especialmente, por agricultores familiares, por sua adequação às características das pequenas propriedades com gestão familiar, pela diversidade de produtos cultivados em uma mesma área, pela menor dependência de recursos externos, com maior absorção de mão de obra familiar e menor necessidade de capital (SEDIYAMA et al., 2014).

O mercado de produtos orgânicos é impulsionado pela demanda de consumidores preocupados com qualidade, saúde, questões ambientais e preservação (TAVELLA et al., 2010). A área plantada de produtos orgânicos no Brasil é de cerca de 750 mil hectares, contando com mais de 10 mil produtores e aproximadamente 13 mil unidades de produção (BRASIL, 2015). Entre os fatores que dificultam a produção do tomate orgânico e a expansão deste comércio estão a falta de cultivares desenvolvidas especificamente para o sistema orgânico (RONGA et al., 2015), a diferença entre a vida de prateleira do tomate orgânico e do convencional (FERREIRA, et al., 2005) e a suscetibilidade da cultura à pragas e doenças (SOUZA, 2003).

O rendimento do tomate orgânico é menor quando comparado com o tomate convencional (LUZ et al., 2007). De acordo com Ferreira et al. (2005), o tomate cultivado organicamente tende a apresentar maior taxa de pequenos frutos em comparação com o sistema convencional. Porém, apresenta um custo 17,1% menor e uma rentabilidade 113,6% maior (LUZ et al., 2007).

2.2. A cultura do tomateiro

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é originário da região andina que abrange parte do Chile, Colômbia, Equador, Bolívia e Peru. Embora as formas ancestrais de tomate sejam originárias dessa área, sua ampla domesticação se deu no México, chamado de centro de

origem secundário (FILGUEIRA, 2008). Pertence à família Solanaceae, juntamente com muitas plantas de importância econômica, incluindo as batatas, as berinjelas, as petúnias, o tabaco e as pimentas. O gênero *Solanum*, o qual o tomate pertence é o maior gênero da família Solanaceae, abrangendo 1250-1700 espécies e provavelmente é o mais importante economicamente (WEESE & BOHS, 2007).

Atualmente, esta hortaliça tem sido comercializada não somente *in natura*, mas também processada como pasta, sopa, suco, molho, em pó e concentrado. É considerada uma das hortaliças mais consumidas no mundo, depois da batata (BERGOUIGNOUX et al., 2013). Os tomates e seus derivados são ricos em compostos relacionados à saúde alimentar. Eles são boas fontes de carotenóides (em particular, licopeno), ácido ascórbico (vitamina C), vitamina E, ácido fólico, flavonóides e potássio (NASCIMENTO et al., 2013). Sendo que os principais antioxidantes do tomate são os carotenóides, o ácido ascórbico e os compostos fenólicos (SOUZA et al., 2008).

O tomateiro é uma solanácea herbácea, de caule flexível, piloso, cuja arquitetura natural lembra uma moita, com abundante ramificação lateral. A arquitetura do tomateiro é caracterizada por dois tipos de hábito de crescimento. O tipo indeterminado ocorre na maioria das cultivares para a produção de frutos para mesa, que são tutoradas e podadas e cujo caule pode ultrapassar dois metros de altura. O hábito determinado é característico das cultivares adaptadas especialmente para a cultura rasteira, cujos frutos destinam-se para a agroindústria e suas hastes atingem cerca de um metro de altura (FILGUEIRA, 2008).

Com a produção mundial alcançando quase 160 milhões de toneladas e uma área colhida de, aproximadamente, 5 milhões de hectares, em 2011, o tomate é o sétimo produto agrícola mais importante mundialmente após o milho, o arroz, o trigo, a batata, a soja e a mandioca. O mercado mundial de tomate, hoje é dominado pela China (30%), seguido em ordem decrescente pela Índia (11%), Estados Unidos (8%), Turquia (7%), Egito (5%), Irã (5%), Itália (4%), Brasil (3%), Espanha (2%) e Uzbequistão (2%) (CARDOSO et al., 2010; AGRIANUAL, 2014).

A produção brasileira de tomate, em 2013, atingiu o valor de 3.801.324 toneladas e uma área colhida de 57.196 hectares (AGRIANUAL, 2014). No Brasil, o tomateiro é amplamente cultivado, praticamente em todos os estados, mas sua produção se destaca nas regiões sudeste e centro-oeste que são responsáveis por 40 e 34 % da produção brasileira e por 39 e 28 % da área colhida, respectivamente (AGRIANUAL, 2014). O volume comercializado de tomate no CEAGESP-SP foi de 172.724 toneladas, a um preço médio de R\$ 3,22 reais o quilo (AGRIANUAL, 2014). O estado do Rio de Janeiro contribuiu com uma produção de 180.105 (3%) toneladas, com uma área colhida de 2.359 (4%) hectares (AGRIANUAL, 2014).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura é o que mais afeta a cultura do tomateiro. Segundo Filgueira (2008), a temperatura ótima para a produção de tomate varia entre 21-28 °C durante o dia e 15-20 °C durante a noite e, temperaturas diurnas e noturnas mais elevadas prejudicam a frutificação e fixação dos frutos. Quando a temperatura se afasta do ótimo, ocorre estresse nas plantas, havendo menor liberação e germinação do grão de pólen, menor fixação dos frutos e ocorrência de frutos pequenos e com poucas sementes (FONTES & SILVA, 2005).

A cultivar Dominador é um híbrido F1 do tipo longa-vida estrutural de tomate para mesa do grupo salada ou caqui. A planta possui hábito de crescimento indeterminado, alto vigor e bom enfolhamento até o ponteiro. O ciclo total da planta é de 100-120 dias, contados a partir do transplante. Os frutos são pluriloculares, com quatro ou mais lócus. Apresentam formato globular achatado, com diâmetro transversal (6 a 9 cm) maior que o diâmetro longitudinal. Os frutos são graúdos, com peso médio de 220 g, com coloração vermelha. Por apresentar excelente coloração e formato, alto grau de firmeza e um bom padrão durante todo ciclo, tem sido muito bem aceito pelo mercado consumidor. Além disso permite alta produção em regiões infestadas com geminivirus e apresenta boa resistência a doenças bacterianas (AGRISTAR, 2015, 2016).

2.3. Exigências nutricionais do tomateiro

Nos últimos anos, o interesse em práticas agrícolas sustentáveis tem crescido com o objetivo de reduzir os custos de produção e potenciais impactos ambientais dos agrotóxicos e fertilizantes minerais (GILBERT et al., 2009). Um adequado conhecimento das exigências nutricionais do tomateiro em cada estágio de crescimento é de extrema importância para o manejo da adubação durante o ciclo da cultura (CARVALHO et al., 2004). Fontes & Guimarães (1999), destacam que estudos para estabelecer critérios técnicos para manejo da adubação na produção comercial do tomateiro são precários no Brasil, e que variáveis como doses econômicas e formas de aplicação são fundamentais para um ganho em produção e qualidade de frutos deste cultivo.

Um dos primeiros trabalhos sobre a marcha de absorção dos nutrientes para a cultura do tomateiro foi realizado por Gargantini & Blanco (1963), utilizando a cultivar Santa Cruz-1639, conduzida em ambiente protegido e em vaso. Este estudo mostrou que o nutriente absorvido em maior quantidade pelo tomateiro é o K, seguido pelo N, Ca, S, P e Mg, e que as taxas de absorção de N, K, Mg e S alcançaram valores máximos no período de 100 a 120 dias após a germinação, enquanto que o Ca e o P foram absorvidos durante todo o ciclo da cultura.

Do ponto de vista nutricional a utilização de doses equilibradas de N e K durante os estágios de crescimento do tomateiro vêm sendo enfocada a fim de se buscar acréscimos em produção e qualidade de frutos por produtores brasileiros de tomate (ALVARENGA, 2004). Entre os nutrientes fornecidos às plantas, o N é frequentemente considerado como o principal fator limitante responsável pela menor produtividade, especialmente em sistemas de cultivo orgânico (MÖLLER et al., 2008). Pode-se destacar que a deficiência de N afeta o crescimento do tomateiro, reduzindo a formação de folhas, a taxa fotossintética, o número de frutos, assim como a biomassa e a produção (ANDRIOLO, 1999). Por outro lado, excessos na aplicação de N podem resultar no aumento da altura das plantas, na área foliar e no prolongamento do estágio vegetativo da cultura (FONTES & SILVA, 2002).

O K assume extrema importância para a regulação osmótica celular, estando relacionado com a abertura e fechamento estomático, assim como com o transporte de carboidratos (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Carvalho et al. (2004) afirmam que plantas de tomateiro deficientes em K apresentam clorose internerval, folhas com coloração verde mais escura, pecíolos menores e mais rígidos, internódios mais curtos e finos, além de redução da massa fresca unitária e do número e da produção de frutos. Castellane (1982) destaca que a

adubação com K pode aumentar a produção do tomateiro em até 30 % e sua deficiência pode reduzir o peso médio, o tamanho e a concentração de sólidos solúveis totais nos frutos.

2.4. O uso de materiais residuários como fonte de nutrientes

Uma das características mais importantes da agricultura moderna é a utilização de elevadas quantidades de fertilizantes artificiais que têm proporcionado grandes aumentos na produção agrícola (RÜEGG et al., 2007). A intensificação da produção na maioria das vezes está associada com a poluição ambiental (RICE et al., 2001), decorrente principalmente do fato dos agricultores aplicarem maiores quantidades de fertilizantes do que realmente é exigido pelo cultivo (GLENDINING et al., 2009). Neste contexto, tem havido uma preocupação crescente nas últimas décadas em relação ao meio ambiente, e isso tem causado um aumento na demanda por produtos alimentares produzidos com baixo uso de fertilizantes artificiais (DEN HOLLANDER et al., 2007). Além disso, os altos preços dos combustíveis e produtos químicos à base de petróleo estão forçando a comunidade agrícola a buscar novas alternativas para diminuir a utilização de insumos agrícolas artificiais (HILTBRUNNER et al., 2007), como por exemplo, o uso de materiais residuários como fonte de nutrientes.

Os materiais residuários usados como fonte de nutrientes devem apresentar elevado teor de nutrientes e capacidade para disponibilizar esses nutrientes em velocidade compatível com a necessidade da cultura (SANTOS et al., 2012). O uso desses materiais tem se mostrado eficiente em aumentar a biodiversidade, a atividade biológica e a capacidade de mineralização do solo (FLIEBBACH et al., 2007). Segundo Ghorbani et al. (2008) o uso dessas fontes também tem demonstrado diminuir a incidência de doenças e promover tolerância a estresses (KUMAR et al., 2004). Dentre esses materiais a torta de mamona tem sido considerada uma excelente fonte de nitrogênio, além de constituir um condicionante das características físicas e biológicas do solo.

A torta de mamona é um importante subproduto da cadeia produtiva da mamona, sendo produzida durante a extração do óleo de mamona (GOMES, 2007). O conteúdo de macronutrientes desse material é de 4,15, 0,61 e 0,96% de N, P e K, respectivamente, e tem uma relação C/N de aproximadamente 11,60 (ZAPATA et al., 2012). A liberação dos nutrientes por este material não é tão rápida quanto a dos fertilizantes químicos, nem tão lenta quanto a do esterco animal e por isto é muito utilizada na produção de hortaliças em sistemas orgânicos (SEVERINO, 2005). Alguns estudos já demonstraram a rapidez com que a torta de mamona se mineraliza e, conseqüentemente, disponibiliza seus nutrientes. Severino et al. (2005) demonstraram que a velocidade de mineralização da torta de mamona, medida pela respiração microbiana, é cerca de seis vezes mais rápida que a de esterco bovino e quatorze vezes mais rápida que a do bagaço de cana. Propriedades inseticidas e nematicidas também são relatadas como grandes vantagens deste material (MULLER & GOOCH, 1982; MASHELA & NTHANGENI, 2002).

Por outro lado o excesso na aplicação de torta de mamona pode provocar toxicidade às plantas. Severino et al. (2007) observaram que dose superior a 4% (em volume), o que equivale a 24 t ha⁻¹ de torta de mamona incorporada à camada 0-10 cm do solo, pode provocar toxicidade sobre a mamoneira, comprometendo a emergência e o crescimento inicial da planta. Estes autores ainda explicam que o estudo realizado não é suficiente para afirmar que

o problema observado tenha ocorrido devido ao excesso de nitrogênio, mas que há grande possibilidade de que esta seja a principal razão.

A cinza que é um resíduo proveniente da queima da madeira também tem sido utilizada como fonte de nutrientes para as plantas. Dependendo de sua origem pode apresentar elevados teores de K, P, Ca e Mg (OHNO & ERICH, 1990; ETIEGNI et al., 1991) e pode ser utilizada como adubo, dependendo do balanço nutricional existente no sistema solo planta representado pelos teores de nutrientes disponíveis no solo e pelas exigências da cultura para atingir certo nível de produtividade (NKANA et al., 1998). A aplicação de cinza de madeira, em plantios agrícolas, é uma das formas de reposição dos nutrientes exportados do solo pelas colheitas. A utilização de cinza de madeira reduz a necessidade do uso de fertilizantes químicos, contribuindo para a redução da acidificação do solo e aumento do suprimento de cálcio (ZIMMERMANN & FREY, 2002). Porém a literatura apresenta alguns casos em que a partir de uma determinada dosagem a cinza pode ser prejudicial às culturas (NABEELA et al., 2015). Isso se deve ao fato dos efeitos adversos da cinza de madeira em doses mais elevadas como uma alteração no pH e ao aumento da concentração de elementos tóxicos nas plantas (OHNO & ERICH, 1990; DEMEYER, 2001).

2.5. Exigências hídricas do tomateiro

O tomateiro necessita de um aporte adequado de água no solo em todas as fases de seu desenvolvimento, podendo atingir, para a cultura produzida no campo, com 90 a 120 dias, uma lâmina de 400 a 600 mm (DOORENBOS & KASSAN, 1994). As condições de umidade podem influenciar o número de flores por planta, a porcentagem de pegamento dos frutos e o tamanho dos frutos, conseqüentemente afetando a produtividade. As variações do conteúdo de água no solo podem acarretar queda de flores e desbalanceamento de cálcio, causando a podridão apical, e na maturação, podem causar rachaduras nos frutos, reduzindo a produção comercial (FILGUEIRA, 2008). Também outros distúrbios fisiológicos têm sido atribuídos a irrigações inadequadas, como a presença de frutos ocos, a murcha por asfixia e o enrolamento fisiológico dos folíolos (LOPES, 2006). Com relação aos estádios fenológicos da cultura, os que apresentam maior sensibilidade à deficiência de água no solo são o início da frutificação e o início do desenvolvimento dos frutos (BONET et al., 1981).

A cultura do tomateiro é capaz de produzir em torno de 200 t ha⁻¹ de frutos, em cultivo tutorado, e pouco mais de 100 t ha⁻¹, em cultivo rasteiro, mas com elevada exigência de água (FILGUEIRA, 2008). A irrigação influencia tanto a produtividade como a qualidade dos frutos e uma das características que destaca o tomate entre as outras hortaliças é sua alta eficiência no uso de água, em média, 11 kg m⁻³ (DOORENBOS & KASSAM, 1994). Em extensas áreas a fim de se obter boa produtividade, a disponibilidade hídrica adequada para a cultura de tomate deve ser mantida durante todo o ciclo (FILGUEIRA, 2008). Por isso, costuma-se classificar o tomateiro como uma planta muito sensível ao estresse hídrico (BOYER, 1978).

2.6. Efeitos do déficit hídrico na cultura do tomateiro

A literatura atual apresenta muitos trabalhos abordando o efeito da água na produtividade e na qualidade dos frutos de tomate, sendo a maioria deles relacionada ao estudo do déficit hídrico. O interesse por esse assunto na pesquisa atual reside na escassez de

água e na crescente competição por recursos hídricos entre a agricultura e outros setores, obrigando a adoção de estratégias de manejo da água de irrigação, o que pode permitir uma economia de água e ainda manter os níveis satisfatórios de produção (COSTA et al., 2007).

O entendimento das respostas das plantas ao déficit hídrico é de fundamental importância. O conhecimento da variação do consumo de água da cultura em suas diferentes fases de desenvolvimento pode inferir sobre os aspectos fisiológicos envolvidos no processo, assim como sobre suas consequências (PEIXOTO et al., 2006). Diante disso, muitos autores têm discutido não somente a ocorrência ou não do déficit hídrico durante o período de cultivo, mas também a intensidade em que ocorre e seus efeitos nas diferentes fases de desenvolvimento dos cultivos.

O conhecimento do período de desenvolvimento no qual a cultura tolera o déficit hídrico é de extrema importância para que se evitem grandes perdas em produtividade. Wang et al. (2011) realizaram um estudo detalhado sobre a influência do déficit hídrico durante as fases de muda, florescimento e desenvolvimento do fruto, de maturação e colheita, na produtividade e na qualidade de frutos de tomate para mesa, em duas épocas de cultivo. Em comparação ao cultivo não submetido ao déficit hídrico (irrigação total), a aplicação de 1/3 ou 2/3 da lâmina total de irrigação na fase de muda apresentou ligeira melhoria da qualidade global do fruto e baixa economia de água. A aplicação de 1/3 ou 2/3 da lâmina total de irrigação na fase de maturação e colheita apresentou a melhor qualidade global, mas diminuiu significativamente a produtividade em 40,9 e 23,0 %, respectivamente. Assim, a irrigação com déficit não foi adequada nesta fase, em ambas as épocas de cultivo.

O efeito da ocorrência ou não do déficit hídrico durante o período de desenvolvimento do tomateiro também foi discutida por Patanè & Consetino (2010), que observaram que nos cultivos onde a irrigação foi realizada durante todo o período de desenvolvimento, a produtividade total e comercial foi quase ou maior que duas vezes a obtida nos cultivos em que a irrigação era realizada somente até o aparecimento da primeira frutificação. Os cultivos sofreram com o corte da irrigação, reduzindo severamente a produtividade total para níveis semelhantes ao do cultivo não irrigado.

Dependendo da fase de desenvolvimento da cultura do tomateiro, a produtividade comercial máxima pode ser alcançada com diferentes tensões de água no solo para cada fase de desenvolvimento. Na fase de crescimento vegetativo, Marouelli & Silva (2007) encontraram produtividades comerciais maiores e menores nas tensões de água no solo de 35 e 120 kPa, respectivamente, com uma redução de 18%. Sob as condições experimentais do estudo, a tensão de 35 kPa correspondeu a um intervalo de irrigação de 4 a 5 dias. Na fase de desenvolvimento dos frutos, esta variável foi maximizada à tensão de 12 kPa, o que correspondeu a um intervalo de irrigação de 1 dia. Na fase de maturação a produtividade máxima comercial de frutos foi obtida à tensão de 15 kPa, correspondente a uma frequência diária de irrigação. Nesta fase, a produtividade comercial máxima, o número de frutos por planta e a massa média dos frutos foram reduzidos linearmente com o aumento da tensão da água no solo. Estas reduções podem ser atribuídas a um maior déficit de água no solo. Assim, as fases de desenvolvimento e maturação do fruto foram as que apresentaram maior sensibilidade ao déficit hídrico.

2.7. Irrigação por gotejamento automatizada

O uso da irrigação por gotejamento é essencial para os sistemas de produção agrícolas modernos (LI et al., 2012). A irrigação por gotejamento reduz a evapotranspiração da cultura e a percolação profunda. Na cultura do tomateiro, ela proporciona um aumento no número, no tamanho e no teor de sólidos solúveis dos frutos, devido ao fato de aplicar água diretamente no solo e perto da planta, sem molhar toda a superfície do solo, a folhagem e os frutos. Esse sistema diminui consideravelmente o consumo de água e a incidência das doenças da parte aérea, aumentando a produtividade, a qualidade dos frutos e a eficiência do uso da água e diminuindo o perigo de degradação do solo e a salinidade (YOHANNES & TADESSE, 1998; HANSON & MAY, 2004; MAHAJAN & SINGH, 2006; MAROUELLI et al., 2002).

Embora a irrigação por gotejamento seja bastante utilizada na agricultura, ainda há muitos desafios a enfrentar para se alcançar uma aplicação eficiente desta tecnologia. Os produtores devem tomar decisões com relação à frequência e ao tempo das irrigações. Dependendo do tipo de solo, estágio de desenvolvimento da cultura, e das condições climáticas, um cultivo irrigado por gotejamento bem manejado quanto à aplicação da água, geralmente requer múltiplas aplicações de água diariamente para evitar o estresse hídrico e a redução da produtividade (MILLER et al., 2014).

Uma abordagem mais racional para otimizar o uso da água de irrigação é a associação da automação aos sistemas de irrigação, que tem sido aplicada em quase todos os campos da engenharia com grande sucesso, embora o impacto na agricultura, e em particular na irrigação, ainda seja limitado (ROMERO et al., 2012). Na irrigação automatizada, as medidas das variáveis de solo, planta e atmosfera relacionadas à condição hídrica das plantas podem fornecer as informações sobre o estado hídrico do cultivo para que se possa planejar adequadamente a próxima irrigação.

Em geral, qualquer medição ou estimativa relacionada ao sistema solo-planta-atmosfera pode ser utilizada como um alvo ou como uma variável intermediária na estratégia de controle. As principais abordagens de programação da irrigação são baseadas em um ou em uma combinação dos seguintes itens: medições de água no solo (conteúdo de água no solo ou potenciais da água no solo), cálculos do balanço hídrico do solo (estimativas de evapotranspiração e precipitação) e medidas à base de plantas (estado da água nos tecidos, condutância estomática, sensores de fluxo de seiva, dendrometria, etc.) (JONES, 2004).

Os avanços tecnológicos em sensoriamento de umidade do solo proporcionam aos produtores uma resposta, em tempo real, sobre o efeito do manejo da irrigação sobre o conteúdo real de água no solo. Estas abordagens fornecem uma ferramenta poderosa para melhorar a programação da irrigação e podem melhorar significativamente a eficiência da cultura no uso da água (ZOTARELLI et al., 2009).

Cardenas-Lailhacar et al. (2008, 2010) compararam controladores automáticos comerciais (Acclima, Watermark, Rain Bird e Water Watcher) que acionam a irrigação quando os sensores, que se baseiam no teor de água do solo, detectam que as medições estão abaixo de determinado limiar predefinido até que outro limite predefinido é alcançado. Estes autores concluíram que quando o limite definido é adequado, todos estes sistemas têm

potencial de economizar água, quando comparados ao acionamento manual do sistema de irrigação.

Um novo sistema para avaliar a tensão de água no solo foi desenvolvido e patentado pela Embrapa com a marca registrada Irrigas® (CALBO, 2002; CALBO & SILVA, 2001). O sensor é durável, apresenta custo relativamente baixo, e de fácil instalação e leitura, e, praticamente, não requer manutenção. Embora teoricamente possam ser construídos com qualquer tensão, comercialmente existem sensores com tensão de referência de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa. A leitura é realizada com o auxílio de um pequeno recipiente com água, indicando se a tensão de água no solo encontra-se abaixo ou acima da tensão de referência do sensor.

Baseado no princípio de funcionamento do tensiometro, o acionador automático para irrigação (AAI) é um dispositivo que controla o acionamento, a duração e a paralisação da irrigação automaticamente, com base na tensão da água no solo. Este dispositivo foi inventado pelo Professor Leonardo Oliveira Medici (UFRRJ), que o confeccionou com peças largamente produzidas na indústria, o que faz com que este dispositivo seja considerado de baixo custo em relação aos demais controladores disponíveis no mercado.

Além do baixo custo, uma importante vantagem deste dispositivo é o adequado manejo da água de irrigação realizado por ele. O acionador automático para irrigação tem a capacidade de acionar o sistema de irrigação, no momento em que o solo atinge uma determinada tensão da água no solo para o início da irrigação, e de interromper a irrigação no momento em que a tensão da água no solo correspondente a capacidade de campo do solo é atingida. Outra vantagem trazida por este controlador é a diminuição da mão de obra utilizada no acionamento do sistema de irrigação.

Este dispositivo é formado por uma cápsula cerâmica usada em filtros residenciais de água conectada por um tubo flexível a um pressostato. O sistema é totalmente preenchido com água e, após a montagem, a cápsula é instalada no solo, na profundidade correspondente à profundidade efetiva de exploração do sistema radicular da cultura. Quando há evaporação e transpiração vegetal, o conteúdo de água no perfil se torna mais baixo, ocorrendo à formação de uma tensão dentro da cápsula que é transmitida pelo tubo flexível até o pressostato. Com esta tensão, o diafragma do pressostato aciona um comutador que estabelece o circuito elétrico entre o sistema de irrigação, como uma válvula solenóide, e a fonte de energia elétrica através dos condutores (fio de 4 mm). Com a corrente elétrica estabelecida, a válvula solenóide permite a passagem da água para a tubulação do sistema de irrigação.

A água fornecida ao solo umedece o sistema radicular da planta e entra em contato com a cápsula, fazendo com que a tensão seja aliviada e se estabeleça uma pressão positiva no pressostato, o qual então irá cortar a corrente elétrica da válvula solenóide, interrompendo a irrigação. Desta forma, o próprio potencial da água no solo irá comandar o processo de fornecimento de água às plantas, evitando estresse hídrico ou aplicação excessiva de água.

Este dispositivo tem sido estudado por pesquisadores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e utilizado por pequenos agricultores na produção de espécies olerícolas. Na pesquisa foram encontradas elevadas produtividades das culturas da alface e da cenoura com o controle da água de irrigação realizada pelo acionador automático para irrigação. Gomes et

al. (2014), utilizou o acionador automático para irrigação no cultivo solteiro de alface e cenoura e no cultivo consorciado das duas espécies. Estes autores alcançaram produtividades de cenoura variando de 48,72 a 63,38 t ha⁻¹. Segundo Marouelli et al. (2007), cultivos de cenoura irrigados e manejados adequadamente podem apresentar rendimentos de 50 a 60 t ha⁻¹, enquanto a produtividade média nacional está em torno de 29,0 t ha⁻¹. Assim, acredita-se que o manejo realizado pelo acionador automático proporcionou níveis de conteúdo de água no solo suficientes para que a cultura da cenoura expresse-se todo seu potencial produtivo.

Avaliando o efeito de duas tensões de água no solo na cultura da alface (3,0 e 9,0 kPa), utilizando o acionador automático para irrigação, Batista et al. (2013) encontraram como resultado que o peso fresco e o peso seco das cabeças de alface foram maiores (301,8 e 10,9 g pl⁻¹, respectivamente) com o controlador operando a 9,0 kPa. Esses resultados indicam que o dispositivo pode ser utilizado em campo e pode ser ajustado a 9,0 kPa para a produção de alface.

Com o objetivo de comparar o AAI a outras duas técnicas de manejo (sistema Irrigás e tanque classe A) quanto a operacionalidade dos sistemas, lâminas aplicadas e dados de produção, na produção de alface (*Lactuca sativa* L.), Gonçalves et al. (2014) observaram que a produção e as lâminas aplicadas não foram influenciadas pelas técnicas de manejo estudadas, porém quanto a operacionalidade os métodos de manejo da irrigação avaliados apresentaram diferenças acentuadas. Com o uso do AAI, a maior exigência ocorreu na fase de montagem e instalação do equipamento, mas durante a condução do cultivo a exigência de mão de obra foi praticamente nula. O tanque Classe exigiu leituras diárias de evaporação do tanque, assim como a manutenção do mesmo, quando necessário. O Irrigás apresentou dificuldades no manejo no que se refere ao ajuste da lâmina, pois exigiu que fossem feitas leituras após cada evento de irrigação a fim de verificar se a mesma foi suficiente ou não para que o sensor indicasse a leitura de solo úmido.

2.8. Cultivo protegido de tomate

O cultivo protegido é um grande avanço na tecnologia de produção agrícola impulsionado por fatores de qualidade e lucros do sistema de produção (ALDRICH & BARTOK, 1989). Diante da elevada demanda por alimentos e da diminuição da disponibilidade de terras agricultáveis, o cultivo protegido é a melhor alternativa para o uso da terra e outros recursos de forma mais eficiente (HASHIMOTO, 2000). As casas de vegetação são estruturas cobertas com material transparente ou translúcido, grandes o suficiente para comportar o cultivo e podem ter suas condições ambientais parcialmente ou totalmente controladas, para se obter a máxima produtividade e qualidades dos produtos (MAHAJAN & SINGH, 2006). Com essa tecnologia é possível a obtenção de produção ao longo do ano, o que não é possível em campo aberto em virtude das fortes chuvas e ventos, especialmente em regiões tropicais (VON ZABELTITZ, 1999).

A cultura do tomate em campo aberto está mais suscetível às intempéries climáticas, doenças e pragas quando comparada com o cultivo protegido, e isso pode afetar negativamente a produção e a qualidade dos frutos. Neste sentido, o cultivo protegido pode ser uma alternativa para a produção de tomate, aumentando a segurança do produtor quanto à produção e qualidade dos frutos. Além disso, devido ao ambiente favorável o tamanho do fruto é mais uniforme (MAHAJAN & SINGH, 2006). Porém, segundo Fontes et al. (2004),

devido ao acúmulo de sais e presença de patógenos de solo, o tomateiro é normalmente implantado em áreas novas ou em locais onde procedeu-se à rotação de cultivo com outras espécies, o que é dificultado em ambientes protegidos.

CAPÍTULO I

**EFEITO DA ADUBAÇÃO COM CINZA E TORTA DE MAMONA NA CULTURA DO
TOMATEIRO, COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA EM AMBIENTE
PROTEGIDO**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo proporcionar recomendação de um novo sistema de cultivo de tomate, denominado vasoponia orgânica, baseado na utilização de materiais residuários como fonte de nutrientes e irrigação automática de baixo custo. Foram realizados dois experimentos em blocos casualizados, buscando avaliar o efeito de doses de cinza e torta de mamona na produtividade do tomateiro. Em 2013, foram testadas 5 doses crescentes de cinza (de 160 a 300 g por planta) e torta de mamona (90 a 180 g por planta) e em 2014, em esquema fatorial (3x2), avaliaram-se as doses de cinza (40, 80 e 120 g por planta) e torta de mamona (140 g e 280 g por planta), ambos com 4 repetições. Em 2013, as doses combinadas de adubos não influenciaram significativamente a produção, mas em 2014, a dose de 280 g de torta de mamona foi responsável pela maior produtividade comercial de frutos (1,78 kg por planta - 35,6 t ha⁻¹), independente da dose de cinza. As lâminas aplicadas pelo acionador automático para irrigação (AAI) variaram de 98 a 138 mm (2013) e de 132 a 191 mm (2014), proporcionando eficiência do uso da água de 19,7 a 25,3 (2013) e de 9,4 a 20,4 kg m⁻³ (2014).

Palavras chaves: torta de mamona, cinza de madeira, acionador automático para irrigação (AAI) e *Solanum lycopersicum* L..

ABSTRACT

This study aimed to provide a recommendation for a new tomato cultivation system called organic potponics based on the use of residuários materials as a source of nutrients and automatic irrigation low cost (ADI). Two experiments were conducted in a randomized block design, seeking to evaluate the effect of ash and castor bean cake doses in tomato yield. In 2013, they were tested five increasing doses of ash (160-300 g per plant) and castor bean cake (90 to 180 g per plant) and in 2014, in a factorial scheme (3x2), evaluated the gray levels (40, 80 and 120 g per plant) and castor bean cake (140 g and 280 g per plant), both with 4 repetitions. In 2013, the combined fertilizer doses did not significantly influence the production, but in 2014, the dose of 280 g of castor bean cake was responsible for most marketable fruit yield (1.78 kg per plant - 35.6 t ha⁻¹), not significantly influenced by the ash doses. The levels apply the automatic device for irrigation (ADI) ranged 98-138 mm (2013) and 132-191 mm (2014), providing efficient use of water from 19.7 to 25.3 (2013) and from 9.4 to 20.4 kg m⁻³ (2014).

Key words: castor bean cake, wood ash, automatic device for irrigation (ADI) and *Solanum lycopersicum* L..

3 INTRODUÇÃO

Na agricultura convencional, a utilização contínua e exagerada de insumos externos, como fertilizantes de alta solubilidade, água e agrotóxicos, está minando e poluindo os recursos naturais com um impacto significativo sobre a sustentabilidade ambiental e agrícola (RONGA et al., 2015). O sistema convencional de plantio tem sido bem sucedido no cultivo de plantas, possibilitando a obtenção de altos rendimentos. No entanto, muitas vezes requerem um manejo intensivo para evitar a diminuição da produtividade e da qualidade dos produtos, pela infestação de ervas daninhas, doenças e insetos (ANDERSEN et al., 2015).

Neste cenário, a agricultura orgânica vem ganhando reconhecimento social, político e científico em todo o mundo por estar fundamentada na aplicação de estratégias agroecológicas, mediante o uso de insumos locais, aumentando o valor agregado aos produtos e propiciando uma cadeia de comercialização mais justa (DE LOS RÍOS et al., 2016). Um novo sistema de cultivo orgânico em vasos que utilize materiais residuários como fonte de nutrientes, denominado vasoponia orgânica, associado a um manejo adequado da irrigação realizado por um acionador automático de baixo custo, pode viabilizar a produção de alimentos sem riscos à saúde humana, impactando em menor grau o meio ambiente. A vasoponia visa aplicar água e nutrientes de forma independente, ao contrário da hidroponia e de sistemas fertirrigados, nos quais é necessário, respectivamente, descartar parte da solução nutriente e aplicar lâmina de lixiviação a fim de evitar desbalanço de sais ou salinização do substrato (CHOI et al., 2015).

O uso de materiais resíduoários como fonte de nutrientes na cultura do tomateiro foi realizado por Yang et al. (2015), avaliando o uso de vermicomposto, esterco de galinha e esterco de cavalo sob três níveis de irrigação (50-60; 60-70 e 70-80% da capacidade de campo). O vermicomposto foi responsável pelas maiores produtividades de tomate independentemente do nível de irrigação. Madrid et al. (2009) avaliaram o efeito de resíduos orgânicos e fertilizantes de alta solubilidade (esterco de ovelha, mistura de esterco de ovelha com turfa e NPK - 1:2:1) e de diferentes lâminas de irrigação (3,3 (baixa); 5,0 (alta) e 6,7 (excessiva) mm dia⁻¹), no cultivo de tomate. Os autores observaram que a produtividade foi maior no cultivo adubado com a mistura de esterco de ovelha com turfa, para a lâmina de 6,7 mm dia⁻¹.

Zuba et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes fontes de nutrientes (1) NPK; 2) composto orgânico (CO) + fosfato natural (FN) + pó-de-rocha (PR) (aplicados separadamente); 3) CO (produzido com a adição de FN e PR + adubação verde (AV)); 4) CO (produzido com PR + FN + AV); 5) CO (produzido com FN + PR e AV); 6) FN + PR; e 7) CO + FN + PR + AV) na produtividade do tomateiro. Os autores encontraram uma maior produtividade com o uso dos fertilizantes de alta solubilidade, porém o emprego dos adubos orgânicos reduziu significativamente a incidência de podridão bacteriana e o ataque de pragas no tomateiro em comparação com os fertilizantes de alta solubilidade.

Apesar de muitos trabalhos apresentarem diferentes tipos de materiais residuários como fonte de nutriente às plantas, o uso da torta de mamona e da cinza de madeira na cultura do tomateiro ainda é incipiente. A cinza vegetal é um resíduo proveniente da queima da madeira (NABEELA et al., 2015), e dependendo de sua origem, pode apresentar elevados teores de K, P, Ca e Mg (OBURGER et al., 2016) indicando sua utilização como fertilizante,

quer em estado puro ou em combinação com outros materiais como resíduos orgânicos e produtos de compostagem (KUBA et al., 2008). A aplicação da cinza vegetal em plantios agrícolas apresenta-se como uma importante oportunidade de restituição de parte dos nutrientes removidos pelas culturas (SHARIFI et al., 2013). A reciclagem das cinzas reduz a necessidade do uso de fertilizantes de alta solubilidade, contribuindo com a redução da acidificação do solo e com o aumento do suprimento de cálcio (SOFIATTI et al., 2007), e eventualmente potássio.

A torta de mamona é um subproduto originado a partir da extração do óleo de mamona (MAGRIOTIS et al., 2014) e seu adequado aproveitamento permite o aumento da receita da cadeia produtiva e, conseqüentemente, a sua rentabilidade (LIMA et al., 2008). Por conter 4,15, 0,61 e 0,96% de N, P e K, respectivamente, e ter uma relação C/N de aproximadamente 11,60 (ZAPATA et al., 2012) este material se torna uma importante fonte de nutrientes para as plantas (LIMA et al., 2011), além de apresentar capacidade de disponibilizar os nutrientes em velocidade compatível com a demanda da cultura (SANTOS et al., 2012).

O manejo adequado da água de irrigação que é uma prática que visa fornecer aos cultivos água na quantidade e no momento ideal, de forma que não ocorra perdas na produtividade e na qualidade do produto e nem perdas de água por lixiviação ou escoamento superficial (DAI et al., 2016), deve ser praticado na produção orgânica para que esta cumpra o seu objetivo no que diz respeito a produção de alimentos com um menor impacto ambiental. A reposição de água ao solo por irrigação, na quantidade e no momento oportuno, é decisiva para se obter sucesso no cultivo de plantas (MAROUELLI et al., 2002). Uma abordagem mais racional para otimizar o uso da água de irrigação é a associação da automação aos sistemas de irrigação, que tem sido aplicada em quase todos os campos da engenharia com grande sucesso (ROMERO et al., 2012).

O dispositivo denominado acionador automático para irrigação (AAI) (BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2014; GOMES et al., 2014; MEDICI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014; SANTOS et al., 2015a) controla a aplicação de água automaticamente, com base na tensão da água no solo. Este dispositivo é confeccionado com peças largamente produzidas na indústria (MEDICI et al., 2010), fazendo com que seja de baixo custo em relação aos demais controladores disponíveis no mercado (GONÇALVES et al., 2014). Outra vantagem é a diminuição da mão de obra utilizada no acionamento do sistema de irrigação.

São poucos os estudos realizados com o objetivo de avaliar o efeito interativo da água e materiais residuários utilizados como fonte de nutrientes. Assim, desenvolveu-se este trabalho visando apresentar um novo sistema de cultivo orgânico, denominado vasoponia orgânica, avaliando-se o efeito da cinza e da torta de mamona na produtividade do tomateiro, com a utilização de um acionador automático para irrigação de baixo custo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

Dois experimentos foram conduzidos no setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia pertencente ao Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ, Brasil (latitude 22°48'S; longitude 43°41'W; altitude de 33 m), durante os anos de 2013 e 2014. De acordo com Carvalho et al. (2006), o clima da região é classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, com chuvas no verão, temperaturas elevadas e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5 °C.

Os experimentos com tomate (*Solanum lycopersicon* L.), cultivar Dominador, cultivado em vasos de 8 L, foram realizados em casa de vegetação (estufa de baixo custo/modelo PESAGRO- RIO) que tem sua estrutura construída em madeira serrada, totalmente envolta com sombrite e coberta com plástico agrícola de 100 micra (LEAL et al., 2006). Possui comprimento de 30 m e largura de 8 m, totalizando uma área de 240 m² (Figura 1).



Figura 1. Casa de vegetação

O solo utilizado foi proveniente do horizonte A de um Planossolo, localizado na área do setor de Bovinocultura do Instituto de Zootecnia da UFRRJ. Este solo foi retirado de sua área originária e transportado para um galpão onde foi espalhado, seco ao ar e, posteriormente, peneirado, com o auxílio de uma peneira do tipo ciranda. A análise química deste solo apresentou os seguintes resultados: 2013 - pH (H₂O): 5,5, Al: 0,0 cmol dm⁻³, Ca: 0,9 cmol dm⁻³, Mg: 0,2 cmol dm⁻³, Na: 0,0 cmol dm⁻³, P: 8,0 mg L⁻¹, K: 19,0 mg L⁻¹; e 2014 - pH (H₂O): 5,5, Al: 0,0 cmol dm⁻³, Ca: 1,8 cmol dm⁻³, Mg: 0,5 cmol dm⁻³, Na: 0,1 cmol dm⁻³, P: 18,0 mg L⁻¹, K: 24,0 mg L⁻¹.

4.2. Cultivo do tomate

As mudas de tomate foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, abastecidas com substrato orgânico constituído por vermicomposto como componente básico (83%), 15% de fino de carvão vegetal, e 2% de torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente.

O transplântio das mudas para os vasos foi realizado no dia 03 de julho de 2013 (26 dias após a sementeira (DAS) (Figura 2) e no dia 17 de abril em 2014 (32 DAS). O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente dentro dos vasos e entre os vasos, uma vez por semana. A poda dos ramos laterais foi realizada manualmente, uma vez por semana e se iniciou aos 15 dias após o transplântio (DAT). O tutoramento das plantas de tomate foi iniciado aos 20 DAT. As plantas de tomate foram conduzidas em haste única com fitilho de plástico. No momento em que as plantas apresentaram a formação de três folhas após o 6º cacho foi realizada a capação do tomateiro, que consistiu no corte de sua haste principal.

Aos 20 DAT (2013) e aos 95 DAT (2014) foi iniciado o controle das doenças do tomateiro, com aplicações semanais de calda bordalesa ou calda sulfocálcica. No ano de 2013, nas duas primeiras semanas a calda bordalesa foi aplicada diluída devido ao estágio inicial da cultura e depois desse período foi aplicada de forma usual (PENTEADO, 2004). A colheita dos frutos foi iniciada aos 72 DAT (2013) e aos 78 DAT (2014) e finalizada aos 121 DAT (2013) e aos 126 DAT (2014).



Figura 2. Mudanças de tomate no dia do transplântio (2013)

O número total de vasos foi de 276 (2013) e 240 (2014), com espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Cada parcela experimental foi constituída por 8 plantas (2013) e 10 plantas (2014), dispostas em linha, totalizando uma área de 4 m² (2013) e 5 m² (2014).

4.3. Delineamento experimental

Nos dois anos de cultivo o delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso. Em 2013 foram testados 5 tratamentos, com 4 repetições. Os tratamentos foram caracterizados por diferentes doses combinadas de cinza e torta de mamona: T1 - 160 g de cinza e 90 g de torta de mamona por planta; T2- 195 g de cinza e 120 g de torta de mamona por planta; T3 - 230 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T4 - 265 g de cinza e 160 g de torta de mamona por planta; e T5 - 300 g de cinza e 180 g de torta de mamona por planta. As doses de cinza utilizadas equivalem a, respectivamente, 3,2 t ha⁻¹ (98 kg ha⁻¹ de K); 3,9 t ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de K); 4,6 t ha⁻¹ (140 kg ha⁻¹ de K); 5,3 t ha⁻¹ (162 kg ha⁻¹ de K) e 6,0 t ha⁻¹ (184 kg ha⁻¹ de K), enquanto as doses de torta equivalem a 1,8 t ha⁻¹ (90 kg ha⁻¹ de N); 2,4 t ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de N); 2,8 t ha⁻¹ (140 kg ha⁻¹ de N), 3,2 t ha⁻¹ (160 kg ha⁻¹ de N) e 3,6 t ha⁻¹ (180 kg ha⁻¹ de N), respectivamente. O croqui do experimento é apresentado na Figura 3.

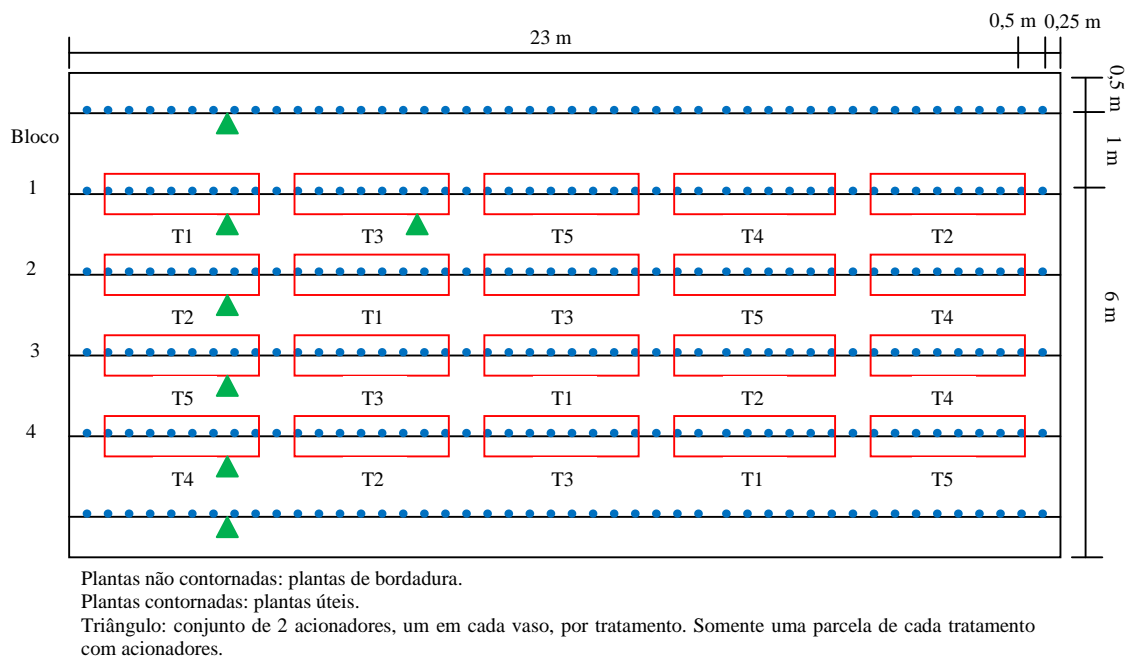


Figura 3. Croqui do experimento de 2013.

A cinza utilizada foi proveniente da queima de madeira de eucalipto e foi obtida no Restaurante Universitário da UFRRJ. A torta de mamona utilizada foi adquirida no mercado e apresentava as seguintes características impressas no rótulo: 5% de N, CTC 150 mol kg^{-1} , e 20% de umidade máxima. Para ambos os materiais, foram retiradas amostras para realização da análise química que apresentou os seguintes resultados: cinza: 2013 - $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$: 11,4, P: 13,6 g kg^{-1} , K: 30,7 g kg^{-1} , Ca: 198,1 g kg^{-1} , e Mg: 27,7 g kg^{-1} ; 2014 - $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$: 10,4; P: 17,0 g kg^{-1} , K: 37,8 g kg^{-1} , Ca: 2,1 cmolc dm^{-3} e Mg: 1,3 cmolc dm^{-3} ; torta de mamona - N: 49,8 g kg^{-1} , P: 4,7 g kg^{-1} , K: 1,7 g kg^{-1} , Ca: 8,5 g kg^{-1} e Mg: 14,5 g kg^{-1} .

Em 2013, as doses de cinza e de torta de mamona foram estabelecidas a partir da dose de 230 g de cinza e 140 g de torta de mamona, que com base na análise de nutrientes da cinza e da torta de mamona corresponde a 7 g de potássio (K) por planta e 7 g de nitrogênio (N) por planta, respectivamente, sendo testadas além dessa dose, duas doses acima e duas doses abaixo. A dose de 7 g de K por planta é a recomendada pelo manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro (PORTZ et al., 2013), para a cultura do tomateiro, em complemento a adubação orgânica. Todas as doses testadas de torta de mamona estão dentro da faixa 1 a 4 t de matéria seca por hectare de torta de oleaginosas (50 a 200 g de matéria seca por planta), recomendada pelo manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro (LEAL et al., 2013).

As doses de adubo foram divididas igualmente em três aplicações. A primeira aplicação foi dividida em duas etapas: a primeira foi realizada aplicando-se a cinza uma semana antes do transplante; e a segunda foi realizada aplicando-se a torta de mamona aos 2 DAT. A cinza foi misturada ao solo com o auxílio de uma betoneira. A torta de mamona foi aplicada de forma localizada em 2 furos de, aproximadamente, 25 mm de diâmetro, feitos em cada vaso na proximidade dos gotejadores. A dose de torta de mamona foi dividida igualmente nos dois furos. A segunda aplicação foi realizada aos 30 DAT com a aplicação dos

dois adubos. Nesta adubação foram feitos quatro furos em cada vaso, diametralmente opostos, e as doses tanto de cinza e torta foram divididas igualmente para 2 furos. A terceira aplicação foi realizada aos 80 DAT. Esta adubação foi realizada de forma semelhante a segunda aplicação.

Com base nos resultados obtidos em 2013, foram testadas em 2014 menores doses de cinza a partir da menor dose utilizada no ano anterior (160 g de cinza), e para torta de mamona foi utilizada a dose referência em 2013 e o seu dobro. Dessa forma, em 2014 foi utilizado um esquema fatorial 3 x 2 (3 doses de cinza e 2 doses de torta de mamona) e 4 repetições. Os tratamentos foram caracterizados por diferentes doses combinadas de cinza e torta de mamona: T1 - 40 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T2 - 80 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T3 - 120 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T4 - 40 g de cinza e 280 g de torta de mamona por planta; T5 - 80 g de cinza e 280 g de torta de mamona por planta; e T6 - 120 g de cinza e 280 g de torta de mamona por planta. Também foi adicionado a todos os tratamentos 50 g de fosfato natural reativo. As doses de cinza utilizadas equivalem a, respectivamente, 0,8 t ha⁻¹ (30 kg ha⁻¹ de K); 1,6 t ha⁻¹ (60 kg ha⁻¹ de K); 2,4 t ha⁻¹ (90 kg ha⁻¹ de K), enquanto as doses de torta equivalem a 2,8 t ha⁻¹ (140 kg ha⁻¹ de N) e 5,6 t ha⁻¹ (280 kg ha⁻¹ de N), respectivamente. O croqui do experimento é apresentado na Figura 4.

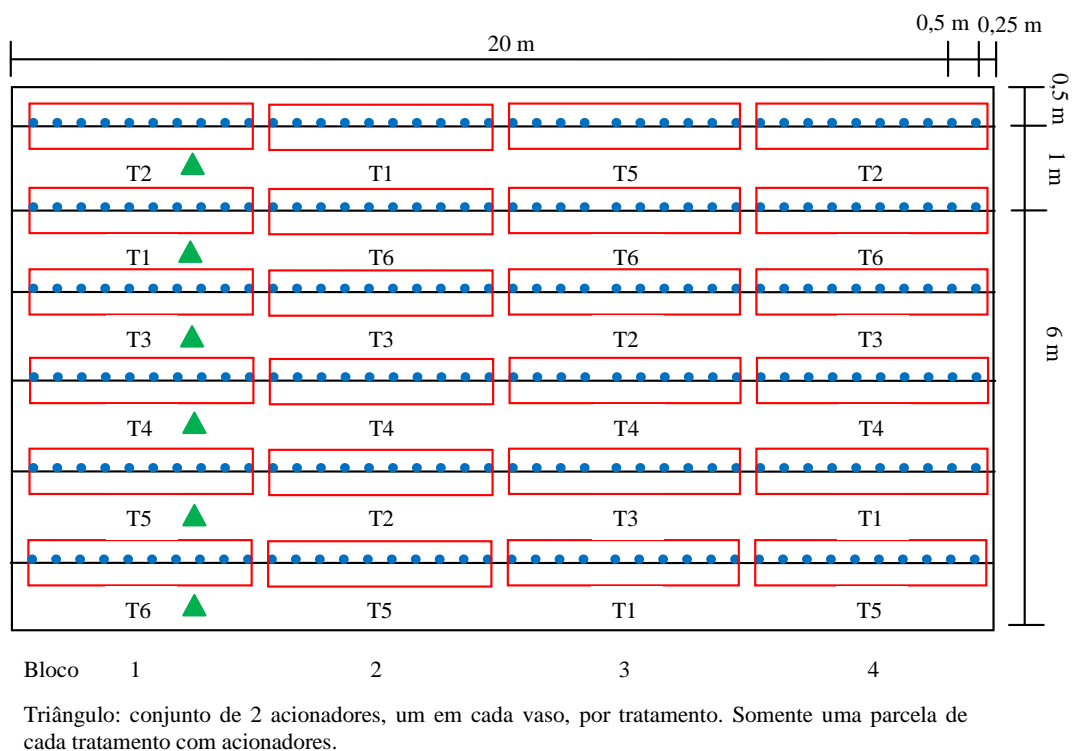


Figura 4. Croqui do experimento de 2014.

As doses de cinza e fosfato natural reativo foram aplicadas de uma única vez no momento da adubação de plantio. As doses de torta de mamona foram divididas igualmente em duas aplicações. A primeira aplicação foi realizada na adubação de plantio e a segunda aplicação foi realizada aos 30 DAT.

4.4. Sistema de irrigação e manejo da água de irrigação

O sistema de irrigação utilizado nos experimentos foi o gotejamento, com dois emissores (SUPERTIF /JOHN DEERE) de $2,2 \text{ L h}^{-1}$ por vaso (planta). Em ambos os experimentos foram utilizadas mangueiras de polietileno de 16 mm de diâmetro. Foram montadas 5 (2013) e 6 (2014) linhas de irrigação, cada uma representando um tratamento.

O abastecimento de água foi realizado por uma bomba de 3/4 CV (DANCOR/CP - 4C), que capta água de um reservatório de 1000 L, instalado em uma estrutura de alvenaria com 1,0 m de altura em relação à superfície do solo. Para o adequado funcionamento do sistema, foi instalado um fluxostato (AGROJET) na saída da bomba, a fim de permitir a passagem de energia elétrica para o acionamento da bomba somente quando houvesse fluxo de água na tubulação. Dessa forma, a água somente era liberada quando o sistema de automação liberava a passagem de água e esse fluxo era detectado pelo fluxostato para que assim houvesse a liberação de energia elétrica para o acionamento da bomba (Figura 5).

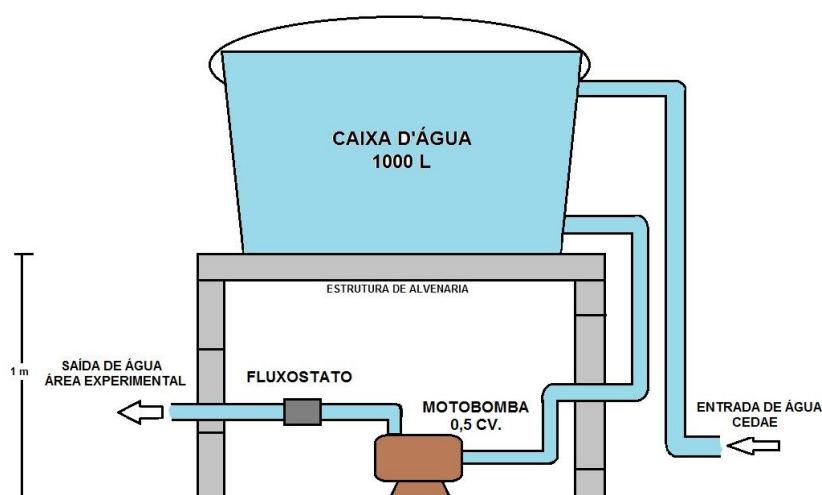


Figura 5. Esquema de instalação reservatório-bomba-fluxostato-experimento

Antes de cada transplântio da cultura foram realizados ensaios em cada parcela experimental para quantificar a uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores e a vazão real dos mesmos, utilizando-se o método proposto por Mantovani et al. (2009). O coeficiente de uniformidade de Christiassen foi de, aproximadamente, 97%, em 2013 e 2014.

O manejo da água de irrigação foi realizado por meio do acionador automático para irrigação (BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2014; GOMES et al., 2014; MEDICI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014; SANTOS et al., 2015a), que conforme regulagem, aciona o sistema de irrigação quando uma determinada tensão da água no solo é atingida. A faixa de tensão da água no solo que este dispositivo aciona a irrigação é de 4 a 13 kPa (MEDICI et al., 2010), e neste experimento, o mesmo foi regulado para aplicar água quando a tensão da água no solo atingisse 4 kPa, dessa forma elevando a umidade do solo a níveis de capacidade de campo. A regulagem desse dispositivo é realizada a partir do desnível entre sua capsula porosa (vela de filtro (STÉFANI)) e o pressostato (EMICOL/EPR05).

Em uma das quatro parcelas (repetições) representantes de cada tratamento, foram instalados dois acionadores (um em cada vaso), totalizando 10 (2013) e 12 (2014) acionadores, fazendo com que cada tratamento fosse irrigado um de cada vez, impossibilitando a irrigação de dois ou mais tratamentos simultaneamente.

A partir dos volumes aplicados (leitura dos hidrômetros), do número de gotejadores e de suas respectivas vazões, foram calculadas as lâminas de irrigação pela razão entre o volume de água e a área molhada do vaso (do 1º aos 30 DAT) ou a área sombreada pela planta (do 31º DAT aos 121 (2013) e 126 DAT (2014)).

4.5. Variáveis de produção avaliadas

As variáveis de produção avaliadas foram as massas de frutos total (MFT) (kg por planta) e comercial (MFC) (kg por planta), os diâmetros de fruto total (DFT) (mm) e comercial (DFC) (mm) e os números de frutos total (NFT) (nº por planta) e comercial (NFC) (nº por planta). Foi considerado como frutos não-comerciais, aqueles que apresentavam diâmetro equatorial menor que 40 mm e/ou defeitos como: podridão, passados, podridão apical, queimados, ocados, lóculo aberto, amarelados, rachados e com danos profundos, conforme indicado pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, (2003).

4.6. Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA) (kg m^{-3}) foi obtida pelo cálculo da massa de fruto comercial (MFC) produzida por lâmina de água aplicada, conforme a equação 1 (LOVELLI et al., 2007):

$$\text{EUA} = \left(\frac{Y}{I} \right) \times 10^{-1} \quad (1)$$

em que:

Y = produtividade comercial da cultura, em kg ha^{-1} ; e

I = lâmina aplicada pela irrigação, em mm.

4.7. pH e nutrientes no solo

Aos 121 DAT (2013) foram coletadas amostras de solo de 8 vasos de cada parcela experimental, que foram homogeneizadas totalizando 6 amostras, uma para cada tratamento. Aos 126 DAT (2014) foram coletadas amostras de solo de 10 vasos de cada parcela, que foram homogeneizadas totalizando 24 amostras, uma para cada parcela. Estas amostras foram destorroadas e secas ao ar, e posteriormente levadas para laboratório para a realização da análise química.

4.8. Nutrientes na folha

Aos 121 (2013) e 126 (2014) DAT foram coletadas amostras de folha de 8 (2013) e 10 (2014) plantas de cada parcela experimental, que juntas totalizaram 24 amostras, uma para

cada parcela. Para as análises foliares foi retirada a quarta folha a partir do ápice da planta (MALAVOLTA, 1992). Essas amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65° C, e posteriormente levadas para laboratório para a realização da análise química.

4.9. Teor de sólidos solúveis

Em 2014, a cada colheita, foram coletados 5 frutos de cada parcela experimental para a determinação do teor de sólidos solúveis. Para a determinação dessa variável foi utilizado um refratômetro digital portátil (ATAGO/PAL-1).

4.10. Dados climáticos no interior da casa de vegetação

Os valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram obtidos a partir de um registrador de umidade (IMPAC/IP-747RH) instalado no interior da casa de vegetação.

4.11. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo pelo teste F, no ano de 2013 foram submetidos ao teste de média Tukey ao nível de significância de 5%, e em 2014 o fator cinza foi submetido à análise de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados climáticos no interior da casa de vegetação

A temperatura é a variável climática que mais afeta a produtividade e a qualidade dos frutos de tomate (SILVA et al., 2011). A Figura 6 apresenta os valores de temperatura do ar, no interior da casa de vegetação, para os períodos de cultivo em 2013 (Figura 6a) e 2014 (Figura 6b). Os valores médios de temperatura máxima, mínima e média foram de, respectivamente, 37,2, 18,1 e 24,7 °C, em 2013 e de, respectivamente, 39,4, 17,7 e 26,0 °C, em 2014. Os valores médios de temperatura máxima estão acima da faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento da cultura do tomateiro, que segundo Filgueira (2008), é de 21-28° C, de dia, e de 15-20° C, de noite. Ainda segundo este autor temperaturas excessivas, diurnas ou noturnas, constituem fator limitante da tomaticultura, prejudicando a frutificação e o pegamento dos frutinhas.

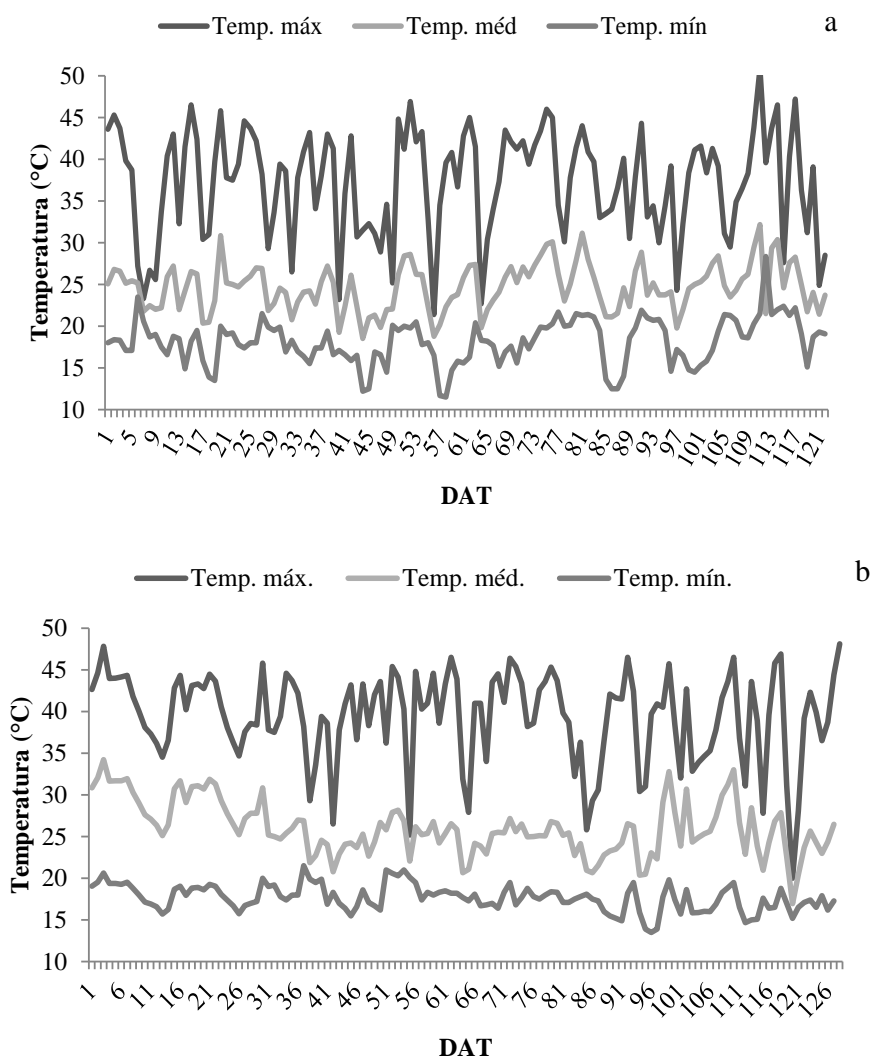


Figura 6. Temperaturas máxima, média e mínima no interior da casa de vegetação, nos cultivos de 2013 (a) e 2014 (b).

Os valores de umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação, para os períodos de cultivo em 2013 e 2014, são apresentados na Figura 7. Os valores médios de umidade relativa do ar máxima, mínima e média foram de, respectivamente, 85,4, 34,2 e 68,0 %, em 2013 (Figura 7a) e de, respectivamente, 90,3, 30,3 e 65,9 %, em 2014 (Figura 7b). Os valores de umidade relativa máxima e mínima do ar não estão dentro da faixa de 50 a 70%, considerada a mais adequada para o cultivo do tomateiro (GUIMARÃES et al., 2007). O efeito da umidade relativa do ar é indireto sobre o desenvolvimento e produção do tomateiro (ALVARENGA, 2004), sendo que altos valores favorecem a ocorrência de doenças no tomateiro (PENTEADO, 2004). Em ambiente protegido, a baixa umidade relativa do ar e a ocorrência de altas temperaturas provocam aumento da taxa de transpiração, fechamento dos estômatos, redução da taxa de polinização, abortamento de flores e, conseqüentemente, menor produção (ALVARENGA, 2004).

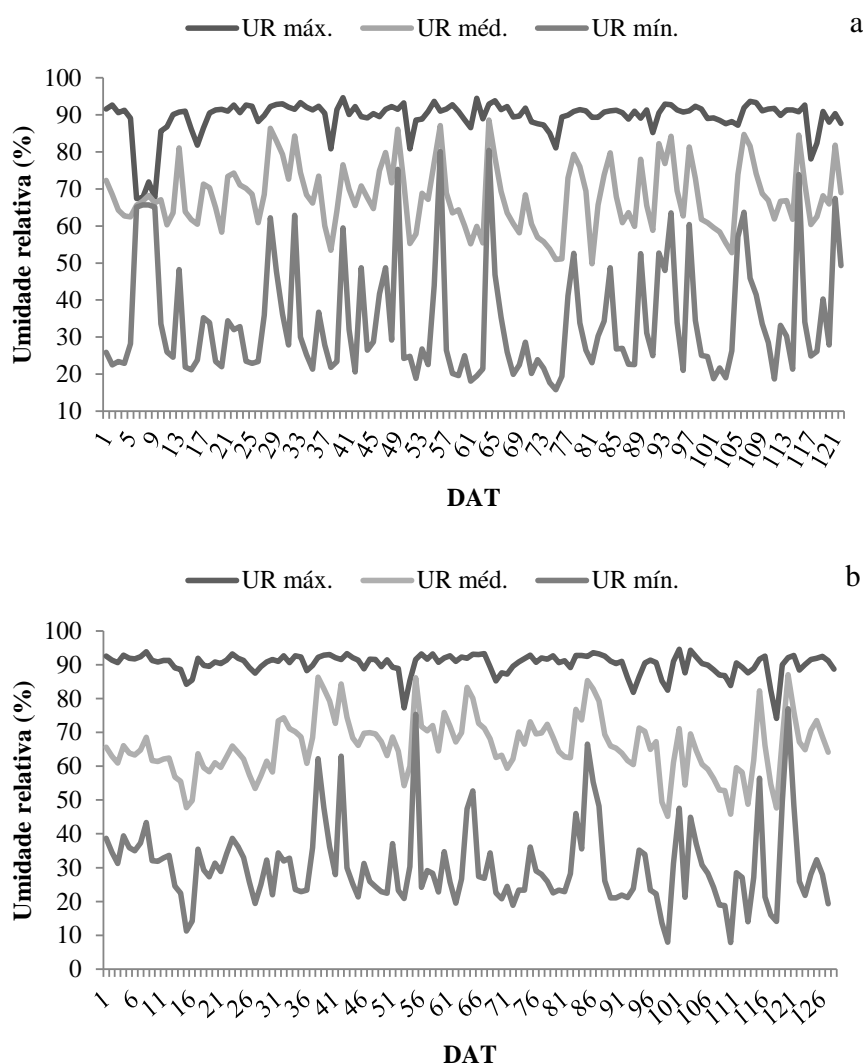


Figura 7. Umidade relativa do ar máxima, mínima e média no interior da casa de vegetação, nos cultivos de 2013 (a) e 2014 (b).

5.2. Lâminas aplicadas na irrigação

Em 2013, as lâminas aplicadas aos tratamentos foram de 98, 134, 144, 145, 138 mm, respectivamente, para as doses de 160 g de cinza e 90 g de torta de mamona, 195 g de cinza e 120 g de torta de mamona, 230 g de cinza e 140 g de torta de mamona, 265 g de cinza e 160 g de torta de mamona e 300 g de cinza e 180 g de torta de mamona.

Em 2014, as lâminas aplicadas aos tratamentos foram de 132, 177, 177, 175, 195, 191 mm, respectivamente, para as doses de 40 g de cinza e 140 g de torta de mamona, 80 g de cinza e 140 g de torta de mamona, 120 g de cinza e 140 g de torta de mamona, 40 g de cinza e 280 g de torta de mamona e 80 g de cinza e 280 g de torta de mamona e 120 g de cinza e 280 g de torta de mamona.

Em ambos os anos os valores de lâminas estão abaixo dos valores reportados por Doorenbos & Kassan (1994), que indicam uma lâmina de água variando de 400 a 600 mm para a cultura do tomate produzida em campo, considerando um ciclo de 90 a 120 dias, mostrando uma economia de água obtida neste trabalho com o cultivo de tomate em vasos. Zheng et al. (2013), submetendo a cultura do tomate a diferentes tensões da água no solo (10, 20, 30, 40, 50 kPa) aplicou lâminas de 315, 290, 254, 273, 101 mm (2009) e de 355, 340, 324, 314, 277 mm (2010) a cultura produzida em solo. Na busca por uma lâmina de irrigação por gotejamento que proporcionasse a maior produtividade de tomate para processamento industrial no estado de Goiás, Koetz et al. (2008) aplicaram uma lâmina mínima de 400 mm a cultura do tomateiro cultivada em solo.

5.3. Produtividade do tomate

As Tabelas 1 e 2 apresentam as variáveis de produção avaliadas nos períodos de cultivo em 2013 e em 2014, respectivamente. As análises de variância para estas variáveis estão apresentadas no anexo 1. Em 2014 não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona em nenhuma das variáveis avaliadas (Anexo 1).

A MFT variou de 1,33 a 1,62 kg por planta (26,6 a 32,4 t ha⁻¹) e de 0,84 a 2,06 kg por planta (16,8 a 41,2 t ha⁻¹), respectivamente, em 2013 e 2014. A MFC variou de 1,24 a 1,59 kg por planta (24,8 a 31,8 t ha⁻¹) e de 0,83 a 1,99 kg por planta (16,6 a 39,8 t ha⁻¹), respectivamente, em 2013 e 2014. Esses valores se encontram abaixo da produtividade para tomate orgânico de 4 kg por planta (80 t ha⁻¹), independente da época de plantio, citada por Luz et al. (2007). Porém, os valores de MFT e MFC encontrados por esta pesquisa estão acima dos encontrados por Toledo et al. (2011), que com o objetivo de avaliar a produção e qualidade de frutos de cultivares de tomateiro, sob manejo orgânico, em Montes Claros-MG, obtiveram valores de 19,70 e 13,85 t ha⁻¹ para produtividade total e comercial, respectivamente, com a cultivar Dominador.

Avaliando a produtividade comercial e a qualidade pós-colheita de frutos de tomate, cultivar Dominador, cultivado no interior e no exterior de uma casa de vegetação e irrigado por sistema de gotejamento superficial e subsuperficial com água tratada e natural de poço, Pacco et al. (2014) encontraram valores de 25,3 a 32,5 t ha⁻¹ e de 25,8 a 39,4 t ha⁻¹, respectivamente, no interior e no exterior da casa de vegetação.

Tabela 1. Massas de fruto total (MFT) e comercial (MFC), diâmetros de fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT) e comercial (NFC) para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2013

Doses		Variáveis de produção					
Cinza	Torta de mamona	MFT	MFC	DFT	DFC	NFT	NFC
	(g)	(kg por planta)		(mm)		(n° por planta)	
160	90	1,33 a	1,24 a	57,5 a	57,2 a	18,4 a	18,2 a
195	120	1,43 a	1,39 a	58,6 a	58,4 a	19,8 a	19,8 a
230	140	1,49 a	1,48 a	59,5 a	59,2 a	19,7 a	19,5 a
265	160	1,62 a	1,59 a	59,4 a	59,2 a	21,3 a	20,9 a
300	180	1,43 a	1,36 a	57,8 a	57,4 a	19,3 a	18,5 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Avaliando o efeito do sombreamento em duas cultivares de tomate (Giovana e Dominador), Otoni et al. (2012) encontraram valores de produtividade comercial de 27,11 t ha⁻¹, para a cultivar Dominador. Esses resultados encontrados na literatura mostram que apesar deste trabalho não ter alcançado a produtividade esperada, ela apresenta valores de produtividade total e comercial condizentes com a literatura.

Tabela 2. Massas de fruto total (MFT) e comercial (MFC), diâmetros do fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT) e comercial (NFC) para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2014

Doses	PFT		DFT		NFT	
	kg por planta		mm		(n° por planta)	
Cinza (g)	Torta de mamona (g)					
	140	280	140	280	140	280
40	1,12 b	1,68 a	51,9 b	55,2 a	16,4 b	21,0 a
80	0,84 b	2,06 a	52,5 b	56,5 a	13,6 b	23,0 a
120	1,10 b	1,93 a	54,0 b	56,1 a	16,7 b	23,6 a
	PFC		DFC		NFC	
40	1,07 b	1,56 a	52,77 b	55,64 a	15,3 b	19,0 a
80	0,83 b	1,99 a	53,03 b	56,77 a	13,2 b	21,8 a
120	1,08 b	1,79 a	54,66 b	57,36 a	15,9 b	21,0 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

No período de cultivo em 2013 as doses de cinza e torta de mamona não influenciaram significativamente a MFT, a MFC, o DFT, o DFC, o NFT e o NFC (Tabela 1). Da mesma forma que no ano de 2013, as doses de cinza não influenciaram significativamente a MFT, a MFC, o DFT, o DFC, o NFT e o NFC em 2014, porém as doses de torta de mamona influenciaram significativamente a MFT, a MFC, o DFT, o DFC, o NFT e o NFC (Tabela 2). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que em 2014 a dose de 280 g de torta de mamona (280 kg ha⁻¹ de N) ser o dobro da dose referência em 2013 (140 g de torta de mamona (140 kg ha⁻¹ de N)).

Esses resultados estão de acordo com os resultados encontrados por Mello & Vitti, (2002) que estudando o efeito de resíduos orgânicos (lodo de cervejaria + cavaco de

eucalipto, composto de lixo e cama de frango) e doses desses resíduos equivalentes a aplicação de 0, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N, na cultura do tomateiro cultivada em ambiente protegido, não diferenças sobre a produtividade comercial (33,9 a 62,3 t ha⁻¹) e sobre o número de frutos por planta (18,7 a 22,2). Assim como no cultivo do ano de 2013, estes autores não obtiveram aumento na produtividade de tomate quando aplicaram doses variando de 0, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N. No ano de 2013 as doses de torta de mamona aplicadas corresponderam a 90, 120, 140, 160, 180 kg ha⁻¹ de N, valores esses que estão abaixo das testadas por Mello & Vitti, (2002), mostrando que as doses testadas no ano de 2013 não foram suficientes para obter ganhos nas variáveis de produção avaliadas.

No ano de 2014 testando juntamente com a dose de 140 g de torta de mamona, a dose de 280 g de torta de mamona foi a responsável pelos melhores valores de PFT, PFC, DFT, DFC, NFT e NFC (Tabela 2). Mueller et al. (2013) avaliando o efeito de doses de cama de aviário (0, 4 (103, 6 kg ha⁻¹ de N), 8 (207,2 kg ha⁻¹ de N), 12 (310,8 kg ha⁻¹ de N), na safra 2006/07; e 0, 6 (152,4 kg ha⁻¹ de N), 12 (304,8 kg ha⁻¹ de N) e 18 (457,2 kg ha⁻¹ de N) t ha⁻¹, safra 2007/08) na produtividade do tomate (Styllus e Alambra), obtiveram aumentos na produtividade total de 14,3 para 66,7 t ha⁻¹ e de 60,7 para 91,7 t ha⁻¹, nas safras 2006/07 e 2007/08, respectivamente, com o aumento das doses de cama de aviário.

Na mesma região edafoclimática desse estudo, Castro et al. (2005) estudaram o efeito de doses crescentes de cama de aviário correspondentes a 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de N, na cultura da berinjela orgânica. Em relação ao aporte de N, via adubação de cobertura com cama de aviário, foram encontradas diferenças significativas entre o tratamento-controle e a dose máxima empregada. Houve aumento da produtividade da berinjela proporcional às doses de N aplicadas, sendo que a dose ótima de cama de aviário foi equivalente a 391 kg ha⁻¹ de N.

Vaughn et al. (2010) avaliaram o efeito de doses de torta de Lesquerella (*Lesquerella fendleri* (A. Gray) S. Wats.) (2,5, 5 e 10% (m m⁻¹)) na cultura do tomateiro. Esse resíduo é um subproduto da extração do óleo da semente dessa espécie e, como a torta de mamona, está sendo estudada para ser utilizada como fonte de nutriente na agricultura. Possui um teor de N (4,3%), semelhante ao que possui a torta de mamona. Esses autores obtiveram aumento no peso por planta dos frutos de 253,6 a 658,0 g por planta e do número de frutos de 33,2 para 86,2, com o aumento das doses de torta de Lesquerella.

Esses resultados demonstram que o aumento do aporte de N às plantas de tomateiro aumenta significativamente a sua produção. Segundo Ferreira et al. (2010), na cultura do tomateiro, a elevação no nível de N fornecido às plantas aumenta o peso de matéria seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos, a altura da planta, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e a produtividade. A nutrição ótima dessa cultura pode ser alcançada quando a quantidade aplicada de fertilizantes nitrogenados for igual à alta demanda que ocorre durante o período de crescimento dos frutos (BADR et al., 2016; HUETT & DETTMANN, 1988; SINGH & SHARMA, 1999).

Apesar do aumento obtido na produtividade de frutos em 2014, com a maior dose de torta de mamona, observa-se que ainda existe muito potencial produtivo para ser explorado nesse novo sistema de cultivo, uma vez que um tomateiro pode produzir dez ou mais kg de frutos. Na agricultura orgânica se aceita uma produção de 4 kg por planta (Luz et al., 2007), mas geralmente ocorrem muitas perdas por ataques de pragas e doenças, o que não ocorreu no

presente trabalho. Desta forma, novos estudos deverão ser conduzidos com doses ainda maiores de torta de mamona ou outros adubos orgânicos, tais como compostagem ou vermicompostagem.

5.4. Eficiência do uso da água (EUA)

Em 2013 pelo fato de não ter havido diferenças significativas na produtividade comercial do tomateiro (Tabela 1) e da variação entre as lâminas aplicadas pelo AAI, a eficiência do uso da água (EUA) não foi influenciada significativamente pelas doses de cinza e torta de mamona utilizadas (Tabela 3). A análise de variância para esta variável está apresentada no anexo 1.

Tabela 3. Eficiência do uso da água para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2013

Cinza	Doses		EUA (kg m ⁻³)
	Torta de mamona (g)		
160	90		25,28 a
195	120		20,78 a
230	140		20,54 a
265	160		22,07 a
300	180		19,73 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (p<0,05).

Em 2014 não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona para a EUA (Anexo 1). As doses de cinza não influenciaram significativamente a EUA. Contrariamente, a torta de mamona influenciou significativamente a EUA, com a dose de 280 g sendo a responsável pelos maiores valores de EUA (Tabela 4). O aumento da dose de torta de mamona proporcionou ganhos em produtividade, que mesmo com o aumento das lâminas de irrigação aplicadas, proporcionou os maiores valores de EUA. Os valores de EUA encontrados neste trabalho, com exceção da dose de 80 g de cinza e 140 g de torta de mamona em 2014, estão acima do valor médio de EUA, estabelecido por Doorembos & Kassam, (1994), de 11 kg m⁻³, em média, para a cultura do tomate.

Tabela 4. Eficiência do uso da água para as doses de cinza e torta de mamona, no cultivo de 2014

Doses Cinza (g)	EUA (kg m ⁻³) Torta de mamona (g)	
	140	280
40	16,26 b	17,90 a
80	9,36 b	20,37 a
120	12,14 b	18,68 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F (p<0,05).

Trabalhando com a cultura do tomateiro, Badr et al. (2016) obtiveram EUA variando de 11 a 18 kg m⁻³ em resposta ao aumento da dose de N de de 120 a 300 kg ha⁻¹. Lei et al. (2009) encontraram valores de 9,35 e 15,33 kg m⁻³, respectivamente, comparando o tratamento controle (lâmina total) com o tratamento em que a irrigação era realizada somente em um dos lados da raiz (secagem parcial da raiz (PRD)), sendo aplicada a metade da lâmina.

5.5. pH e nutrientes no solo

Em 2013 o pH variou de 7,8 a 8,2, com o aumento das doses de cinza e torta de mamona (Tabela 5). Esses valores estão acima da faixa de pH ideal para a cultura do tomateiro, que está entre 5,5 e 6,5 (CARVALHO et al., 2004). Em valores de pH inferiores a 4,0, há um comprometimento da permeabilidade das membranas, o crescimento radicular é retardado. Por outro lado, o pH elevado, acima de 7,5, afeta o potencial eletroquímico transmembrana, havendo também alteração da estrutura e da solubilidade de compostos fenólicos do citosol, vacúolos e paredes celulares (MARTINEZ, 2002). Também ocorre a redução da solubilidade de nutrientes, afetando a capacidade de absorção dos mesmos na planta. Quando o pH está abaixo de 5,0 (ácido), a disponibilidade dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S é baixa. Por outro lado, em valores de pH acima de 6,5 (alcalino), a disponibilidade de micronutrientes como Fe, Cu, Mn e Zn é reduzida (FURLANI et al., 1999).

Tabela 5. pH e nutrientes no solo para as doses de cinza e torta de mamona, aos 121 DAT, no período de cultivo em 2013

Doses		pH e nutrientes no solo					
Cinza	Torta de mamona	pH	Ca	Mg	Corg	P	K
	g	H ₂ O	Cmol _c dm ⁻³		%	mg L ⁻¹	
160	90	7,8	3,5	1,2	0,80	365	24
195	120	7,9	4,1	1,2	0,74	300	21
230	140	8,0	3,6	1,2	0,63	300	30
265	160	8,2	4,4	0,8	0,79	286	51
300	180	8,2	3,2	1,3	1,14	319	38

Assim em 2014 optou-se por trabalhar com menores doses de cinza, partindo da menor dose de cinza (160 g de cinza) testada em 2013. Em 2014 não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona para o pH do solo (Anexo 1). Em 2014 o pH variou de 6,8 a 7,2, valores menores do que os encontrados no ano de 2013 e mais próximos da faixa ideal de pH para o cultivo de plantas. As doses de cinza e de torta de mamona não influenciaram significativamente o pH do solo, em 2014 (Tabela 6).

No presente estudo, o aumento do pH do solo ocorreu em resposta à aplicação de cinza que além de fornecer nutrientes às plantas (MBAH & NKPAJI, 2010), proporciona efeito de calagem no solo (SHARIFI et al. 2013), que pode prejudicar o desenvolvimento das culturas em doses elevadas (NABEELA et al. 2015). Com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de cinza de madeira em Cambissolo Húmico cultivado com *Eucalyptus dunnii*, Silva et al. (2013a) observaram aumento de 4,5 para 4,6 no valor do pH do solo, respectivamente, ao ser aplicadas 11 t ha⁻¹ e 22 t ha⁻¹. Prado et al. (2002) encontraram aumento de pH de 4,1 para 4,6, quando utilizaram dose de cinza de até 2,2 g de cinza por vaso (0,78 g por litro de solo),

cultivado com mudas de goiabeira (*Psidium guajava*). Os altos valores de pH encontrados neste trabalho (Tabelas 5 e 6) se justificam pelas dosagens de cinza utilizadas, que variaram de 5,0 a 37,5 g por litro de solo. Em complemento, as variações nos valores de pH do solo com a adição de cinza se devem à sua composição química (SILVA et al., 2013a), cuja alcalinidade ou poder de neutralização diminui com o aumento da temperatura de combustão e com o tempo de armazenagem (DEMEYER et al., 2001).

Tabela 6. pH e nutrientes no solo para as doses de cinza e torta de mamona, aos 126 DAT, no período de cultivo em 2014

Doses	pH		Ca		Mg	
	H ₂ O		Cmol _c dm ⁻³			
Cinza (g)	Torta de mamona (g)					
	140	280	140	280	140	280
40	7,0 a	7,2 a	2,6 a	2,6 a	0,4 a	0,8 a
80	6,8 a	6,9 a	3,0 a	3,0 a	0,5 a	0,6 a
120	7,2 a	7,0 a	2,9 b	3,2 a	0,7 a	0,6 a
	C _{org}		P		K	
	%		mg L ⁻¹			
40	0,87 a	1,04 a	323 a	303 a	25 b	33 a
80	0,88 a	0,74 a	327 a	325 a	27 b	35 a
120	0,82 a	0,92 a	316 a	352 a	47 b	58 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F (p<0,05).

Ohno & Erich (1990) avaliaram, em laboratório, o efeito de seis tipos de cinza de madeira oriundas da combustão de lenha do Maine e de New Hampshire, E.U.A., sobre o pH de 13 amostras de solos de diferentes regiões do Maine. Todas as amostras de solo apresentaram aumento no pH com a aplicação de cinzas, independentemente do solo e do tipo de cinza aplicada. O menor aumento de pH foi de 6,2 a 6,5 e o maior foi de 4,2 a 7,5. Saarsalmi et al. (2012), avaliaram o efeito de doses de cinza de madeira (1, 2,5 e 5 t ha⁻¹) em solo cultivado com pinheiro silvestre (*Pinus sylvestris*), 30 anos após a aplicação das doses. Em comparação com o controle (sem aplicação de cinza), a aplicação da dose de 5 t ha⁻¹ aumentou significativamente o pH (0,5 unidade de pH) do solo.

Não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona para o C_{org}, e nos teores de, Ca, Mg, P e K no solo, em 2014 (Anexo 1). As doses de torta de mamona não apresentaram efeitos significativos, no C_{org}, e nos teores de Ca, Mg e P no solo, em 2014. O K foi influenciado significativamente pelas doses de torta de mamona (Tabela 6), juntamente com o aumento do aporte de N, proporcionado pela dose de 280 g de torta de mamona, este fato pode ter sido o responsável pelo aumento de produtividade obtido nesta dosagem. Segundo Severino et al. (2006), além do nitrogênio, a torta de mamona também fornece quantidades consideráveis de fósforo e potássio.

As doses de cinza apresentaram efeito significativo somente no teor de Ca (Figura 8) e de K (Figura 9), independentemente das doses de torta de mamona. Avaliando o efeito de doses de cinza de madeira, equivalentes a 0; 10; 20; 40 e 80 t ha⁻¹, sobre características químicas do solo cultivado com mudas de *Pinus taeda* L., Maeda et al. (2008) observaram que os teores de Ca e K foram aumentados como resultado da aplicação das doses de cinza,

sendo os maiores teores observados nas maiores doses. Assim como a cinza estudada nesta pesquisa, a cinza estudada por esses autores apresentava teores expressivos, principalmente, de Ca e K, podendo ser uma importante fonte de fornecimento desses nutrientes. Silva et al. (2013a) também obtiveram aumentos nos teores de Ca e K no solo com o aumento da adição de cinza, avaliando o efeito de duas doses de cinza (11 e 22 t ha⁻¹), em Cambissolo Húmico cultivado com *Eucalyptus dunnii*. Segundo esses autores o aumento nos teores de Ca se deve à existência desse íon na composição da cinza. Nkana et al. (1998) encontraram aumento dos teores de Ca e K no solo, após a adição de cinza. De acordo com os autores, o aumento de cálcio foi devido à concentração desse íon e da quantidade do resíduo utilizado.

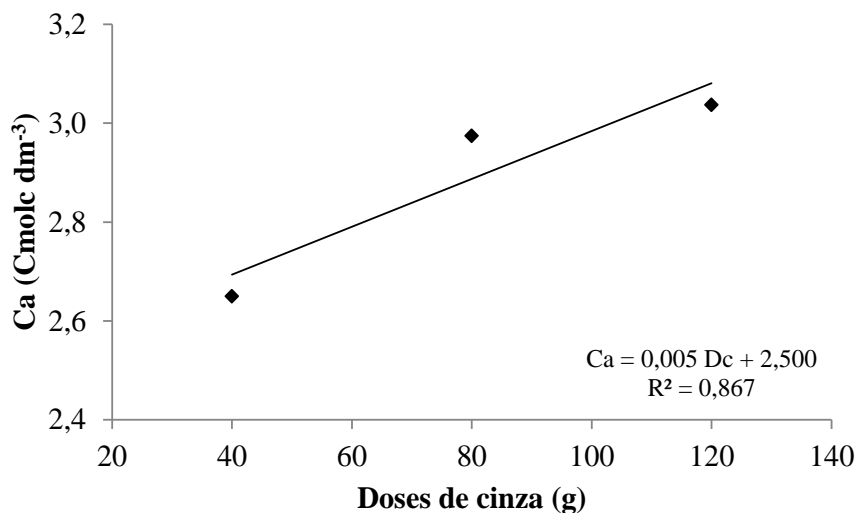


Figura 8. Teor de cálcio para as doses de cinza, aos 126 DAT, no período de cultivo em 2014.

O aumento nos teores de K com o aumento das doses de cinza se deve ao teor deste elemento na cinza (24 mg L⁻¹). Efeito semelhante foi observado por Cortez et al. (2001) e Cabral et al. (2008) na aplicação de cinza em solos cultivados com plantas forrageiras. A cinza de madeira é essencialmente uma fonte direta de macroelementos, como o P, o Ca, o Mg e, especialmente K em solos (UNGER & FERNANDEZ, 1990; OHNO & ERICH, 1990; OHNO, 1992; MEIWES, 1995; KAHL et al., 1996; WILLIAMS et al., 1996).

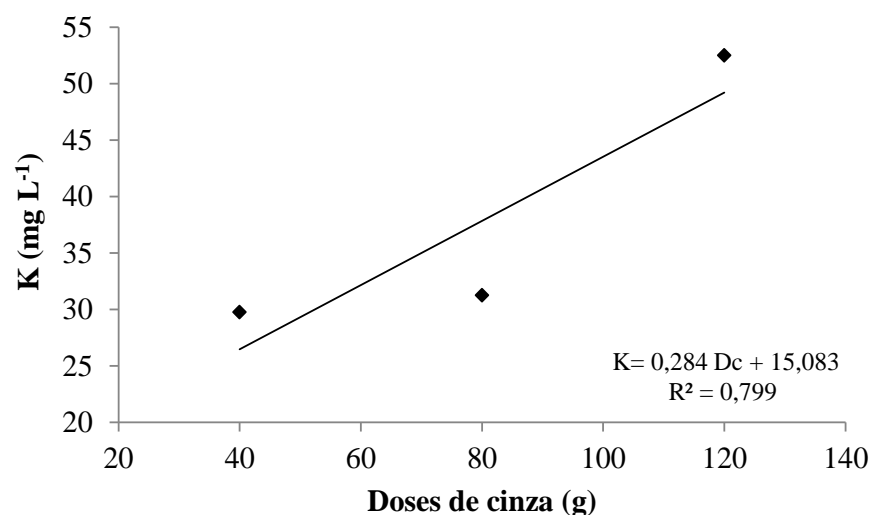


Figura 9. Teor de potássio para as doses de cinza, aos 126 DAT, no período de cultivo em 2014.

5.6. Nutrientes na folha

As Tabelas 7 e 8 apresentam os teores de macronutrientes para as folhas de tomate, aos 121 e aos 126 DAT, respectivamente, em 2013 e 2014. As análises de variância para estas variáveis estão apresentadas no anexo 1. Não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona para o teor de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de tomateiro, em 2014 (Anexo 1). As doses combinadas de cinza e torta de mamona não apresentaram diferenças significativas no teor de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de tomateiro, nos dois anos de cultivo.

Tabela 7. Macronutrientes nas folhas para as doses de cinza e torta de mamona, os 121 DAT, no período de cultivo em 2013

Doses		Macronutrientes				
Cinza	Torta de mamona	N	P	K	Ca	Mg
g		dag kg ⁻¹				
160	90	2,09 a	0,42 a	2,13 a	1,80 a	0,52 a
195	120	2,14 a	0,46 a	1,84 a	1,41 a	0,80 a
230	140	2,17 a	0,45 a	1,83 a	1,11 a	0,99 a
265	160	2,23 a	0,46 a	2,01 a	1,47 a	0,88 a
300	180	2,44 a	0,48 a	2,04 a	1,77 a	0,57 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 8. Macronutrientes nas folhas para as doses de cinza e de torta de mamona, os 126 DAT, no período de cultivo em 2014

Doses	N		P		K	
	dag kg ⁻¹					
	Torta de mamona (g)					
Cinza (g)	140	280	140	280	140	280
40	1,79 a	2,14 a	0,37 a	0,37 a	0,37 a	0,54 a
80	1,94 a	1,79 a	0,37 a	0,38 a	0,34 a	0,42 a
120	1,65 a	1,68 a	0,38 a	0,33 a	0,38 a	0,31 a
Cinza (g)	Ca		Mg			
	140	280	140	280	140	280
40	3,53 a	3,46 a	1,03 a	1,03 a	0,94 a	0,94 a
80	3,84 a	3,79 a	1,08 a	1,08 a	1,08 a	1,08 a
120	3,90 a	3,60 a	1,09 a	1,09 a	1,09 a	1,09 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F (p<0,05).

Com relação aos teores de micronutrientes as doses combinadas de cinza e torta de mamona influenciaram somente os teores de Cu e Mn nas folhas de tomateiro, em 2013 (Tabela 9). Os teores de Fe e Zn não foram influenciados pelas doses de fertilizantes. As análises de variância para os teores de Cu, Fe, Zn e Mn nas folhas de tomate estão apresentadas no anexo 1. Para esses micronutrientes o maior teor observado foi na dose de 230 g de cinza e 140 g de torta de mamona. O aumento no teor de Cu e Mn até a dose de 230 g de cinza e 140 g de torta de mamona é explicado pelo efeito da adição da cinza, porém a partir dessa dose ocorre uma diminuição nos teores de Cu e Mn e isso pode ser explicado pelo fato de que com a elevação do pH ocorre deficiências de micronutrientes, como o Cu e o Mn, devido estes micronutrientes estarem menos disponíveis para as plantas. Para os micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn, a disponibilidade é maior em condições de solos ácidos ou com pH baixo (ao redor de 5,0) (CARVALHO, 2004)

Tabela 9. Micronutrientes nas folhas para as doses de cinza e torta de mamona, os 121 DAT, no período de cultivo em 2013

Doses		Micronutrientes			
Cinza	Torta de mamona	Cu	Fe	Zn	Mn
g		mg kg ⁻¹			
160	90	81,81 b	217,71 a	23,72 a	57,90 b
195	120	143,47 ab	349,57 a	30,46 a	95,53 ab
230	140	403,93 a	295,23 a	37,92 a	112,82 a
265	160	266,27 ab	379,80 a	39,40 a	91,02 ab
300	180	97,88 b	197,03 a	26,31 a	57,82 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (p<0,05).

A aplicação de cinza apresentou efeito significativo nos teores de Cu nas acículas de *Pinus taeda*, com redução no teor do nutriente como resultado do aumento da dose de cinza, que elevou os valores de pH do solo (MAEDA et al., 2008). Não houve interação significativa

entre os fatores cinza e torta de mamona para o teores de Cu, Fe, Zn e Mg nas folhas de tomateiro, em 2014 (Anexo 1). As doses de torta de mamona e cinza não influenciaram significativamente os teores de micronutrientes nas folhas de tomate, em 2014 (Tabela 10).

Tabela 10. Micronutrientes nas folhas de tomate, para as doses de cinza e torta de mamona, os 126 DAT, no período de cultivo em 2014

		Cu		Fe	
		mg kg ⁻¹			
Doses		Torta de mamona (g)			
Cinza (g)		140	280	140	280
40		302,52a	337,85 a	513,22 a	595,53 a
80		269,33a	294,13 a	504,56 a	473,08 a
120		356,91a	418,68 a	447,41 a	495,43 a
		Zn		Mg	
40		26,22a	29,06 a	152,61 a	168,35 a
80		30,33a	42,68 a	178,92 a	152,13 a
120		28,61a	33,32 a	177,20 a	160,32 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F (p<0,05).

5.7. Teor de sólidos solúveis

A percentagem de sólidos solúveis totais está relacionada, principalmente, ao sabor do fruto e é representada pelo °Brix. A maior parte das cultivares de tomateiro produz frutos que contêm °Brix variando de 5,0 a 7,0 (FERREIRA et al., 2006). A Tabela 11 apresenta os teores de sólidos solúveis dos frutos de tomate no experimento de 2014. Estes variaram entre 5,49 e 6,63 °Brix, estes valores indicam que as condições ambientais e culturais dadas às plantas de tomate proporcionaram alto teor de sólidos solúveis. Estes valores estão acima dos encontrados por Nascimento et al. (2013), que trabalhando com 10 cultivares de tomate sob manejo orgânico, encontraram uma variação de 4,67 a 5,60 °Brix. Não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona no teor de sólidos solúveis (Anexo 1). As doses de cinza e torta de mamona não apresentaram efeitos significativos no teor de sólidos solúveis.

Tabela 11. Teor de sólidos solúveis para as doses de cinza e torta de mamona, no período de cultivo em 2014

Teor de sólidos solúveis		
° Brix		
Doses	Torta de mamona (g)	
Cinza (g)	140	280
40	6,55 a	6,08 a
80	5,49 a	6,23 a
120	5,67 a	6,63 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F (p<0,05).

6 CONCLUSÃO

A dose de 280 g de torta de mamona foi a responsável pela maior produtividade comercial de frutos de tomate, embora maiores índices de EUA foram obtidos utilizando 160 g de cinza e 90 g de torta de mamona (2013) e 280 g de torta de mamona (2014).

As doses de cinza elevaram o pH do solo (7,8 a 8,2 em 2013 e 6,8 a 7,2 em 2014) e os teores de Ca e K no solo (2014).

A vasoponia orgânica se mostrou viável para a produção de frutos de tomateiro.

CAPÍTULO II

**CRESCIMENTO DO TOMATEIRO SOB ADUBAÇÃO COM CINZA E TORTA
DE MAMONA E SOB DÉFICIT HÍDRICO, COM IRRIGAÇÃO
AUTOMATIZADA EM AMBIENTE PROTEGIDO**

RESUMO

Foram realizados dois experimentos (2014 e 2015) com objetivo de avaliar o efeito da adubação, com cinza e torta de mamona, e de diferentes lâminas de irrigação no tomateiro, cultivado em vaso e em ambiente protegido. Em 2014 foi avaliado o efeito do uso da cinza de madeira (40, 80 e 120 g por planta) e da torta de mamona (140 e 280 g por planta) no crescimento e na produção de biomassa final do tomateiro orgânico e em, 2015 avaliou-se o crescimento e a produção de biomassa final do tomateiro orgânico em resposta a quatro lâminas de irrigação (135, 165, 191 e 213 mm) aplicadas por um acionador automático para irrigação (AAI) de baixo custo. O delineamento experimental utilizado em ambos experimentos foi em blocos casualizados. Foram avaliadas a altura de plantas, os números de folhas, cachos, flores e frutos, as massas frescas de folha (MFF), caule (MFC) e raiz (MFR), as massas secas de folha (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR) e o volume de raiz (VR). Em 2014 a maioria das variáveis avaliadas obtiveram ganhos com a aplicação de 140 g de cinza e 280 g de torta de mamona. Em 2015 a maioria das variáveis avaliadas foram influenciadas negativamente com a diminuição da lâmina de irrigação.

Palavras chaves: torta de mamona, cinza de madeira, déficit hídrico, acionador automático para irrigação (AAI) e *Solanum lycopersicum* L..

ABSTRACT

Two experiments were conducted (2014 and 2015) to evaluate the effect of fertilization, with wood ash and castor bean cake, and different irrigation levels in tomato cultivated in pot and greenhouse. In 2014, the effects of the use of wood ash (40, 80 and 120 g per plant) and castor bean cake (140 and 280 g per plant) on the growth and production of final biomass from organic tomato and 2015 evaluated the growth and final biomass production of organic tomato in response to four irrigation levels (135, 165, 191 and 213 mm) applied by an automatic device for irrigation (ADI) low cost. The experimental design used in both experiments was a randomized block. Were evaluated plant height, the number of leaves, raceme, flowers and fruits, fresh weight of leaves (FWL), stem (FWS) and root (FWR), dry weight of leaves (DWL), stem (DWS) and root (DWR) and root volume (RV). In 2014 the majority of variables made gains with the application of 140 g ash and 280 g of castor cake. In 2015 the majority of variables were influenced negatively with decreasing water depth.

Key words: castor bean cake, wood ash, deficit irrigation, automatic device for irrigation (ADI) and *Solanum lycopersicum* L..

7 INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica tem sido reconhecida como uma das alternativas mais razoáveis à agricultura convencional a fim de superar a crise ocasionada pelas mudanças climáticas (LEE et al., 2015). Visa à produção de alimentos mais sustentáveis por meio da aplicação de materiais residuários como fonte de nutrientes e da redução do uso de agrotóxicos (MÄDER et al., 2002). Esse sistema de produção centra-se na sustentabilidade, tendo menos efeitos prejudiciais para o ambiente do que a agricultura convencional, que conta com a entrada de insumos externos, em maior quantidade (GOMIERO et al., 2008). O uso de materiais residuários como fertilizantes tem se mostrado eficiente no aumento da biodiversidade, da atividade biológica e da capacidade de mineralização do solo (FLIEßBACH et al., 2007). Segundo Ghorbani et al. (2008), o uso dessas fontes também tem demonstrado diminuir a incidência de doenças e promover tolerância a estresses.

Assim como os nutrientes, a água é um dos fatores ambientais mais importantes que afetam o desenvolvimento da cultura do tomate, sendo, portanto, necessário um manejo adequado da água de irrigação (WANG et al., 2011), a fim de evitar a lixiviação de nitrato e a poluição das águas subterrâneas, especialmente em sistemas de produção de tomate, que exigem entradas substanciais de fertilizantes nitrogenados (ZOTARELLI et al., 2009). O manejo da água da irrigação, que é um conjunto de técnicas que visam fornecer água aos cultivos na quantidade e no momento oportuno (MAROUELLI, & SILVA, 2002) sem perdas na produtividade e na qualidade dos produtos, deve ser implantado nos sistemas de produção orgânico para que estes produzam alimentos saudáveis causando o menor impacto ambiental possível. A otimização do uso da água é uma preocupação econômica e ambiental para os produtores agrícolas (NGOUAJIO et al., 2007).

Avaliando o efeito de diferentes lâminas de irrigação (3,3; 5,0 e 6,7 mm dia⁻¹) e de materiais residuários orgânicos e de fertilizantes de alta solubilidade (estrupe de ovelha, mistura de estrupe de ovelha com turfa e NPK - 1:2:1) na cultura do tomate, Madrid et al. (2009) observaram que a produtividade foi maior quando se utilizou a lâmina de 6,7 mm dia⁻¹, considerada excessiva. Para as três lâminas avaliadas, a produtividade foi maior no cultivo adubado com a mistura de estrupe de ovelha com turfa, com o valor máximo de 90,0 t ha⁻¹, para a lâmina de 6,7 mm dia⁻¹. O nitrogênio é importante para o crescimento do tomate e neutraliza o stress sobre as produtividades. Situações temporárias de escassez de água e nitrogênio têm influências significativas no índice de área foliar, bem como nos pesos frescos e secos das plantas (SAVIĆ et al., 2008).

Há na literatura escassez de informações a respeito da dosagem de materiais residuários a serem utilizadas, bem como do uso da torta de mamona e da cinza de madeira na cultura do tomateiro. A cinza vegetal é um resíduo proveniente da queima da madeira e, dependendo de sua origem, pode apresentar elevados teores de K, P, Ca e Mg, e ser utilizada como uma fonte de nutriente, dependendo do balanço apresentado pelo solo e das exigências da cultura (ZHANG et al., 2002). A aplicação da cinza vegetal em plantios agrícolas se apresenta como uma importante oportunidade de restituição de parte dos nutrientes removidos pelas culturas. A reciclagem das cinzas reduz a necessidade do uso de fertilizantes de alta solubilidade contribuindo com a redução da acidificação do solo e com o aumento do suprimento de cálcio (SOFIATTI et al., 2007).

A torta de mamona é um material residuário da cadeia produtiva da mamona, sendo produzida durante a extração do óleo de mamona (SEVERINO et al., 2005). Estima-se que cada tonelada de semente de mamona processada produza cerca de 530 kg de torta de mamona (SEVERINO, 2005). O adequado aproveitamento desse material residuário permite o aumento da receita da cadeia produtiva e consequentemente a sua rentabilidade (LIMA et al., 2008). Por conter 4,15, 0,61 e 0,96% de N, P e K, respectivamente, e ter uma relação C/N de aproximadamente 11,60 (ZAPATA et al., 2012) este material se torna uma importante fonte de nutrientes para as plantas (LIMA et al., 2011), além de apresentar capacidade de disponibilizar os nutrientes em velocidade compatível com a demanda da cultura (SANTOS et al., 2012).

A eficiência do uso da água pode ser aumentada pela aplicação de um manejo da água de irrigação com déficit hídrico (CANTORE et al., 2016). O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) é classificada como uma cultura de alta demanda de água e sensível ou moderadamente tolerante ao estresse hídrico (ZHENG et al., 2013). Avaliando o crescimento e a formação de fitomassa do tomateiro sob déficit hídrico, Soares et al. (2011) observaram que a lâmina de 120% da evapotranspiração real (ET_r) promoveu o maior crescimento das plantas de tomateiro.

A análise de crescimento é uma ferramenta que descreve e interpreta o desempenho de determinada espécie em ambiente natural ou controlado. A matéria seca é a variável mais significativa para permitir a mensuração das alterações no crescimento vegetal, uma vez que resulta da associação de vários outros componentes (SOARES et al., 2011). Com base no estudo das interações dessas variáveis com cada fator ambiental, em particular o estado nutricional e hídrico da planta, pode-se conhecer a eficiência do crescimento e a habilidade de adaptação às condições ambientais de uma dada espécie ou variedade (PEIXOTO et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e o acúmulo de biomassa na cultura do tomateiro, sob diferentes doses de cinza e torta de mamona e sob déficit hídrico, em sistema orgânico de produção, utilizando análise de crescimento não destrutiva.

8 MATERIAL E MÉTODOS

8.1. Caracterização da área experimental

Dois experimentos foram conduzidos no setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia pertencente ao Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ, Brasil (latitude 22°48'S; longitude 43°41'W; altitude de 33 m), durante os anos de 2014 e 2015. De acordo com Carvalho et al. (2006), o clima da região é classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, com chuvas no verão, temperaturas elevadas e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5 °C.

Os experimentos com tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cultivar Dominador, cultivado em vasos de 8 L, foram realizados em casa de vegetação (estufa de baixo custo/modelo PESAGRO- RIO) que tem sua estrutura construída em madeira serrada, totalmente envolta com sombrite e coberta com plástico agrícola de 100 micra (LEAL et al., 2006). Possui comprimento de 30 m e largura de 8 m, totalizando uma área de 240 m².

O solo utilizado foi proveniente do horizonte A de um Planossolo, localizado na área do setor de Bovinocultura do Instituto de Zootecnia da UFRRJ. Este solo foi retirado de sua área originária e transportado para um galpão onde foi espalhado, seco ao ar e, posteriormente, peneirado, com o auxílio de uma peneira do tipo ciranda. A análise química deste solo apresentou os seguintes resultados: 2014 - pH (H₂O): 5,5, Al: 0,0 cmol dm⁻³, Ca: 1,8 cmol dm⁻³, Mg: 0,5 cmol dm⁻³, Na: 0,1 cmol dm⁻³, P: 18,0 mg L⁻¹, K: 24,0 mg L⁻¹; 2015 - pH (H₂O): 6,6, Al: 0,0 cmol dm⁻³, Ca: 1,0 cmol dm⁻³, Mg: 0,2 cmol dm⁻³, Na: 0,0 cmol dm⁻³, P: 33,0 mg L⁻¹, K: 50,0 mg L⁻¹.

8.2. Cultivo do tomate

As mudas de tomate foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, abastecidas com substrato orgânico constituído por vermicomposto como componente básico (83%), 15% de fino de carvão vegetal, e 2% de torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente.

O transplântio das mudas para os vasos foi realizado no dia 17 de abril de 2014 e no dia 22 de junho de 2015 (nos dois anos de cultivo as mudas foram transplantadas aos 32 DAS). O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente dentro dos vasos e entre os vasos, uma vez por semana. A poda dos ramos laterais foi realizada manualmente, uma vez por semana e se iniciou aos 15 dias após o transplântio (DAT). O tutoramento das plantas de tomate foi iniciado aos 20 DAT. As plantas de tomate foram conduzidas em haste única com fitilho de plástico. No momento em que as plantas apresentaram a formação de três folhas após o 6^o cacho foi realizada a capação do tomateiro, que consistiu no corte de sua haste principal. Aos 95 DAT (2014) e 30 DAT (2015) foi iniciado o controle das doenças do tomateiro, com aplicações semanais de calda bordalesa ou calda sulfocálcica (PENTEADO, 2004). A colheita dos frutos foi iniciada aos 78 DAT (2014) e aos 71 DAT (2015) e finalizada aos 127 DAT (2014) e aos 112 DAT (2015).

O número total de vasos foi de 240, com espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Cada parcela experimental foi constituída por 10 plantas, dispostas em linha, totalizando uma área de 5 m². Os experimentos tinham 6 linhas de cultivo, com 20,0 m de comprimento.

8.3. Delineamento experimental

Nos dois anos de cultivo o delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso. Com base nos resultados obtidos no experimento de 2013 (Capítulo 1), optou-se por testar menores doses de cinza a partir da menor dose de cinza testada em 2013 (160 g de cinza). Para a torta de mamona optou-se por testar a dose referência em 2013 e o seu dobro. Dessa forma, em 2014 foi utilizado um esquema fatorial 3 x 2 (3 doses de cinza e 2 doses de torta de mamona) e 4 repetições. Os tratamentos foram caracterizados por diferentes doses combinadas de cinza e torta de mamona: T1 - 40 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T2 - 80 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T3 - 120 g de cinza e 140 g de torta de mamona por planta; T4 - 40 g de cinza e 280 g de torta de mamona por planta; T5 - 80 g de cinza e 280 g de torta de mamona por planta; e T6 - 120 g de cinza e 280 g de torta de mamona por planta. Também foi adicionado a todos os tratamentos 50 g de fosfato natural reativo. O croqui do experimento é apresentado na Figura 10.

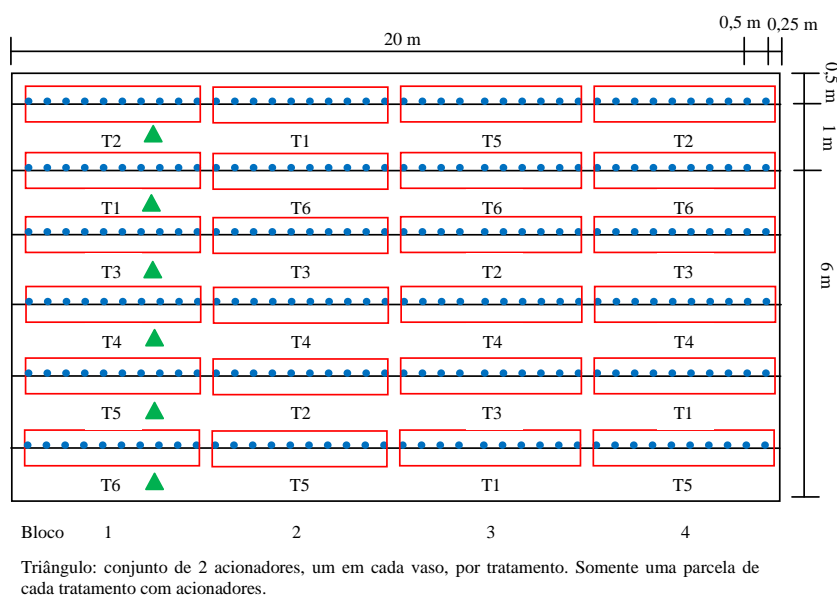


Figura 10. Croqui do experimento de 2014.

As doses de cinza e fosfato natural reativo foram aplicadas de uma única vez no momento da adubação de plantio. As doses de torta de mamona foram divididas igualmente em duas aplicações. A primeira aplicação foi realizada na adubação de plantio, juntamente com a cinza e o fosfato natural reativo, e a segunda aplicação foi realizada aos 30 DAT, aplicada de forma localizada em 2 furos de, aproximadamente, 25 mm de diâmetro, feitos em cada vaso na proximidade dos emissores. A dose de torta de mamona foi dividida igualmente nos dois furos.

A cinza utilizada foi proveniente da queima de madeira de eucalipto e foi obtida no Restaurante Universitário da UFRRJ. A torta de mamona utilizada foi adquirida no mercado e

apresentava as seguintes características impressas no rótulo: 5% de N, CTC 150 mmol kg⁻¹, e 20 % de umidade máxima. Para ambos os materiais, foram retiradas amostras para realização da análise química que apresentou os seguintes resultados: cinza - pH (H₂O): 10,4, P: 17,0 mg dm⁻³, K: 37,8 mg dm⁻³, Ca: 2,1 cmolc dm⁻³ e Mg: 1,3 cmolc dm⁻³; torta de mamona - N: 46,4 g kg⁻¹, P: 4,7 g kg⁻¹, K: 1,7 g kg⁻¹, Ca: 8,5 g kg⁻¹ e Mg: 14,5 g kg⁻¹.

Em 2015 foram testadas 4 lâminas de irrigação, com 6 repetições. Os tratamentos foram caracterizados por: T4 sendo a irrigação automática com o acionador automático para irrigação (AAI); e T3, T2 e T1 sendo frações do volume aplicado em T4, sendo estes 90, 77 e 63 % de T4, respectivamente. Todos os tratamentos estavam na mesma linha de irrigação e por isso recebiam água ao mesmo tempo, mas com volumes diferentes, pois as vazões dos emissores eram diferentes.

Neste experimento foi utilizada a adubação de 280 g de torta de mamona, 25 g de sulfato de potássio, 50 g de fosfato natural reativo e 8 g de calcário agrícola calcítico (PRNT 88% e 45% de Ca). As doses de sulfato de potássio, fosfato natural reativo e calcário foram aplicadas de uma única vez no momento da adubação de plantio. A torta de mamona foi aplicada da mesma forma que no experimento de 2014. O croqui do experimento é apresentado na Figura 11.

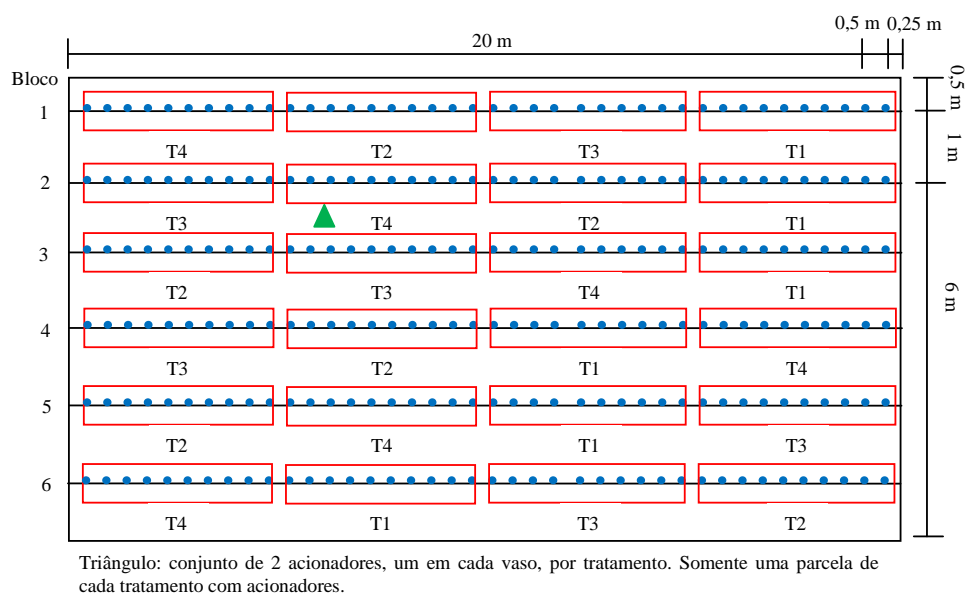


Figura 11. Croqui do experimento de 2015.

8.4. Sistema de irrigação e manejo da água de irrigação

O sistema de irrigação utilizado em 2014 foi o gotejamento, com dois emissores (SUPERTIF /JOHN DEERE) de 2,2 L h⁻¹ por vaso (planta). Em 2015 a irrigação foi realizada por meio de um sistema de microtubos spaghetti (PDAEXT001000378/PLASNOVA) com diâmetro interno nominal de 0,7 mm. Para o alcance das diferentes lâminas de irrigação utilizou-se microtubos com diferentes comprimentos: T1 - 2 microtubos de 36 cm de comprimento /2,5 L h⁻¹; T2 - 2 microtubos de 42 cm de comprimento/3,0 L h⁻¹; T3 - 2 microtubos de 52 cm de comprimento/3,5 L h⁻¹; T4 - 2 microtubos de 65 cm de

comprimento/3,9 L h⁻¹ (ALVES, 2014). Em ambos os experimentos foram utilizadas mangueiras de polietileno de 16 mm de diâmetro. Foram montadas 6 linhas de irrigação, cada uma representando um bloco.

O abastecimento de água foi realizado com uma bomba de 3/4 CV (Dancor/CP - 4C), que capta água de um reservatório de 1000 L, instalado em uma estrutura de alvenaria com 1,0 m de altura em relação à superfície do solo. Para o adequado funcionamento do sistema, foi instalado um fluxostato (AGROJET) na saída da bomba, a fim de permitir a passagem de energia elétrica para o acionamento da bomba somente quando houvesse fluxo de água na tubulação. Dessa forma, a água somente era liberada quando o sistema de automação liberava a passagem de água e esse fluxo era detectado pelo fluxostato para que assim houvesse a liberação de energia elétrica para o acionamento da bomba.

Antes do transplântio da cultura foram realizados ensaios em cada parcela experimental para quantificar a uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores e microtubos e a vazão real dos mesmos, utilizando-se o método proposto por Mantovani et al. (2009). O coeficiente de uniformidade de Christiassen foi de, aproximadamente, 97%, nos dois anos de cultivo.

O manejo da água de irrigação foi realizado por meio do acionador automático para irrigação (BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2014; GOMES et al., 2014; MEDICI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014; SANTOS et al., 2015a), que conforme a sua regulagem, aciona o sistema de irrigação quando uma determinada tensão da água no solo é atingida. A faixa de tensão da água no solo que este dispositivo aciona a irrigação é de 4 a 13 kPa (MEDICI et al., 2010), e neste experimento, o mesmo foi regulado para aplicar água quando a tensão da água no solo atingisse 4 kPa. A regulagem desse dispositivo é realizada a partir da imposição de um desnível entre sua capsula porosa (vela de filtro (STÉFANI)) e o pressostato (EMICOL/EPR05).

No experimento de 2014, em uma das quatro parcelas (repetições) representantes de cada tratamento, foram instalados dois acionadores (um em cada vaso), totalizando 12 acionadores, fazendo com que cada tratamento fosse irrigado um de cada vez, impossibilitando a irrigação de dois ou mais tratamentos concomitantemente. No experimento de 2015, somente em uma parcela (repetições) representante do tratamento T4 (213 mm) foram instalados dois acionadores (um em cada vaso), totalizando 2 acionadores, fazendo com que todos os tratamentos fossem irrigados concomitantemente.

A partir dos volumes aplicados (leitura dos hidrômetros), do número de gotejadores e de suas respectivas vazões, foram calculadas as lâminas de irrigação pela razão entre o volume de água e a área molhada do vaso (do 1º aos 30 DAT) ou a área sombreada pela planta (do 31º DAT aos 126 (2014) e 111 DAT (2015)).

8.5. Variáveis de crescimento avaliadas

A análise de crescimento não destrutiva foi realizada medindo-se a altura das plantas (cm), medida a partir do colo até o ápice caulinar, realizada com o uso de uma trena, o número de folhas (nº por planta), considerando-se as folhas com mais de 3 cm de comprimento, o número de cachos (nº por planta), o número de flores (nº por planta) e o

número de frutos (n° por planta). Foram medidas 4 plantas de cada parcela, sendo estas as mais representativas da parcela. As medições foram realizadas quinzenalmente a partir do 1° DAT até o 120° DAT, totalizando 9 avaliações.

8.6. Variáveis de biomassa final avaliadas

Para a determinação da biomassa final das plantas de tomate, após a última avaliação, as plantas avaliadas na análise de crescimento foram separadas em folha, caule e raiz. Após a separação, as folhas e os caules foram pesados para a obtenção da massa fresca de folha (MFF) (g por planta) e de caule (MFC) (g por planta), posteriormente, esse material foi submetido a secagem em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 65° C, durante 72 horas, para determinação da massa seca de folha (MSF) (g por planta) e de caule (MSC) (g por planta). As raízes foram lavadas e secas com papel toalha para que, posteriormente, fosse obtida a massa fresca de raiz (MFR) (g por planta). Também foi realizada a medição do volume da raiz (VR) (mL por planta) determinado com auxílio de uma proveta graduada de 2000 ml contendo um volume conhecido de água, sendo o VR obtido pelo volume deslocado de água dentro da proveta graduada. A massa seca da raiz (MSR) (g por planta) foi obtida da mesma forma como obtido para a folha e caule.

8.7. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo pelo teste F, em 2014 o fator cinza foi submetido à análise de regressão e em 2015, os dados foram submetidos à análise de regressão.

9 RESULTADOS E DISCUSSÃO

9.1. Análise de crescimento em 2014

Não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona em nenhuma das variáveis de crescimento avaliadas (Anexo 2). A altura das plantas foi influenciada positivamente pelo aumento da dose de torta de mamona a partir dos 45 até os 75 DAT (Figura 12). A dose de 280 g ($5,6 \text{ t ha}^{-1}$ (280 kg ha^{-1} de N)) proporcionou aumentos, em média, de 12, 12, 7 %, respectivamente aos 45, 60 e 75 DAT, com relação à dose de 140 g ($2,8 \text{ t ha}^{-1}$ (140 kg ha^{-1} de N)).

Oliveira Filho et al. (2010) avaliaram o efeito de cinco doses de torta de mamona (5, 10, 15, 20 e 30 t ha^{-1}) no crescimento de duas cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.), aos 63 e 90 DAS. Para a avaliação realizada aos 63 DAS ocorreu resposta linear crescente ao aumento das doses de torta de mamona para a cultivar Energia. Para a cultivar Guarany foi observada resposta quadrática, com os maiores valores de altura sendo estimados para a dose de $28,6 \text{ t ha}^{-1}$. Para a avaliação feita aos 90 DAS foram observadas respostas lineares e crescentes para as duas cultivares. Silva et al. (2012) também trabalhando com a cultura da mamona, observou um aumento linear crescente na altura das plantas com o aumento das doses de torta de mamona (0, 5, 10, 20, 40 e 80 t ha^{-1}).

Estudando o efeito da adubação orgânica com torta de mamona (0, 2, 3, 4 e 5 t ha^{-1}) sobre o crescimento do algodoeiro (*Gossipium hirsutum* L), Silva et al. (2013c), encontraram que até os 30 dias após a emergência (DAE), a altura da planta apresentou comportamento quadrático e, a partir dos 50 DAE até o final do ciclo, aumentou linearmente em função do incremento das doses de torta de mamona. Ao final do ciclo observou-se que cada incremento de uma tonelada por hectare na dose de torta de mamona aplicada, resultou em aumento de 1,37 cm na altura final das plantas de algodão mensurada aos 110 DAE. Martins et al. (2011) avaliou o efeito de cinco doses de torta de mamona (0, 6, 12, 18 e 24 g vaso^{-1}) na produção de mudas de bananeira. A altura das mudas apresentou comportamento quadrático em função das doses de torta de mamona, a dose de 12 g foi a que proporcionou o melhor desenvolvimento das plantas.

As doses de cinza influenciaram significativamente a altura das plantas aos 60 e 75 DAT (Figura 13). A dose de 120 g ($2,4 \text{ t ha}^{-1}$) proporcionou aumentos de 18 e 12 % na altura das plantas, respectivamente, aos 60 e 75 DAT, com relação à dose de 40 g ($0,8 \text{ t ha}^{-1}$). Nabeela et al. (2015) avaliaram o efeito de cinco diferentes concentrações de cinza de madeira (0, 1, 10, 25, 50 e 100 g kg^{-1}) em mudas de canola (*Brassica napus* L.). As doses de cinza mostraram um efeito positivo no comprimento da parte aérea, até a dose de 10 g kg^{-1} , porém a partir dessa dose houve diminuição do comprimento da parte aérea. Sofiatti et al. (2007) avaliaram o efeito da aplicação de cinza de madeira (0, 1,5; 3,0; 4,5 e $6,0 \text{ t ha}^{-1}$) no crescimento do algodoeiro (*Gossipium hirsutum* L.). Altura das plantas aumentou com o aumento das doses de cinza, com o valor máximo de altura obtido com a dose de 6 t ha^{-1} .

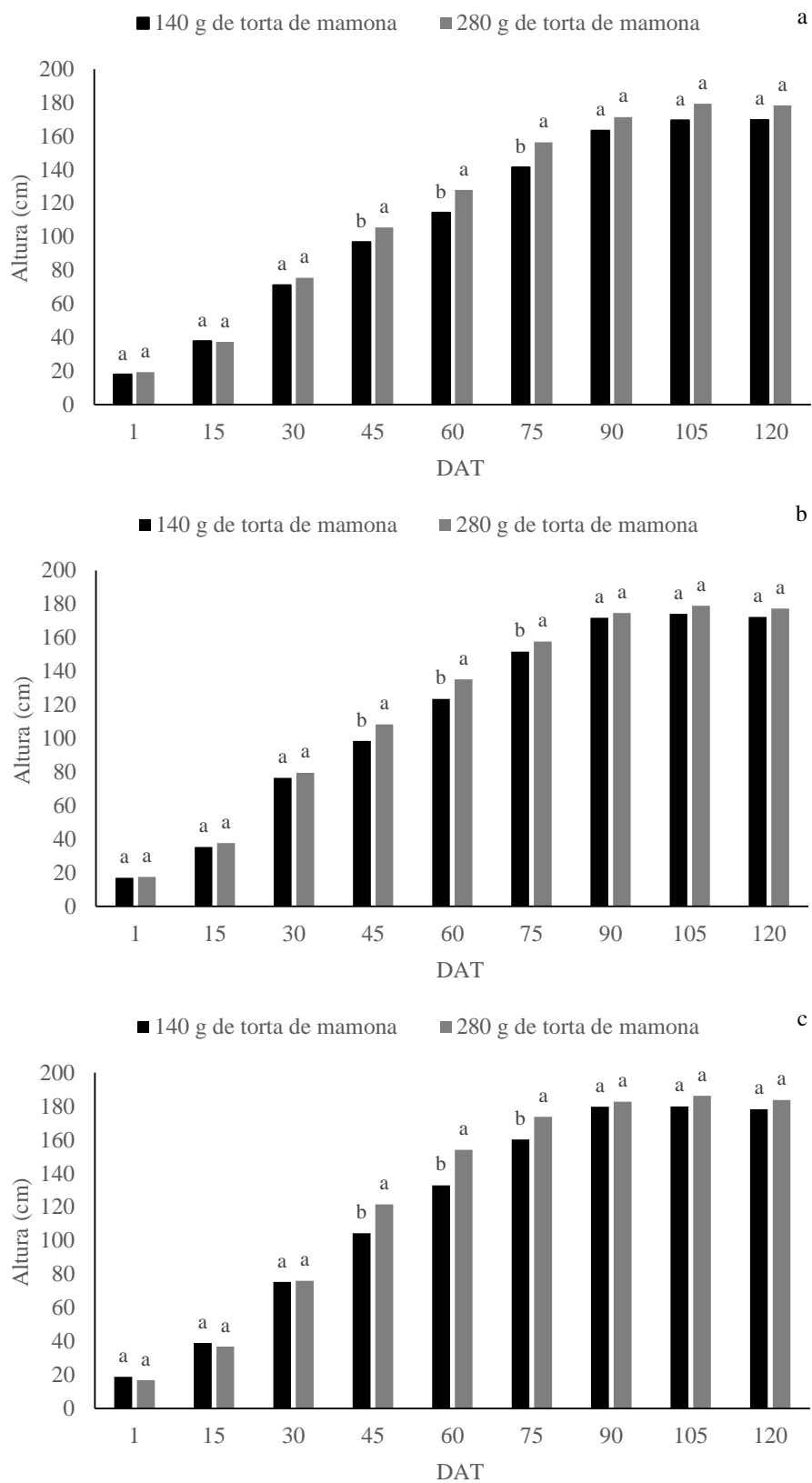


Figura 12. Altura das plantas para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAT.

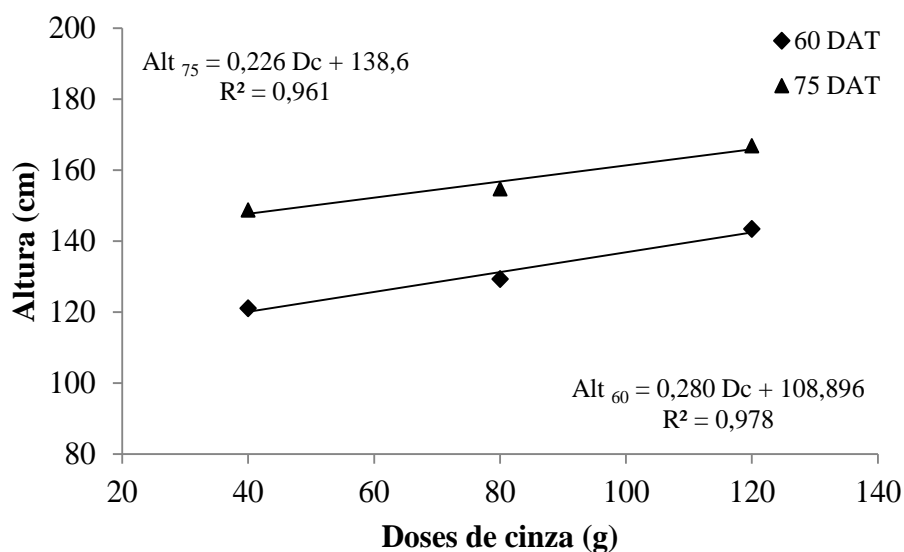


Figura 13. Altura das plantas para as diferentes doses de cinza, aos 60 e 75 DAT.

O número de folhas aumentou com o aumento da dose de torta de mamona a partir dos 30 DAT até os 90 DAT (Figura 14). A dose de 280 g foi responsável pelo aumento, em média, de 13, 18, 15, 13 e 8%, respectivamente, aos 30, 45, 60, 75, 90 DAT. No estudo realizado por Oliveira Filho et al. (2010) também foi encontrado um aumento crescente do número de folhas em resposta ao aumento das doses de torta de mamona até determinado nível, decrescendo a partir deste, de forma que foram ajustadas equações de regressões quadráticas para as ambas as cultivares. O maior número de folhas foi estimado para a dose de 26,6 t ha⁻¹ (Energia) e de 22,8 t ha⁻¹ (Guarany), aos 63 DAT. Aos 90 DAS houve diferença entre as respostas das cultivares, foi observada resposta linear crescente para a cultivar Energia e quadrática para a cultivar Guarany, de forma que o número de folhas aumentou até determinada dose de torta de mamona (17,8 t ha⁻¹).

Martins et al. (2011) também encontraram aumento no número de folhas de muda de bananeira com o aumento da dose de torta de mamona até 12 g por planta, a partir desta dosagem o número de folhas diminuiu.

As doses de cinza influenciaram significativamente o número de folhas de tomate aos 45 e 60 DAT (Figura 15). A dose de 140 g proporcionou aumento de 13 e 12 %, respectivamente, aos 45 e 60 DAT, no número de folhas. Avaliando o efeito de 4 doses de cinza (0, 750, 1500 e 2250 g planta⁻¹) em vinhedo, Piva et al. (2013), obtiveram aumento do índice de área foliar, com o aumento das doses de cinza, quando aplicou ao cultivo 5 e 10 kg de esterco bovino por planta. No tratamento em que não foi aplicado esterco bovino, o índice de área foliar se manteve (0,8) constante, independentemente das doses de cinza aplicadas. Bonfim-Silva et al. (2015) encontraram efeitos significativos de cinco diferentes doses de cinza (0, 14, 28, 42, 56 e 70 g por planta) no número de folhas de rabanete, sendo o valor máximo de número de folhas (8,48 folhas vaso⁻¹) para a dose de 46,16 g de cinza por planta.

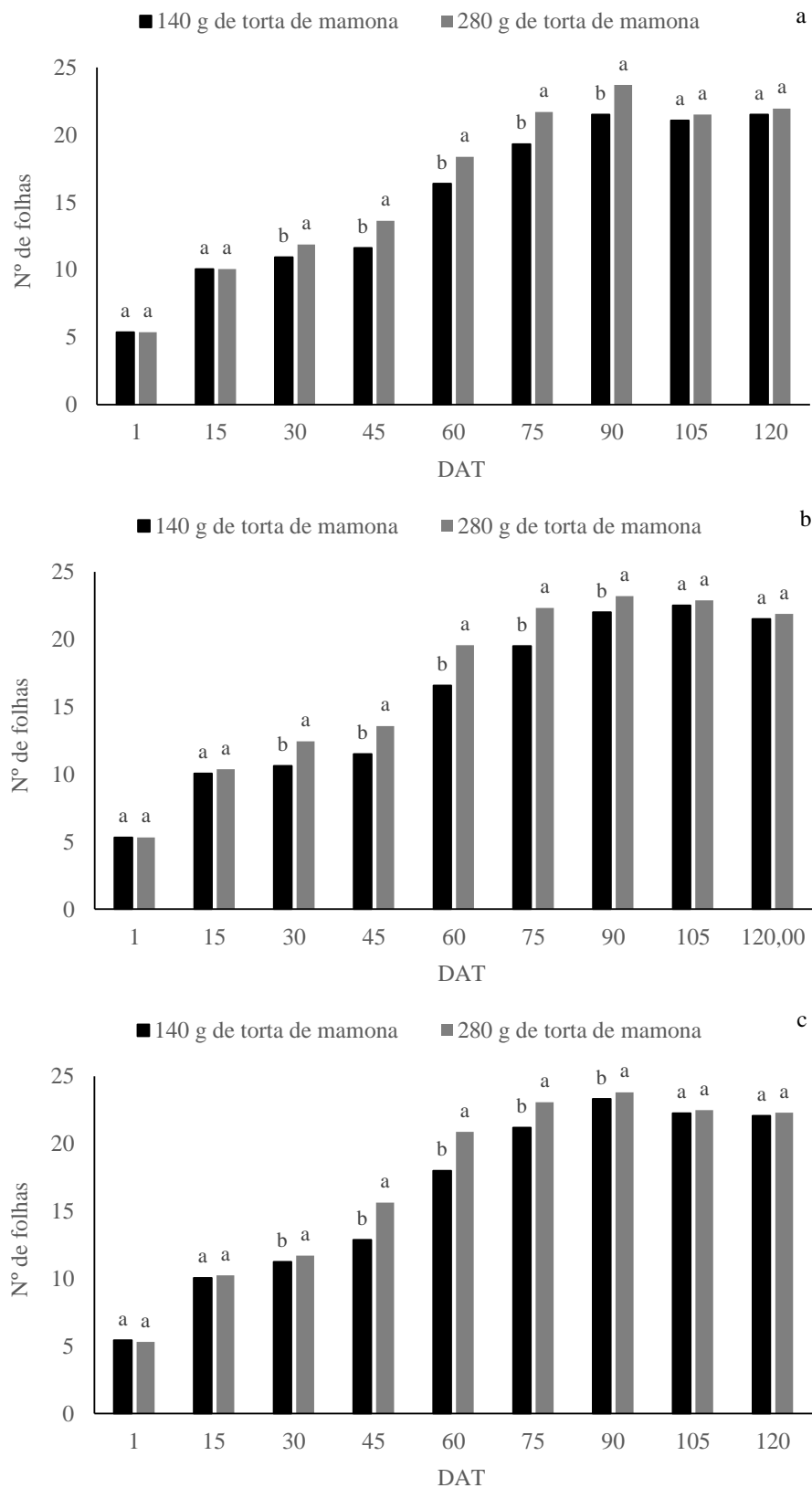


Figura 14. Número de folhas para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAT.

Sofiatti et al. (2007) também obtiveram aumento no número de folhas com o aumento das doses de cinza na cultura do algodoeiro. O maior número de folhas foi obtido com a dose de 6 t ha⁻¹.

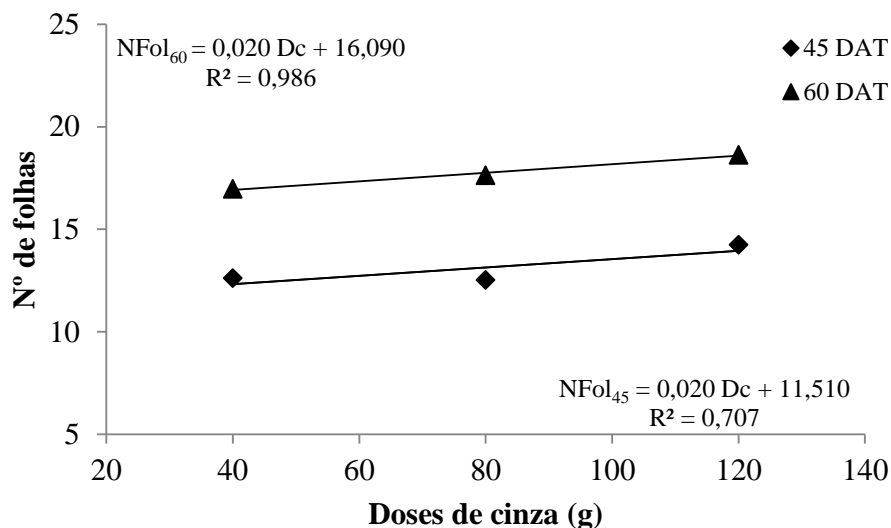


Figura 15. Número de folhas para as diferentes doses de cinza, aos 45 e 60 DAT.

O número de cachos foi influenciado significativamente pelas doses de torta de mamona a partir dos 30 DAT até os 75 DAT (Figura 16). A dose de 280 g proporcionou aumento, em média, de 25, 26, 27 e 14 %, respectivamente, aos 30, 45, 60 e 75 DAT, no número de cachos, com relação à dose de 140 g.

As doses de cinza influenciaram significativamente o número de cachos aos 45 e 60 DAT. A dose de 120 g aumentou em 14 e 19 %, respectivamente, aos 45 e 60 DAT, o número de cachos, com relação à dose de 40g (Figura 17).

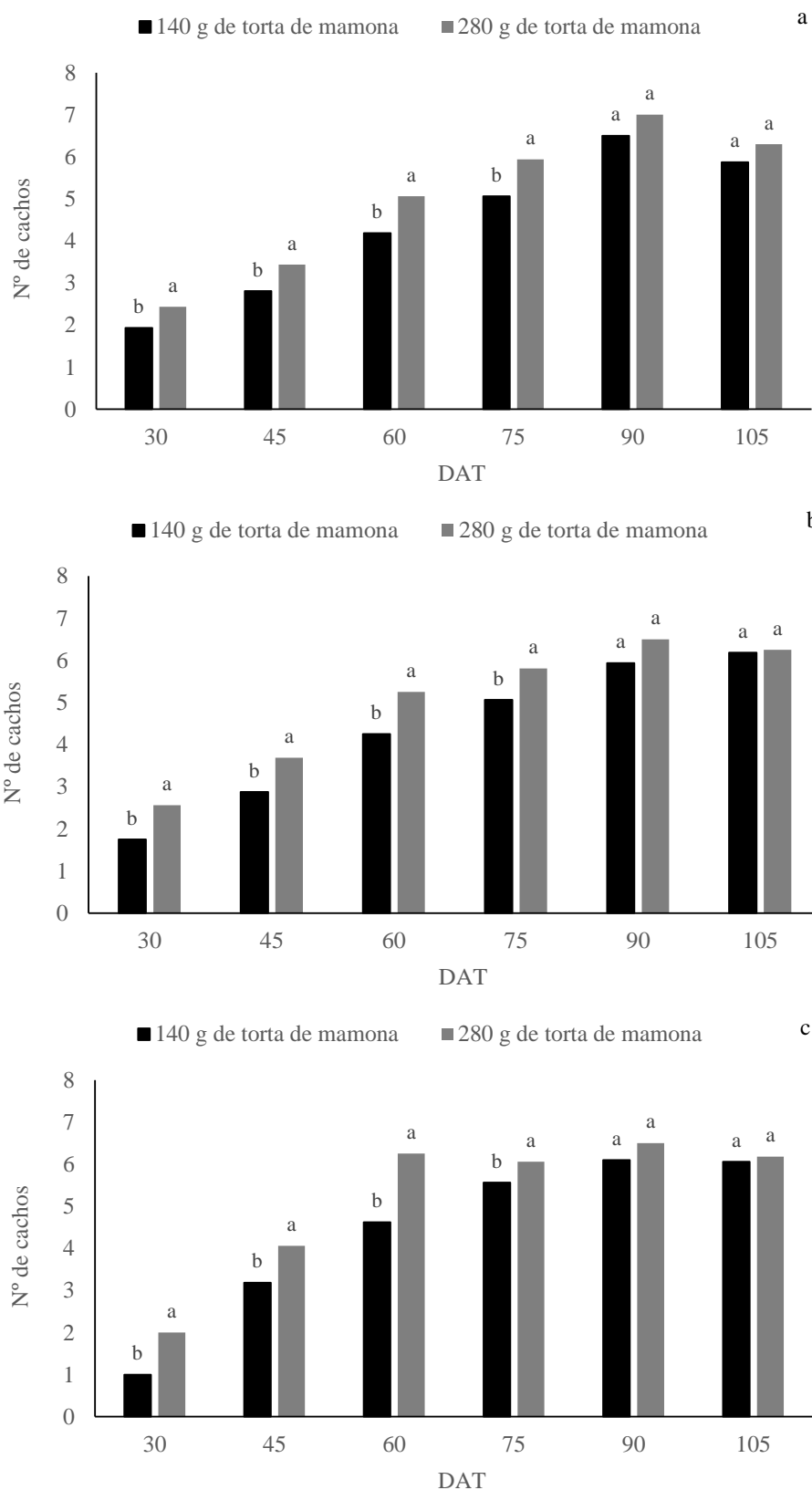


Figura 16. Número de cachos para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.

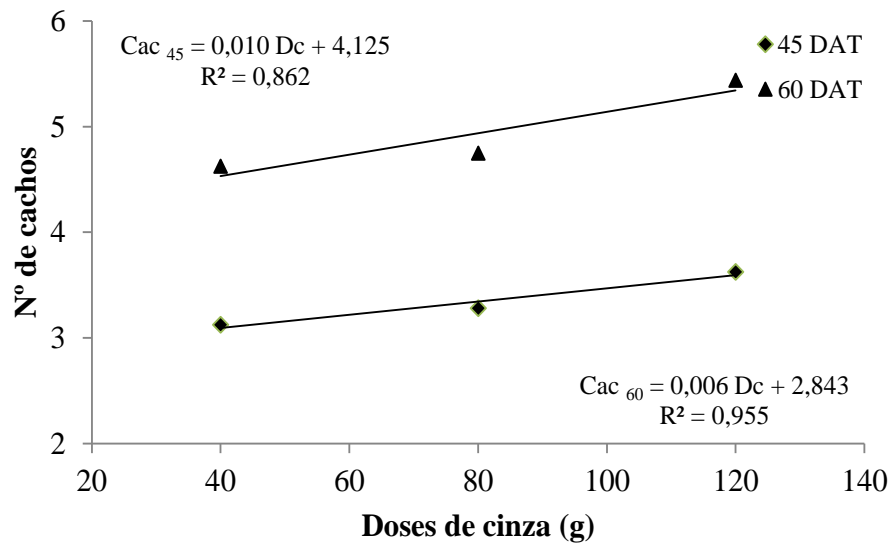


Figura 17. Número de cachos para as diferentes doses de cinza, aos 45 e 60 DAT.

O número de flores foi influenciado significativamente pelas doses de torta de mamona aos 60 e 75 DAT (Figura 18). Nessas avaliações a dose de 280 g contribuiu para o aumento, em média, de 166 e 49 %, respectivamente, aos 60 e 75 DAT, no número de flores, com relação à dose de 140 g. Oliveira Filho et al. (2010) também encontraram aumento no número de inflorescências com o aumento das doses de torta de mamona, até certa dosagem, ajustando-se equações quadráticas para as duas cultivares de mamona, sendo que o maior número de inflorescências foi estimado para as doses de 23,2 e 26,4 t ha⁻¹, respectivamente, para a cultivar Energia e Guarany. As doses de cinza não apresentaram efeitos no número de flores.

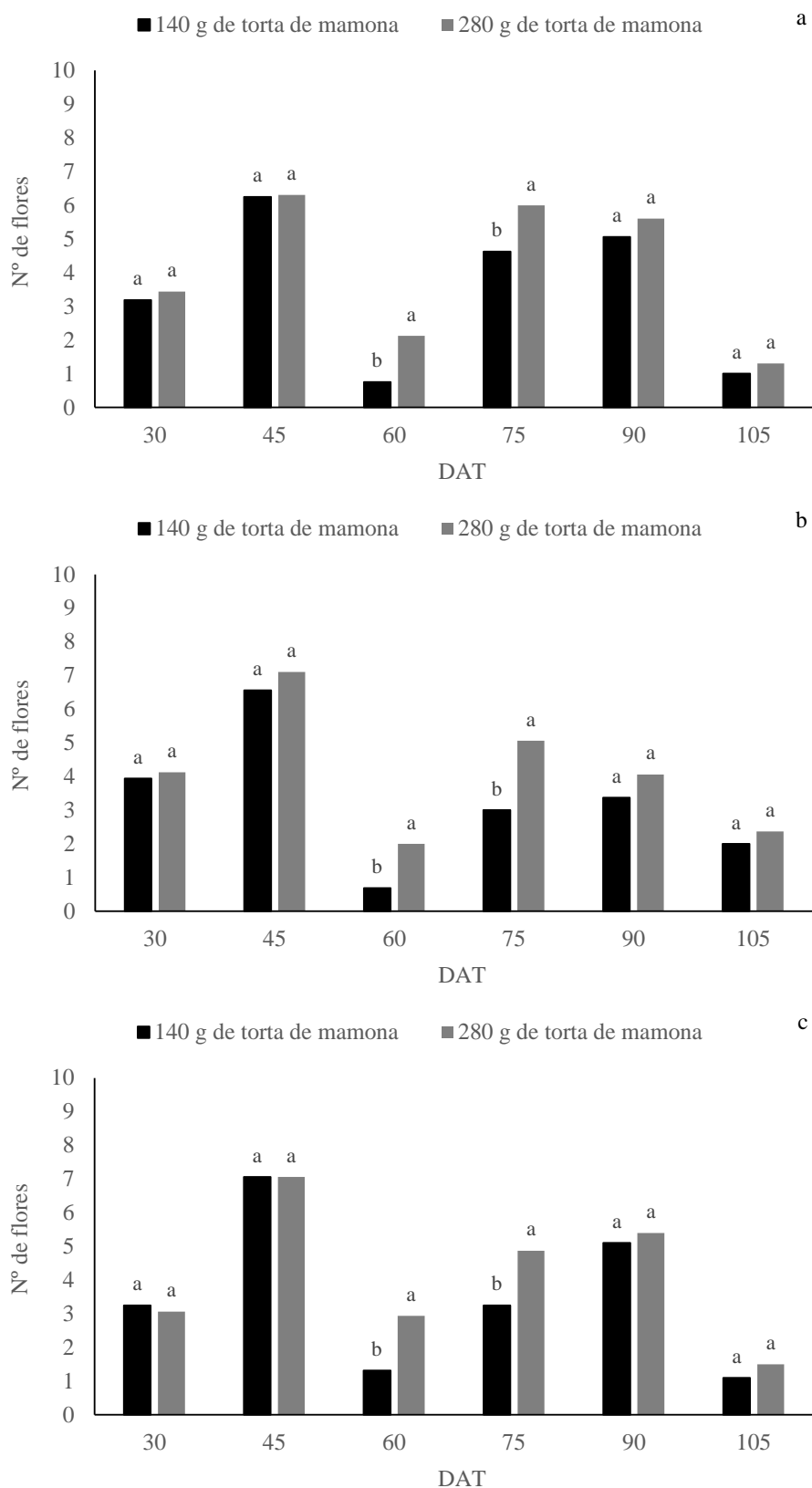


Figura 18. Número de flores para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.

O número de frutos foi influenciado significativamente pelas doses de torta de mamona a partir dos 30 DAT até os 105 DAT (Figura 19). Aumentos, em média, de 144, 65, 62, 47, 34 e 38 %, respectivamente, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no número de frutos foram obtidos com a dose de 280 g quando comparada com a dose de 140 g. Vignolo et al. (2011) avaliaram o efeito de diferentes níveis de adubação pré plantio com torta de mamona (TM), fosforita alvorada (FA) e cloreto de potássio (KCl), na cultura do morangueiro. As doses estudadas foram 0 kg ha⁻¹ de adubo (0 kg ha⁻¹ de TM, FA e KCl), 958 kg ha⁻¹ de adubo (800 kg ha⁻¹ de TM, 125 kg ha⁻¹ de FA e 33 kg ha⁻¹ de KCl), 1916 kg ha⁻¹ de adubo (1600 kg ha⁻¹ de TM, 250 kg ha⁻¹ de FA e 67 kg ha⁻¹ de KCl), 2874 kg ha⁻¹ de adubo (2400 kg ha⁻¹ de TM, 375 kg ha⁻¹ de FA e 100 kg ha⁻¹ de KCl). As doses influenciaram significativamente o número de frutos, seguindo um modelo de resposta quadrático. Houve um aumento significativo na produção com as dosagens iniciais, atingindo um ponto de máxima de 1937 kg ha⁻¹ para o número de frutos e decrescendo nas maiores dosagens.

A dose de cinza de 140 g proporcionou um aumento de 27% no número de frutos, aos 75 DAT (Figura 20).

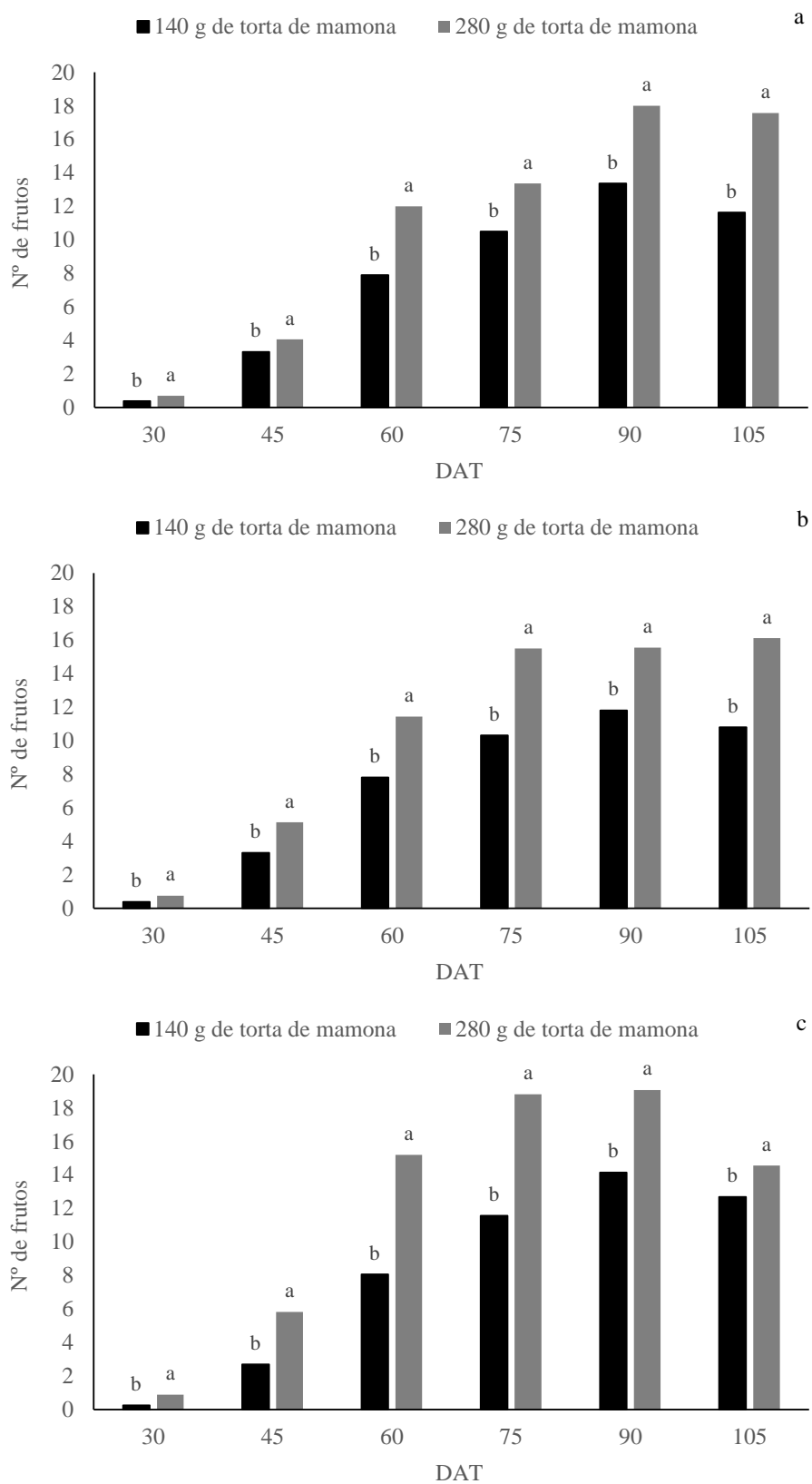


Figura 19. Número de frutos para as doses de torta de mamona, nas doses de 40 (a), 80 (b) e 120 (c) g de cinza, aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT.

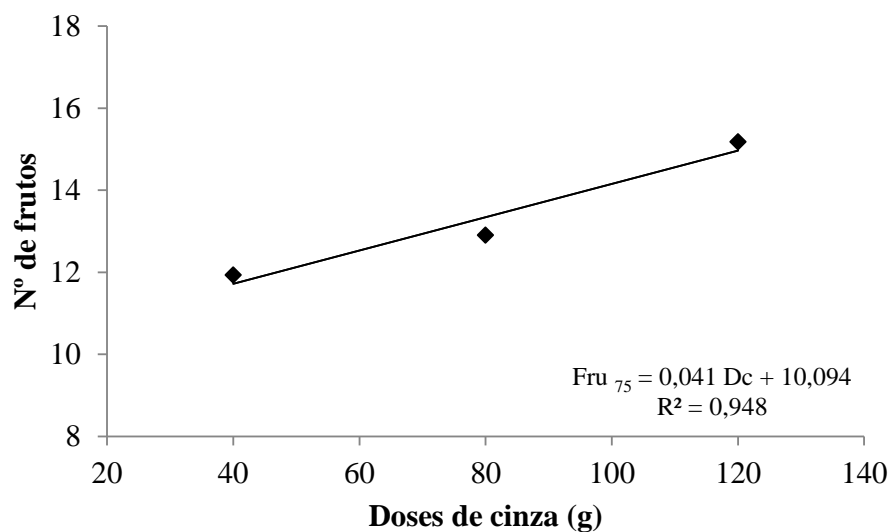


Figura 20. Número de frutos para as diferentes doses de cinza, aos 75 DAT.

9.2. Biomassa final em 2014

Não houve interação significativa entre os fatores cinza e torta de mamona em nenhuma das variáveis de biomassa final avaliadas no cultivo de 2014 (Anexo 2). As massas fresca de folha (MFF), fresca de caule (MFC), seca de folha (MSF) e seca de caule (MSC) obtiveram ganhos com o aumento da dose de torta de mamona (Tabela 12). A dose de 280 g foi responsável por aumentos de 78, 62, 83, 58 %, respectivamente, na MFF, MFC, MFR e MSF, com relação à dose de 140 g (Tabela 12). Prates et al. (2014) avaliaram o efeito de doses de torta de mamona (0,0; 0,5; 1; 2; 4; 6 e 8 t ha⁻¹) na massa seca de parte aérea de plantas de crambe (*Crambe abyssinica*). Houve um ajuste de regressão quadrática, sendo que a dose equivalente a 7,92 t ha⁻¹ de torta de mamona promoveu um ganho máximo de 5,4 g planta⁻¹. Silva et al. (2012) avaliou o efeito da torta de mamona (0, 5, 10, 20, 40 e 80 t ha⁻¹) na cultura da mamona. Observou-se ganho de matéria seca da parte aérea das plantas de mamona foi proporcional às doses de torta aplicada. A dose máxima recomendada para o maior incremento da massa seca da parte aérea foi de 62 t ha⁻¹.

As massas fresca de raiz (MFR) e seca de raiz (MSR) e o volume de raiz (VR) foram influenciados significativamente pelas doses de torta de mamona (Tabela 12). A dose de 280 g proporcionou ganhos de 83, 147 e 72 %, respectivamente, na MFR, MSR e no VR, com relação à dose de 140 g. A elevação nas doses de torta de mamona também resultou no aumento da massa seca da raiz de plantas de cambre. De acordo com a equação linear encontrada, com a aplicação equivalente a 8 t ha⁻¹, houve aumento médio de massa de 2,93 g planta⁻¹ (PRATES et al., 2014).

A MFF, MFC, MSF e MSC não foram influenciadas pelas doses de cinza. Silva et al. (2013a) avaliando o efeito de doses de cinza (0, 11 e 22 t ha⁻¹) na produção de massa seca da parte aérea no eucalipto, não encontraram efeitos significativos das doses de cinza.

Nabeela et al. (2015) obtiveram aumento na massa fresca e seca da parte aérea de plantas de canola em baixas concentrações de cinza (1 e 10 g kg⁻¹). Acima de 10 g kg⁻¹, houve

diminuição tanto da massa fresca e seca da parte aérea. Sofiatti et al. (2007) obtiveram aumentos na massa seca da parte aérea com o aumento das doses de cinza na cultura do algodoeiro. O maior valor para essa variável foi obtido com a dose de 6 t ha⁻¹.

A MFR e MSR e o VR não foram influenciados pelas doses de cinza. Martins et al. (2011) obteve aumentos na massa seca de parte aérea e de raiz com aumento da dose de cinza até a dose de 12 g por planta, em doses acima desse valor a massa seca de parte aérea e de raiz diminuiram.

Tabela 12. Massas fresca de folha (MFF), fresca de caule (MFC), fresca de raiz (MFR), seca de folha (MSF), seca de caule (MSC) e seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR) para as doses de cinza e torta de mamona, aos 120 DAT

Doses	MFF (g por planta)				MFC (g por planta)				
	Cinza (g)	Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)			
		140	280	140	280	140	280		
40	147,5	b	242,8	a	92,5	b	136,2	a	
80	148,3	b	255,3	a	100,0	b	189,3	a	
120	144,3	b	285,6	a	101,2	b	150,9	a	
Doses	MFR (g por planta)				MSF (g por planta)				
	Cinza (g)	Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)	
		140	280	140	280	140	280	140	280
40	137,5	b	329,6	a	36,2	b	52,8	a	
80	151,5	b	281,5	a	36,7	b	54,3	a	
120	168,4	b	226,8	a	34,9	b	63,9	a	
Doses	MSC (g por planta)				MSR (g por planta)				
	Cinza (g)	Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)		Torta de mamona (g)	
		140	280	140	280	140	280	140	280
40	26,7	b	36,5	a	29,5	b	94,3	a	
80	27,0	b	40,7	a	36,6	b	77,6	a	
120	27,1	b	43,3	a	35,4	b	78,2	a	
Doses	VR (mL)								
	Cinza (g)	Torta de mamona (g)				Torta de mamona (g)			
		140	280	140	280	140	280	140	280
40	90,3	b			183,7	a			
80	105,4	b			169,3	a			
120	98,7	b			155,6	a			

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste F (p<0,05).

Os resultados obtidos neste trabalho mostram o efeito benéfico do uso da torta de mamona como uma fonte de nutrientes para as plantas. A maioria das variáveis avaliadas apresentou maiores valores na dose de 280 g, quando comparada com a dose de 140 g. Segundo Oliveira Filho et al. (2010) a torta de mamona é um subproduto de elevado valor nutricional, representando um importante insumo agrícola. Por conter 4,15, 0,61 e 0,96% de N, P e K, respectivamente, e ter uma relação C/N de aproximadamente 11,60 (ZAPATA et al., 2012) este material se torna uma importante fonte de nutrientes para as plantas (LIMA et al., 2011), além de apresentar capacidade de disponibilizar os nutrientes em velocidade compatível com a demanda da cultura (SANTOS et al., 2012).

Os ganhos obtidos neste trabalho com o aumento da dose desse material aplicado a cultura do tomateiro são em função do aumento na dose de N proporcionada as plantas. Segundo Ferreira et al. (2010) a elevação no nível de N fornecido às plantas aumenta a altura das plantas, o número de folhas, a área foliar, o florescimento, a frutificação e o peso de

matéria seca das raízes, do caule, das folhas e dos frutos da cultura do tomateiro. Porém, a literatura apresenta alguns casos em que a partir de uma determinada dosagem pode haver perdas nas variáveis avaliadas neste trabalho. Esse fato é devido o excesso de N que pode provocar um crescimento exagerado do caule e folhas, tornar a planta menos resistente a falta de água, e mais suscetível ao ataque de pragas, além de contribuir para o aparecimento de distúrbios fisiológicos (CARVALHO et al., 2004). A torta de mamona fornecida em dose superior a 4% (em volume), o que equivale a 24 t ha⁻¹ incorporada à camada 0-10 cm do solo, pode provocar toxicidade sobre a mamoneira, comprometendo a emergência e o crescimento inicial da planta (SEVERINO et al., 2007). Estes autores ainda explicam que o estudo realizado não é suficiente para afirmar que o problema observado tenha ocorrido devido ao excesso de N, mas que há grande possibilidade de que esta seja a principal razão.

A cinza de madeira também apresentou um efeito benéfico na maioria das variáveis avaliadas. O aumento na dose de cinza favoreceu positivamente as variáveis avaliadas nessa pesquisa. Os principais nutrientes encontrados na cinza são o K, o Mg, o Ca e o P. Estes nutrientes têm papéis fisiológicos vitais na formação da clorofila, nucleótidos, fosfatídeos, e alcalóides, bem como na síntese de muitas enzimas, hormônios e vitaminas (MOHAMED et al., 2008). Os micronutrientes estão presentes em quantidades menores e variáveis (KUBA et al., 2008). Os teores de nutrientes e micronutrientes sugerem a utilização da cinza como fertilizante, quer em estado puro ou em combinação com outros materiais (em particular, materiais contendo N). Uma opção é misturá-la com resíduos orgânicos e produtos de compostagem (KUBA et al., 2008). Porém a literatura apresenta alguns casos em que a partir de uma determinada dosagem pode haver perdas nas variáveis avaliadas nessa pesquisa. Isso se deve ao fato dos efeitos adversos da cinza de madeira em doses mais elevadas como uma alteração no pH e ao aumento da concentração de elementos tóxicos nas plantas. Ohno & Erich, (1990) afirmam que a cinza de madeira pode ter um forte efeito de calagem do solo e aumentar o pH do solo, resultado confirmado por Perucci et al. (2006). Esses autores relatam que o poder de neutralização da cinza de madeira foi cerca de metade do poder de neutralização com calcário agrícola e o pH do solo aumentou logaritmicamente com a taxa de aplicação.

9.3. Análise de crescimento não destrutiva em 2015

A altura das plantas de tomate foi influenciada negativamente pela diminuição da lâmina de irrigação dos 45 aos 111 DAT (Figura 21). Com a diminuição de 37 % da lâmina de irrigação (213 mm para 135 mm), houve uma diminuição na altura das plantas de 11, 12, 7, 8, 7, 7 %, respectivamente, aos 45, 60, 75, 90, 105, 111 DAT. Também trabalhando com o tomateiro em ambiente protegido, Soares et al. (2011) e Macêdo & Alvarenga (2005) encontraram efeitos significativos das lâminas de irrigação na altura das plantas, sendo que os primeiros encontraram aumento de 10% na altura das plantas submetidas a 120% da evapotranspiração da cultura (ETc) com relação a lâmina correspondente a 60% da ETc e os segundos diminuição da altura das plantas, aos 60 e 90 DAT, com a diminuição da lâmina de irrigação de 399 mm para 158 mm.

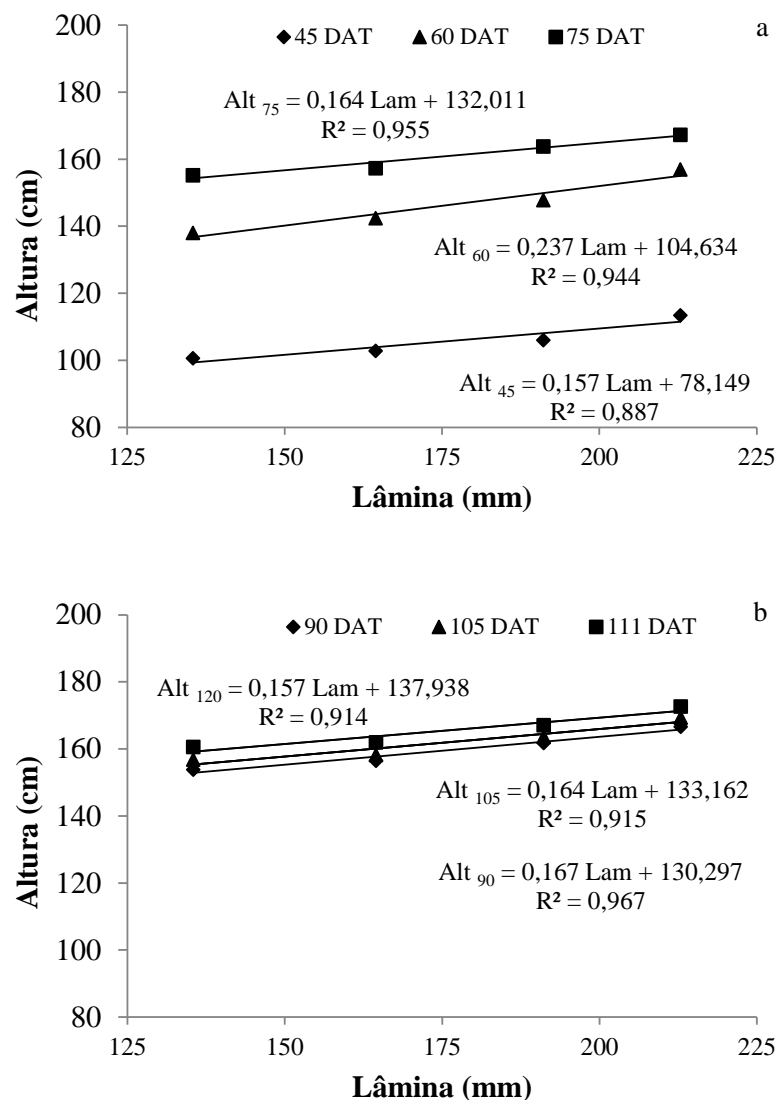


Figura 21. Altura das plantas para as lâminas de irrigação, aos 45, 60 e 75 DAT (a) e aos 90, 105 e 111 DAT (b).

Avaliando o efeito de cinco diferentes lâminas de irrigação (70% (372 mm), 100% (584 mm), 130% (584 mm), 160% (693 mm) e 190% (802 mm) da ETc) na cultura do tomateiro, cultivar Andréa, Santana et al. (2010) encontraram uma tendência de aumento da altura das plantas até aproximadamente 500 mm com posterior decréscimo. Dessa forma, lâminas menores ou maiores ocasionaram perdas na altura das plantas, em relação à reposição de 100%.

O número de folhas foi influenciado significativamente pelas lâminas de irrigação somente aos 45 DAT (Figura 22). Observou-se uma diminuição do número de folhas de 11 % com a diminuição de 37 % da lâmina de irrigação. Soares et al. (2011) encontraram um aumento de 18 % na quantidade de folhas entre as plantas irrigadas com a lâmina de 120% da ETc em relação às submetidas a 60% da ETc.

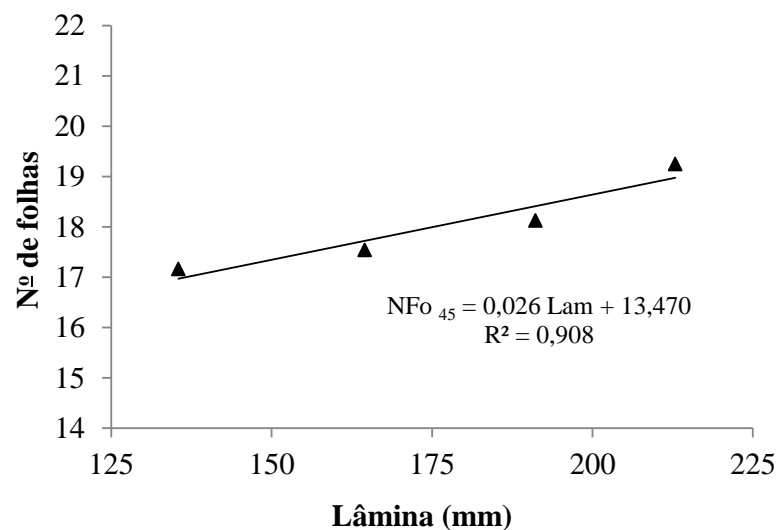


Figura 22. Número de folhas para as lâminas de irrigação, aos 45 DAT.

Zheng et al. (2013), trabalhando com a cultura do tomate submetida a cinco diferentes potenciais matriciais da água no solo para reinício da irrigação (-10 (355 mm), -20 (340 mm), -30 (324 mm), -40 (314 mm) e -50 (277 mm) kPa), no noroeste da China, encontraram valores maiores de índice de área foliar para as plantas submetidas a lâmina de 355 mm quando comparadas com as plantas submetidas a lâmina de 277 mm, durante todo o período de cultivo. Segundo Monteiro et al. (2005) a área foliar de uma planta depende do número e do tamanho das folhas e do seu tempo de permanência na planta.

As lâminas de irrigação não influenciaram significativamente as variáveis número de cachos e número de flores. Cantore et al. (2016) também não encontrou diferenças significativas no número de cachos (6,23 em média) com a aplicação do déficit hídrico na cultura do tomateiro. Silva et al. (2013b), testando cinco taxas de reposição da ETc (33; 66; 100; 133 e 166% da ETc) na cultura do tomateiro (cultivar “Caline IPA 6”) em ambiente protegido, observaram influência significativa das lâminas de irrigação no número de flores, com a maior quantidade de flores sendo obtida nas plantas submetidas à taxa de reposição da ETc de 136%.

O número de frutos foi influenciado significativamente pelas lâminas de irrigação aos 60 e 75 DAT (Figura 23). A redução de 37 % na lâmina de irrigação diminuiu o número de frutos em 32% e 20%, respectivamente, aos 60 e 75 DAT. Silva et al. (2013b), também encontraram redução no número de frutos com a aplicação de lâminas de irrigação correspondentes a 33% (180 mm) e 66% (342 mm) da ETc, segundo os autores este fato é passível de ter sido impulsionado pela taxa de reposição do consumo hídrico ter ocorrido em níveis estressantes às plantas. Da mesma forma como encontrado para a altura das plantas, Santana et al. (2010) relata um aumento do número de frutos até aproximadamente 500 mm com posterior decréscimo. Macêdo & Alvarenga et al. (2005) também obtiveram diminuição do número de frutos comerciais com a diminuição da lâmina de irrigação de 399 mm para 158 mm. As análises de variância de todas as variáveis de crescimento avaliadas se encontram no anexo 2.

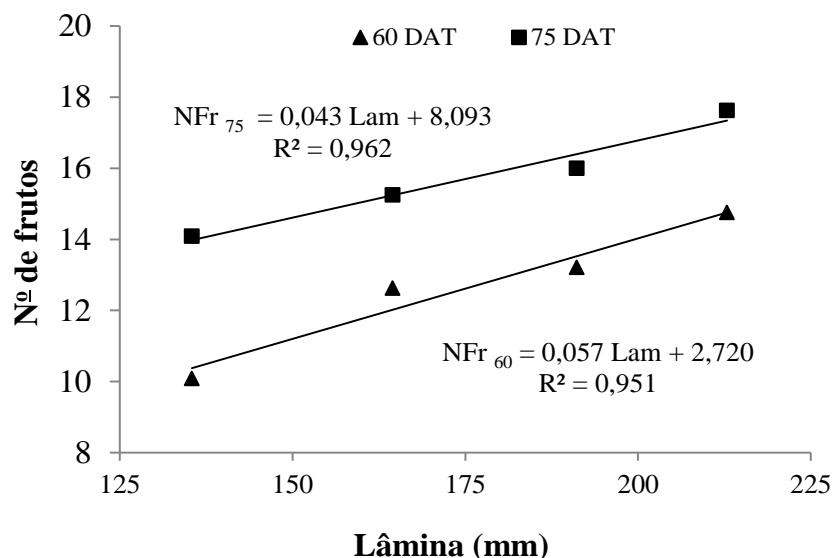


Figura 23. Número de frutos para as lâminas de irrigação, aos 60 e 75 DAT.

9.4. Biomassa final em 2015

A MFF, MSF, MFC e MSC foram influenciadas significativamente pelas lâminas de irrigação (Figura 24 e 25). Com a diminuição da lâmina de irrigação de 213 para 135 mm, as perdas foram de 25, 15, 16 e 14% para MFF, MFC, MSF e MSC, respectivamente.

Cantore et al. (2016) trabalhando com a cultura do tomate, avaliaram o efeito de três regimes de irrigação (100 % da recuperação completa da evapotranspiração da cultura (RCEC) (368,25 mm), 50 % da RCEC (184,1 mm) e sequeiro (20 mm)) na produção de biomassa seca da parte aérea. Essa variável diminuiu consideravelmente com a diminuição da lâmina de irrigação, com valores de 269,57, 208,05 e 127,23 g m⁻², respectivamente, para 100 e 50 % da RCEC e sequeiro. Buttaro et al. (2015) avaliaram o efeito de duas tensões da água no solo para reinício da irrigação (10 (134, 5 L planta⁻¹) e 40 (77 L planta⁻¹) kPa) na cultura do tomateiro. Com o reinício da irrigação quando a tensão atingia -40 kPa houve diminuição da massa seca da parte aérea de 8,1 para 6,6 g 100 g⁻¹ de massa seca, com relação ao reinício da irrigação quando a tensão atingia -10 kPa.

A MFR, MSR e o VR não foram influenciados pelas lâminas de irrigação. Soares et al. (2011) também não encontraram diferenças significativas na MSR sob diferentes lâminas de irrigação. As análises de variância de todas as variáveis de biomassa final se encontram no anexo 2.

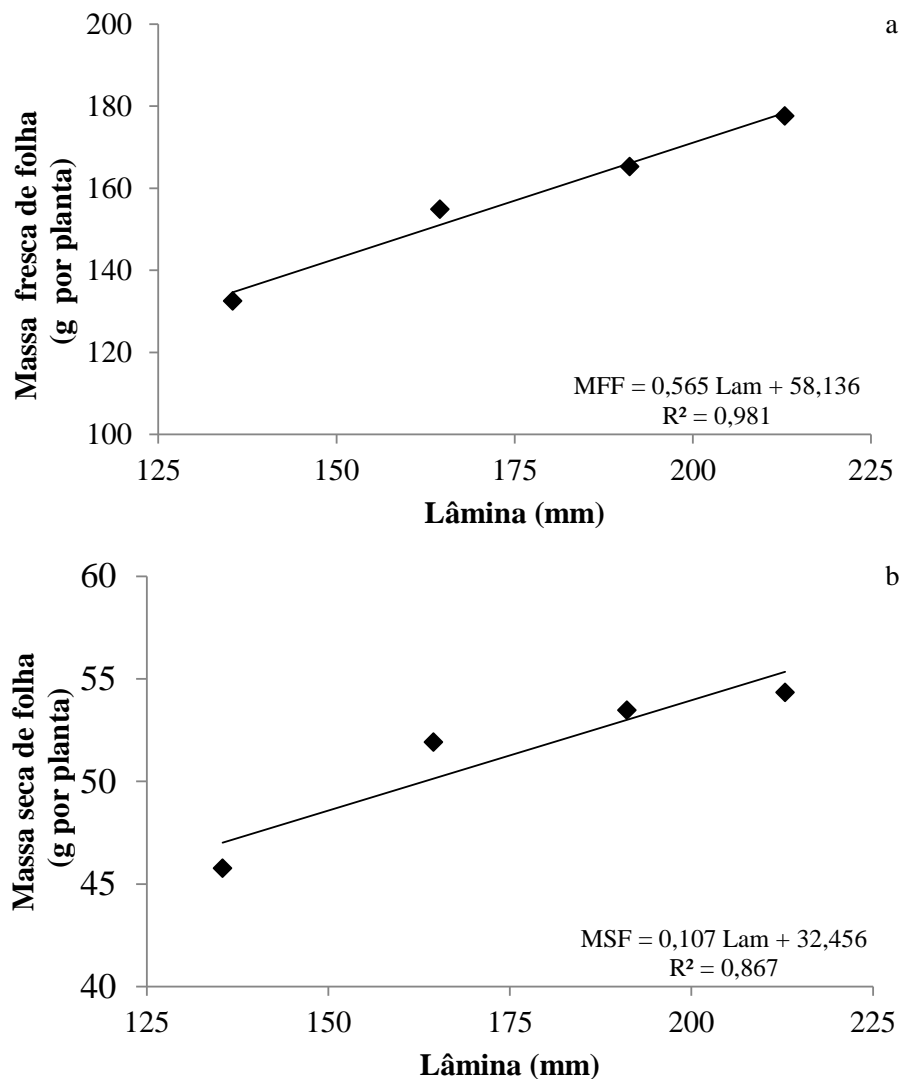


Figura 24. Massas fresca (MFF) (a) e seca (MSF) (b) de folha para as lâminas de irrigação, aos 111 DAT.

Na maioria das variáveis avaliadas por essa pesquisa, a diminuição da lâmina de irrigação aplicada resultou em perdas. Isso decorre do fato de que qualquer grau de stress hídrico pode produzir efeitos deletérios sobre o crescimento e a produtividade da cultura do tomate (SAIF et al., 2003). O déficit de água resulta em numerosas alterações fisiológicas, como a redução da massa da raiz, da área foliar e do número de folhas, e conseqüentemente, reduzir o crescimento das plantas (MAO et al., 2003; PATANÈ et al., 2011). A planta quando submetida ao estresse hídrico, tem praticamente todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento afetados, o que pode modificar a anatomia e a morfologia, como também interferir em muitas reações metabólicas (SOARES et al., 2011). A falta de água reduz a pressão de turgor e, conseqüentemente, o fluxo de seiva pelos vasos condutores (TAIZ & ZEIGER, 2009), fato que tende a diminuir o alongamento celular e, assim, o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

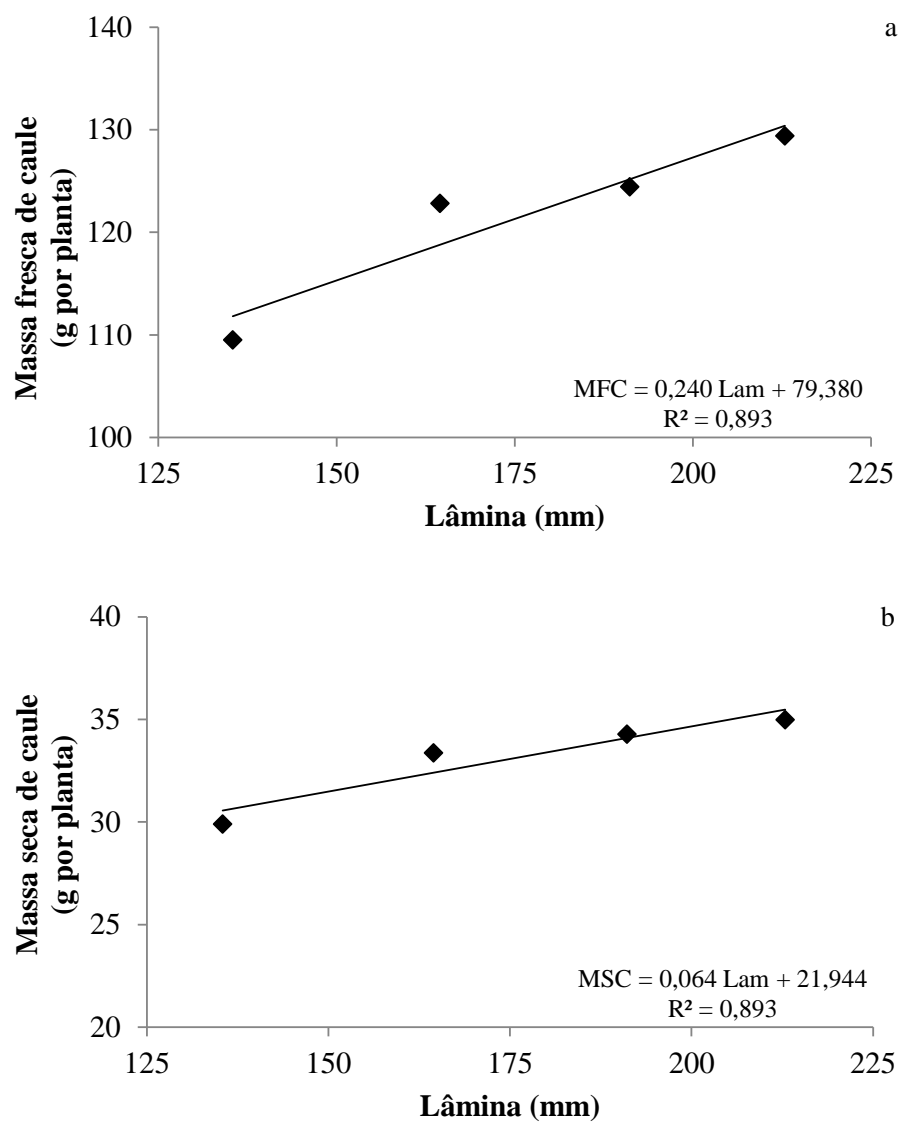


Figura 25. Massas fresca (MFC) (a) e seca (MSC) (a) de caule para as lâminas de irrigação, aos 111 DAT.

10 CONCLUSÃO

A aplicação da dose de 140 g de cinza e de 280 g de torta de mamona favoreceu o aumento das variáveis de crescimento e de biomassa final em plantas de tomate. O déficit hídrico causa perdas nas variáveis de crescimento e de biomassa final em plantas de tomate. A lâmina de 213 mm foi a que obteve os melhores valores das variáveis de crescimento e de biomassa final em plantas de tomate.

CAPÍTULO III

EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NO TOMATEIRO, COM IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA EM AMBIENTE PROTEGIDO

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de quatro lâminas de irrigação (135, 165, 191 e 213 mm) na produtividade e qualidade de frutos de tomate, utilizando um acionador automático para irrigação de baixo custo. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados. As variáveis avaliadas foram as massas de fruto total (MFT), comercial (MFC) e com podridão apical (MFPA), os diâmetros de fruto total (DFT) e comercial (DFC), os números de frutos total (NFT), comercial (NFC) e com podridão apical (NFPA), a eficiência do uso da água (EUA) e o teor de sólidos solúveis. A imposição do déficit hídrico a cultura do tomateiro diminuiu a produtividade comercial de frutos de tomate. A lâmina de 213 mm foi a responsável pela maior produtividade comercial de frutos (4,04 kg por planta (80,8 t ha⁻¹)). Os maiores valores de EUA (37,00 e 37,93 kg m⁻³) foram encontrados para as lâminas de 191 e 213 mm, respectivamente.

Palavras chaves: déficit hídrico, acionador automático para irrigação (AAI) e *Solanum lycopersicum* L..

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of four irrigation levels (135, 165, 191 and 213 mm) in the productivity and quality of tomato fruits using an automatic device irrigation of low-cost. The experimental design was a randomized block. The variables were the total mass fruit (TMF), marketable (MMF) and blossom end-rot (BERMF), total diameters fruit (TDF) and marketable (MDF), total number of fruits (TNF), marketable (MNF) and blossom end-rot (BERNF), water use efficiency (WUE) and the soluble solids. The imposition of deficit irrigation the tomato crop decreased marketable productivity of tomato fruits. The levels of 213 mm was responsible for most marketable fruit yield (4.04 kg per plant (80.8 t ha⁻¹)). The larger WUE values (37.00 and 37.93 kg m⁻³) were found for the levels 191 and 213 mm, respectively.

Key words: deficit irrigation, automatic device for irrigation (ADI) and *Solanum lycopersicum* L..

11 INTRODUÇÃO

A escassez de água a nível mundial, a crescente competição por recursos hídricos entre a agricultura e outros setores e o aumento contínuo da área irrigada, a fim de atender a demanda crescente por alimentos (LI et al., 2012), obriga a adoção de estratégias de manejo da água de irrigação com o intuito de aumentar a produtividade hídrica das culturas (WANG et al., 2010). O manejo da irrigação é uma prática que visa a reposição de água ao solo, na quantidade e no momento oportuno (MAROUELLI et al., 2002), de forma que não ocorram perdas na produtividade e na qualidade dos produtos e nem desperdício de água (COSTA et al., 2007). Além disso, essa prática se faz necessária em sistemas orgânicos de produção, para que estes alcancem uma produção de alimentos com um menor impacto ambiental possível (WEI et al., 2016).

Uma forma de se obter maior eficiência do uso da água é adotar um manejo da irrigação com déficit hídrico (CANTORE et al., 2016). O tomate é classificado como uma cultura de alta demanda de água e sensível ou moderadamente tolerante ao estresse hídrico (ZHENG et al., 2013). O efeito da intensidade do déficit hídrico na cultura do tomateiro foi avaliado por Zheng et al. (2013), submetendo a cultura a diferentes tensões da água no solo (-10, -20, -30, -40, -50 kPa) para o reinício da irrigação. A produtividade do tomateiro aumentou linearmente com o aumento das lâminas de irrigação. Este comportamento linear também foi observado por Hanson & May (2004) e Mukherjee et al. (2010). Porém, foi também constatado que elevadas produtividades podem, ainda, serem obtidas nos cultivos submetidos a tensões da água no solo de 30 ou 40 kPa, ou seja, sem ou com apenas déficit hídrico leve, pois as produtividades somente foram reduzidas significativamente no cultivo submetido a tensão da água no solo maior que 40 kPa (50 kPa). Estes resultados estão de acordo com estudos que mostraram que a produtividade de frutos de tomate foi significativamente reduzida pelo déficit hídrico grave (MUKHERJEE et al., 2010; BERIHUN, 2011; PATANÈ et al., 2011).

O efeito da ocorrência ou não do déficit hídrico durante o período de desenvolvimento do tomateiro também foi discutida por Patanè & Consetino (2010), que observaram que nos cultivos onde a irrigação foi realizada durante todo o período de desenvolvimento, a produtividade total (maior que 60 t ha⁻¹) e comercial (maior que 47 t ha⁻¹) foi quase ou maior que duas vezes a obtida nos cultivos em que a irrigação era realizada somente até o aparecimento da primeira frutificação. Os cultivos sofreram com o corte da irrigação, reduzindo severamente a produtividade total para níveis não significativamente diferentes do cultivo não irrigado. A massa dos frutos foi significativamente mais alta no cultivo onde a irrigação foi realizada durante todo o período de cultivo. No entanto, poucos estudos abordam o efeito do déficit hídrico na produtividade de frutos de tomate orgânico.

O tomate é um dos principais produtos da agricultura orgânica no Brasil (NASCIMENTO et al., 2013) e segundo Melo et al., (2009) o seu cultivo é uma excelente oportunidade de negócio e um grande desafio para os produtores. Sistemas orgânicos que minimizem os efeitos da produção de alimentos no meio ambiente e que mantenha a saúde e fertilidade do solo (MEHDIZADEH et al., 2013), podem representar uma possível solução para produzir alimentos com menos insumos externos. Valarini & Resende (2007) citam que a produção orgânica de olerícolas apresenta melhor desempenho ambiental do que o sistema convencional, uma vez que melhora a conservação dos recursos naturais, e, também, melhora

a qualidade da água. O rendimento do tomate orgânico é menor quando comparado com o tomate convencional (LUZ et al., 2007, DE PONTI et al., 2012), porém apresenta um custo de produção 17,1 % menor e uma rentabilidade 113,6 % maior. Além disso, os consumidores de produtos orgânicos aceitam frutos com formas e cores diferentes e estão dispostos a pagar mais por este produto (LUZ et al., 2007).

A irrigação é uma das técnicas mais complexas utilizadas na agricultura devido à multiplicidade de fatores que estão envolvidos no manejo da água de irrigação (ESCARABAJAL-HENAREJOS et al., 2015). A utilização de um sistema de automação da irrigação, que realize um manejo adequado da água e que possa ser regulado para implementar o déficit hídrico aos cultivos, pode auxiliar o produtor rural na realização de um manejo adequado da água de irrigação. Além disso, essa tecnologia diminui a mão de obra empregada tanto no manejo da água de irrigação quanto no acionamento e desligamento do sistema de irrigação. Porém, a maioria dos sistemas de automação para irrigação são de alto custo e de difícil instalação. O dispositivo denominado acionador automático para irrigação (AAI) (BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2014; GOMES et al., 2014; MEDICI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014, SANTOS et al.; 2015a) controla o acionamento, a duração e a paralisação da irrigação automaticamente, com base na tensão da água no solo (MEDICI et al., 2010). Este dispositivo é confeccionado com peças largamente produzidas na indústria, o que faz com que este dispositivo seja considerado de baixo custo em relação aos demais controladores disponíveis no mercado (GONÇALVES et al., 2014).

Gomes et al. (2014), utilizou o AAI no cultivo solteiro de alface e cenoura e no cultivo consorciado das duas espécies. Estes autores alcançaram produtividades de cenoura variando de 48,72 a 63,38 t ha⁻¹. Avaliando o efeito de duas tensões de água no solo na cultura da alface (3,0 e 9,0 kPa), utilizando o acionador automático para irrigação, Batista et al. (2013) encontraram como resultado que as massas fresca e seca das cabeças de alface foram maiores (301,8 e 10,9 g pl⁻¹, respectivamente) com o controlador operando a 9,0 kPa.

Com o objetivo de comparar o AAI a outras duas técnicas de manejo (sistema Irrigás e tanque classe A) quanto a operacionalidade dos sistemas, lâminas aplicadas e dados de produção, na produção de alface (*Lactuca sativa* L.), Gonçalves et al. (2014) observaram que a produção e as lâminas aplicadas não foram influenciadas pelas técnicas de manejo estudadas, porém quanto a operacionalidade os métodos de manejo da irrigação avaliados apresentaram diferenças acentuadas. Com o uso do AAI, a maior exigência ocorreu na fase de montagem e instalação do equipamento, mas durante a condução do cultivo a exigência de mão de obra foi praticamente nula. O tanque Classe A exigiu leituras diárias de evaporação do tanque, assim como a manutenção do mesmo, quando necessário. O Irrigás apresentou dificuldades no manejo no que se refere ao ajuste da lâmina, pois exigiu que fossem feitas leituras após cada evento de irrigação a fim de verificar se a mesma foi suficiente ou não para que o sensor indicasse a leitura de solo úmido.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do déficit hídrico na cultura do tomateiro, cultivado em vasoponia orgânica, utilizando um acionador automático para irrigação de baixo custo.

12 MATERIAL E MÉTODOS

12.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia pertencente ao Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica - RJ, Brasil (latitude 22°48'S; longitude 43°41'W; altitude de 33 m), durante o ano de 2015. De acordo com Carvalho et al. (2006), o clima da região é classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, com chuvas no verão, temperaturas elevadas e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5 °C.

O experimento com tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cultivar Dominador, cultivado em vasos de 8 L, foram realizados em casa de vegetação (estufa de baixo custo/modelo PESAGRO- RIO) que tem sua estrutura construída em madeira serrada, totalmente envolta com sombrite e coberta com plástico agrícola de 100 micra (LEAL et al., 2006). Possui comprimento de 30 m e largura de 8 m, totalizando uma área de 240 m².

O solo utilizado foi proveniente do horizonte A de um Planossolo, localizado na área do setor de Bovinocultura do Instituto de Zootecnia da UFRRJ. Este solo foi retirado de sua área originária e transportado para um galpão onde foi espalhado, seco ao ar e, posteriormente, peneirado, com o auxílio de uma peneira do tipo ciranda. A análise química deste solo apresentou os seguintes resultados: pH (H₂O): 6,6, Al: 0,0 cmol dm⁻³, Ca: 1,0 cmol dm⁻³, Mg: 0,2 cmol dm⁻³, Na: 0,0 cmol dm⁻³, P: 33,0 mg L⁻¹, K: 50,0 mg L⁻¹.

12.2. Cultivo do tomate

As mudas de tomate foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, abastecidas com substrato orgânico constituído por vermicomposto como componente básico (83%), 15% de fino de carvão vegetal, e 2% de torta de mamona (OLIVEIRA et al., 2011). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação e irrigadas diariamente.

O transplântio das mudas foi realizado no dia 22 de junho de 2015 (32 DAS). O controle de plantas invasoras foi realizado manualmente dentro dos vasos e entre os vasos, uma vez por semana. A poda dos ramos laterais foi realizada manualmente, uma vez por semana e se iniciou aos 15 dias após o transplântio (DAT). O tutoramento das plantas de tomate foi iniciado aos 20 DAT. As plantas de tomate foram conduzidas em haste única com filhinho de plástico. No momento em que as plantas apresentaram a formação de três folhas após o 6º cacho foi realizada a capação do tomateiro, que consistiu no corte de sua haste principal. Aos 30 DAT foi iniciado o controle das doenças do tomateiro, com aplicações semanais de calda bordalesa e calda sulfocálcica (PENTEADO, 2004). A colheita dos frutos foi iniciada aos 71 DAT e finalizada aos 112 DAT.

O número total de vasos foi de 240, com espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Cada parcela experimental foi constituída por 10 plantas, dispostas em linha, totalizando uma área de 5 m². O experimento tinha 6 linhas de cultivo, com 20,0 m de comprimento.

A adubação realizada foi de 280 g de torta de mamona, 25 g de sulfato de potássio, 50 g de fosfato natural reativo e 8 g de calcário agrícola calcítico (PRNT 88% e 45% de Ca). As doses de sulfato de potássio, fosfato natural reativo e calcário foram aplicadas de uma única vez no momento da adubação de plantio. As doses de torta de mamona foram divididas igualmente em duas aplicações. A primeira aplicação foi realizada na adubação de plantio, juntamente com o sulfato de potássio, fosfato natural reativo e o calcário, e a segunda aplicação foi realizada aos 30 DAT, aplicada de forma localizada em 2 furos de, aproximadamente, 25 mm de diâmetro, feitos em cada vaso na proximidade dos gotejadores. A dose de torta de mamona foi dividida igualmente nos dois furos.

A torta de mamona utilizada foi adquirida no mercado e apresentava as seguintes características impressas no rótulo: 5% de N, CTC 150 m mol kg⁻¹, e 20 % de umidade máxima. Foram retiradas amostras para realização da análise química deste material que apresentou os seguintes resultados: N: 46,4 g kg⁻¹, P: 4,7 g kg⁻¹, K: 1,7 g kg⁻¹, Ca: 8,5 g kg⁻¹ e Mg: 14,5 g kg⁻¹.

12.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso e foram testadas 4 lâminas de irrigação, com 6 repetições. Os tratamentos foram caracterizados por: T4 sendo a irrigação automática com o acionador automático para irrigação (AAI); e T3, T2 e T1 sendo frações do volume aplicado em T4, sendo estes 90, 77 e 63 % de T4, respectivamente. Todos os tratamentos estavam na mesma linha de irrigação e por isso recebiam água ao mesmo tempo, mas com volumes diferentes, pois as vazões dos emissores eram diferentes.

A irrigação foi realizada por meio de emissores do tipo microtubos spaghetti (PDAEXT001000378/PLASNOVA) com diâmetro nominal de 0,7 mm. Para o alcance das diferentes lâminas de irrigação utilizou-se microtubos com diferentes comprimentos: T1 - 2 microtubos de 36 cm de comprimento /2,5 L h⁻¹; T2 - 2 microtubos de 42 cm de comprimento/3,0 L h⁻¹; T3 - 2 microtubos de 52 cm de comprimento/3,5 L h⁻¹; T4 - 2 microtubos de 65 cm de comprimento/3,9 L h⁻¹. O dimensionamento dos microtubos foi feito conforme Alves, (2014). Foram utilizadas mangueiras de polietileno de 16 mm de diâmetro. Foram montadas 6 linhas de irrigação, cada uma representando um bloco. O croqui do experimento é apresentado na Figura 26.

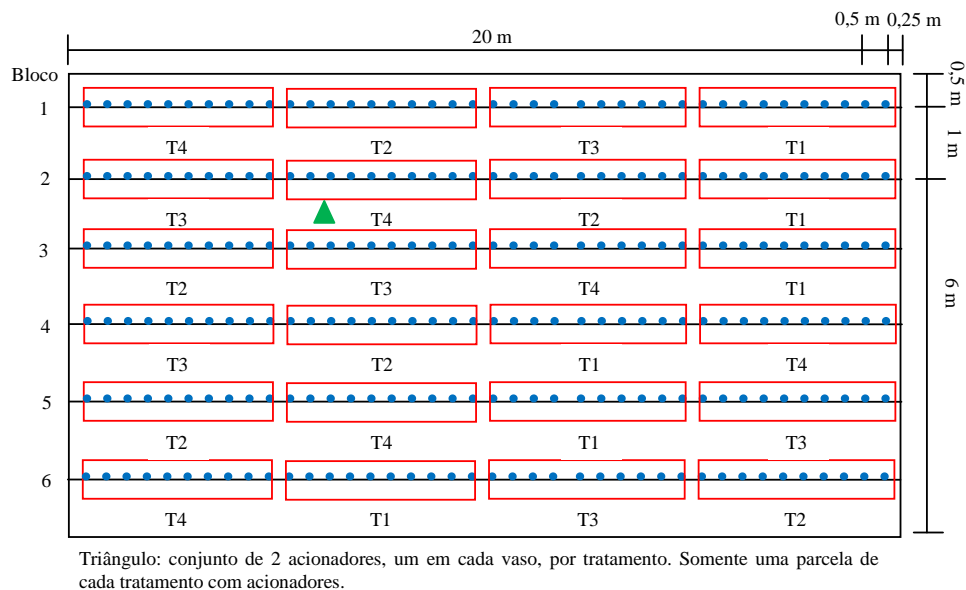


Figura 26. Croqui do experimento.

O abastecimento de água foi realizado com uma bomba de 3/4 CV (Dancor/CP - 4C), que capta água de um reservatório de 1000 L, instalado em uma estrutura de alvenaria com 1,0 m de altura em relação à superfície do solo. Para o adequado funcionamento do sistema, foi instalado um fluxostato (AGROJET) na saída da bomba, a fim de permitir a passagem de energia elétrica para o acionamento da bomba somente quando houvesse fluxo de água na tubulação. Dessa forma, a água somente era liberada quando o sistema de automação liberava a passagem de água e esse fluxo era detectado pelo fluxostato para que assim houvesse a liberação de energia elétrica para o acionamento da bomba.

Antes de cada transplântio da cultura foram realizados ensaios em cada parcela experimental para quantificar a uniformidade de distribuição de água pelos gotejadores e microtubos e a vazão real dos mesmos, utilizando-se o método proposto por Mantovani et al. (2009). O coeficiente de uniformidade de Christiassen foi de, aproximadamente, 97%.

O manejo da água de irrigação foi realizado por meio do acionador automático para irrigação (BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2014; GOMES et al., 2014; MEDICI et al., 2010; GONÇALVES et al., 2014; SANTOS et al., 2015a), que conforme a sua regulagem, aciona o sistema de irrigação quando uma determinada tensão da água no solo é atingida. A faixa de tensão da água no solo que este dispositivo aciona a irrigação é de 4 a 13 kPa (MEDICI et al., 2010), e neste experimento, o mesmo foi regulado para aplicar água quando a tensão da água no solo atingisse 4 kPa. A regulagem desse dispositivo é realizada a partir da imposição de um desnível entre sua cápsula porosa (vela de filtro (STÉFANI)) e o pressostato (EMICOL/EPR05).

Somente em uma parcela (repetições) representante do tratamento T4 foram instalados dois acionadores (um em cada vaso), totalizando 2 acionadores, fazendo com que todos os tratamentos fossem irrigados concomitantemente.

A partir dos volumes aplicados (leitura dos hidrômetros), do número de gotejadores e de suas respectivas vazões, foram calculadas as lâminas de irrigação pela razão entre o volume de água e a área molhada do vaso (do 1º aos 30 DAT) ou a área sombreada pela planta (do 31º DAT aos 111 DAT).

12.4. Variáveis de produção avaliadas

As variáveis de produção avaliadas foram as massas de fruto total (MFT) (kg por planta), comercial (PFC) (kg por planta) e com podridão apical (PFPA) (kg por planta), os diâmetros de fruto total (DFT) (mm) e comercial (DFC) (mm) e os números de frutos total (NFT) (nº por planta), comercial (NFC) (nº por planta) e com podridão apical (NFPA) (nº por planta). Foi considerado como frutos não-comerciais, aqueles que apresentavam diâmetro equatorial menor que 40 mm e/ou defeitos como: podridão, passados, podridão apical, queimados, ocados, lóculo aberto, amarelados, rachados e com danos profundos, conforme indicado pelo Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, (2003).

12.5. Eficiência no uso da água (EUA)

A eficiência no uso da água (EUA) (kg m^{-3}) foi obtida pelo cálculo do peso do fruto comercial (PFC) produzido por lâmina de água aplicada, conforme a equação 1 (LOVELLI et al., 2007):

$$\text{EUA} = \left(\frac{Y}{I} \right) \times 10^{-1} \quad (1)$$

em que:

Y = produtividade comercial, em kg ha^{-1} ; e

I = lâmina aplicada pela irrigação, em mm.

12.6. Teor de sólidos solúveis

A cada colheita, foram coletados 5 frutos de cada parcela experimental para a determinação do teor de sólidos solúveis. Para a determinação dessa variável foi utilizado um refratômetro digital portátil (ATAGO/PAL-1).

12.7. Monitoramento da tensão da água no interior da mangueira do acionador automático para irrigação e no solo

Foi instalado um transdutor de tensão na mangueira flexível que compõe o AAI para a determinação da tensão da água na mangueira no momento do acionamento e do desligamento do AAI.

O monitoramento da tensão da água no solo foi realizado utilizando 33 tensiômetros ligados a 33 transdutores de tensão (Figura 27a e b), sendo estes ligados por meio de cabo manga (3 x 36) a 3 datalogers. Cada dataloger (Figuras 27c e d) computava os dados de um bloco, sendo dessa forma monitorado 3 blocos do experimento. Os datalogers foram

programados para registrar a tensão da água no solo de hora em hora, quando não estava ocorrendo irrigação, e a cada 10 segundos, quando o sistema de irrigação estava acionado. Foram monitorados os 4 tratamentos presentes nos 3 blocos (Figura 27).

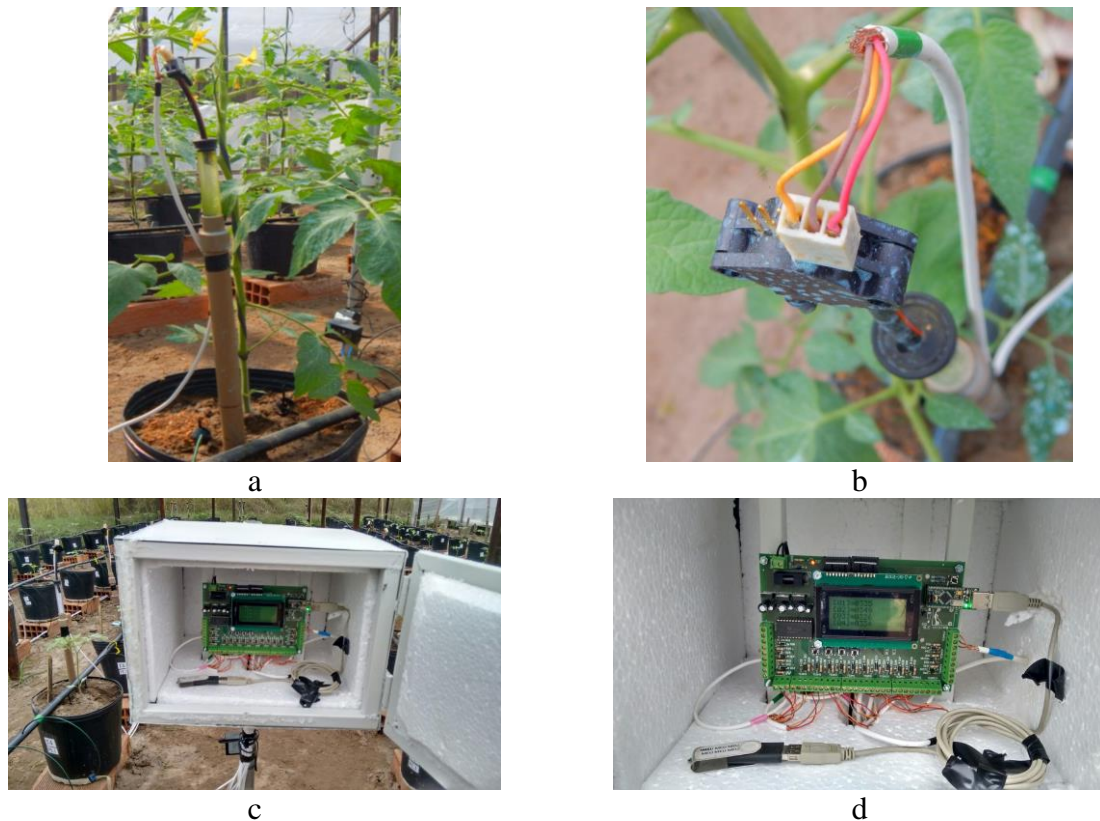


Figura 27. Monitoramento da tensão da água no solo: disposição do equipamento na área experimental (a); tensiômetros ligados aos transdutores de tensão (b); caixa de proteção do dataloger (c) e dataloger (d).

12.8. Dados climáticos no interior da casa de vegetação

Os valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram obtidos a partir de um registrador de umidade (IMPAC/IP-747RH) instalado no interior da casa de vegetação.

12.9. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e quando significativo pelo teste F, foram submetidos a análise de regressão.

13 RESULTADOS E DISCUSSÃO

13.1. Dados climáticos no interior da casa de vegetação

Os valores médios de temperatura e umidade máxima no interior da casa de vegetação máxima, média e mínima foram de, respectivamente, 40,4, 25,5 e 18,2 °C, e de 95,6, 71,4 e 34,0 % (Figura 28a e b, respectivamente). Os valores médios de temperatura máxima estão acima da faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento do tomate, que segundo Filgueira (2008), é de 21-28° C, de dia, e de 15-20° C, de noite. Ainda, segundo este autor temperaturas excessivas, diurnas ou noturnas, constituem fator limitante da tomaticultura, prejudicando a frutificação e o pegamento dos frutinhos. Os valores médios de umidade relativa máxima, média e mínima do ar estão fora da faixa de 50 a 70 %, que segundo Guimarães et al. (2007) é a mais adequada para o cultivo do tomateiro.

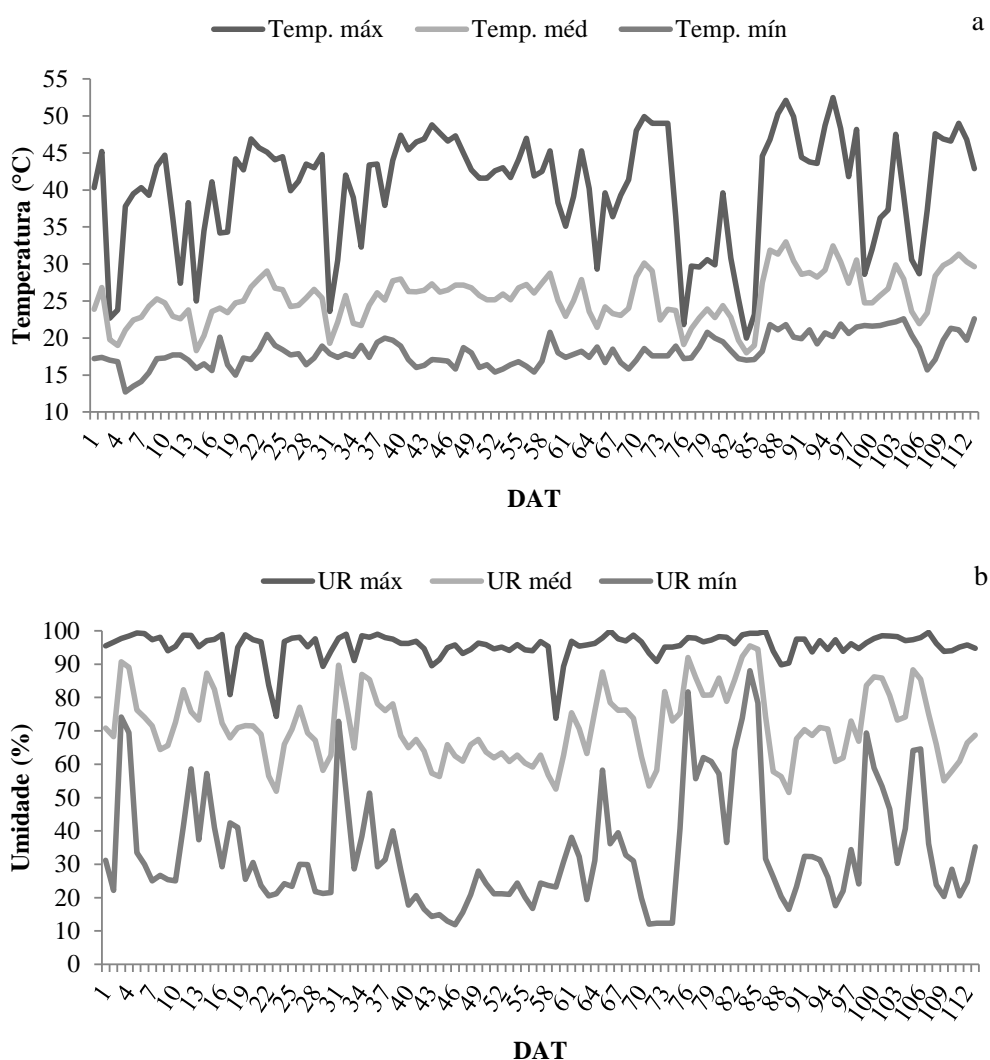


Figura 28. Temperatura e umidade relativa do ar máxima, média e mínima no interior da casa de vegetação.

13.2. Lâminas aplicadas na irrigação

As lâminas aplicadas pelo AAI foram de 135, 165, 191 e 213 mm, respectivamente, para T1, T2, T3 e T4. Buscando maior produtividade no tomateiro para processamento industrial e cultivado por gotejamento no Estado de Goiás, Koetz et al. (2008) aplicaram lâmina mínima de 400 mm, e sob diferentes estratégias de irrigação, Patané & Consetino (2010) aplicaram lâminas que variam de 197 a 380 mm na cultura do tomateiro produzido em campo. Os menores valores de lâmina de irrigação aplicada neste trabalho se deve basicamente ao sistema de cultivo em vaso e em ambiente protegido, ao método de irrigação, em que se aplica água de forma localizada, associado ao manejo adequado do sistema de irrigação, com AAI. Todos esses fatores contribuíram para o menor consumo de água pelo processo produtivo.

13.3. Monitoramento da tensão da água no interior da mangueira do acionador automático para irrigação e no solo

A Figura 29a apresenta a tensão da água no interior da mangueira, que liga o pressostato a cápsula porosa, do AAI. A tensão média de acionamento foi de 3,32 kPa e de desligamento de 1,1 kPa, estes resultados estão de acordo com os resultados apresentados por Medici et al. (2010), que relata que quando se impõe um desnível de 40 cm entre a cápsula porosa e o pressostato, o AAI aciona a irrigação com uma tensão de, aproximadamente, 4 kPa.

A Figura 29b apresenta a tensão da água no solo, nos dois vasos onde estavam instalados os dois AAI. A tensão média de acionamento foi de 6,83 kPa e de desligamento foi de 4,2 kPa. Dessa forma, observou-se uma defasagem entre a tensão no interior da mangueira, que liga o pressostato e a cápsula porosa do AAI, e a tensão da água no solo. Acredita-se que essa defasagem pode ser devida a diferença entre as cápsulas porosas do AAI e do tensiômetro, apesar desses dois equipamentos possuírem o mesmo princípio de funcionamento.

Em um teste, com o objetivo de ser utilizar a cápsula porosa do tensiômetro em substituição a cápsula porosa (vela de filtro residencial) do AAI, observou-se que o tempo de resposta, na saída de água da cápsula porosa do tensiômetro era 1 minuto e 30 segundos maior do que da vela de filtro (5 segundos), para o acionamento do pressostato. Ou seja, no momento em que a vela de filtro aciona o pressostato, na mangueira do acionador está marcando em média -3,32 kPa, porém neste momento o tensiômetro está marcando -6,83 kPa, pois ele vai levar ainda 1 minuto e 30 segundos para marcar a tensão de -3,32 kPa, lembrando que a tensão de acionamento avaliada neste trabalho é com base no momento em que o AAI inicia a irrigação. Desta forma, acredita-se que existe uma diferença entre as condutividades hidráulicas dos dois tipos de cápsulas porosas. Porém essa pesquisa não objetivou a elucidação desta questão e assim é proposto que para pesquisas futuras com esse dispositivo sejam realizados testes para avaliar as diferenças entre esses dois tipos de cápsulas porosas.

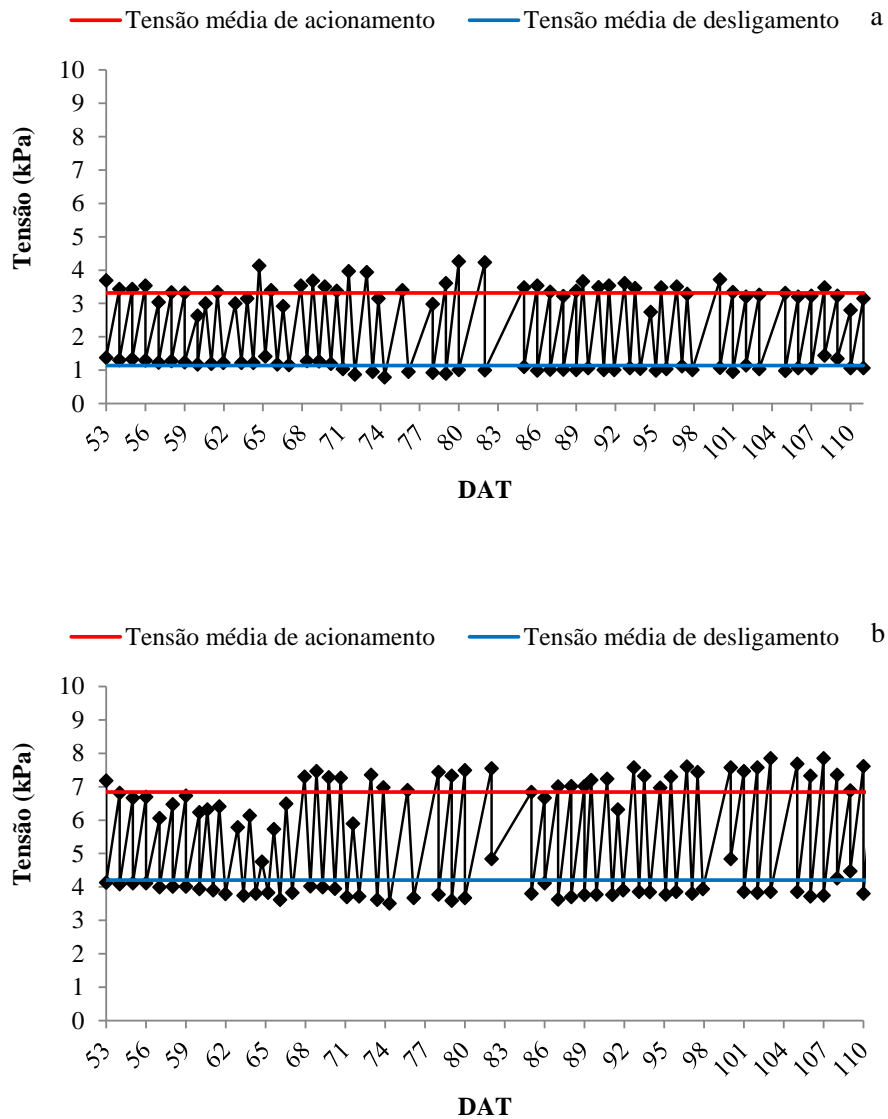
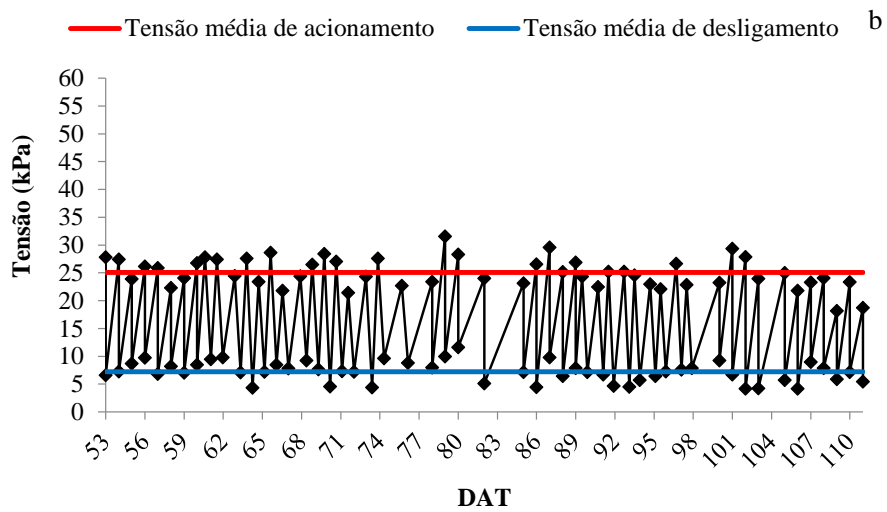
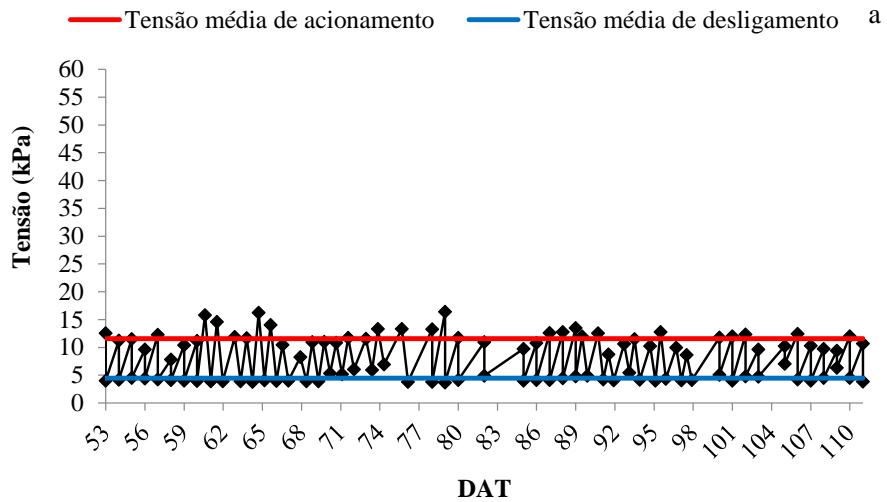


Figura 29. Tensão da água no interior da mangueira que liga o pressostato a cápsula porosa, do AAI (a) e no solo nos dois vasos onde estavam instalados os dois AAI (lâmina de 213 mm).

A Figura 30 apresenta as tensões da água no solo para as diferentes lâminas de irrigação. A lâmina de 213 mm apresentou uma tensão média de acionamento de 11,6 kPa e de desligamento 4,6 kPa (Figura 30a). Nota-se uma diferença entre as tensões de acionamento na lâmina de 213 mm e a da mesma lâmina nos dois vasos onde estavam instalados os dois AAI (Figura 29b). Essa diferença é devido ao fato de que nos dados da lâmina de 213 mm levou-se em consideração todos os tensiômetros instalados nesse tratamento e nos dados da Figura 29b levou-se em consideração somente os dados dos tensiômetros instalados nos dois vasos onde estavam instalados os dois AAI. No momento em que a irrigação é acionada pelo AAI, os vasos onde estes se encontram instalados apresentam uma tensão da água no solo menor que a dos vasos, também submetidos a lâmina de 213 mm mas sem o AAI, devido a já

terem recebido uma quantidade de água proveniente do interior do AAI, para que este se arme e acione a irrigação.

A tensão da água no solo no momento do acionamento da irrigação para as lâminas de 191, 165 e 135 mm foram em média de 25,0, 37,3 e 47,2 kPa (Figura 30b, c e d). A tensão da água no solo no momento do desligamento da irrigação para as lâminas de 191, 165 e 135 mm foram em média de 6,8, 7,2 e 16,2 kPa (Figura 30b, c e d).



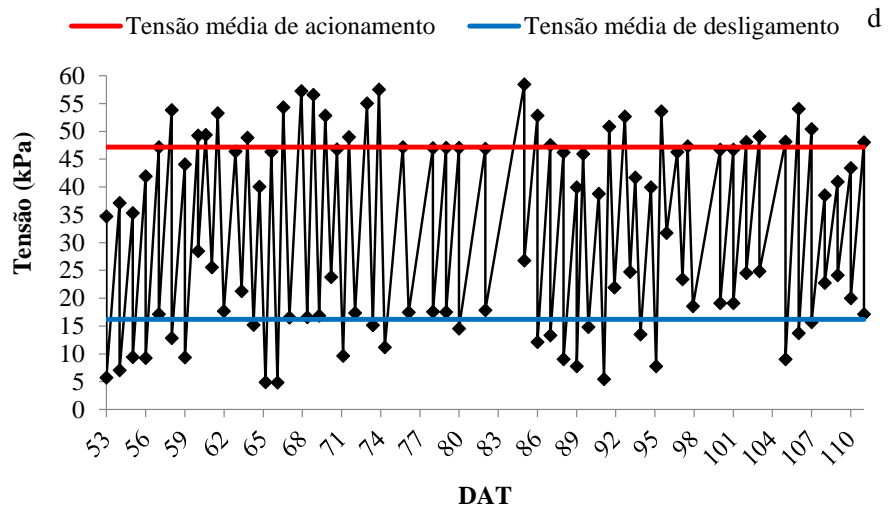
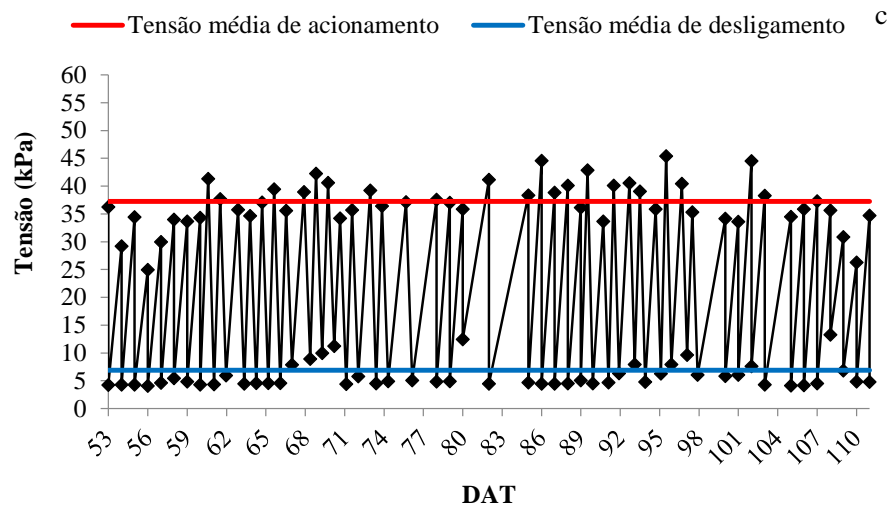


Figura 30. Tensão da água no solo, para a cultura do tomateiro, para as lâminas de 213 (a), 191 (b), 165 (c) e 135 (d) mm.

13.4. Produtividade do tomate

Na Figura 31 são apresentadas as massas de fruto total (MFT), comercial (MFC) e com podridão apical (MFPA), para a cultura do tomateiro para as diferentes lâminas de irrigação. As análises de variâncias destas variáveis se encontram no anexo 3. As lâminas de 191 e 213 mm apresentaram os maiores valores de MFT, 4,81 e 4,86 kg por planta (96,2 e 97,2 t ha⁻¹), respectivamente. Uma avaliação do efeito da intensidade do déficit hídrico na cultura do tomateiro foi realizada por Zheng et al. (2013), submetendo a cultura a diferentes tensões da água no solo (10, 20, 30, 40, 50 kPa (315, 290, 254, 273, 101 mm (2009)) e (355, 340, 324, 314, 277 mm (2010)) para o reinício da irrigação. Assim como nesta pesquisa, a produtividade do tomateiro aumentou linearmente com o aumento das lâminas de irrigação. Este comportamento linear também foi observado por Hanson & May (2004) e Mukherjee et al. (2010). Porém, foi também constatado que elevados MFT podem ser obtidos nos cultivos submetidos a lâmina de irrigação de 191 mm, ou seja, com apenas déficit hídrico leve, pois diminuições maiores no MFT foram encontradas nos cultivos submetidos as lâminas de 165 mm e de 135 mm. Estes resultados estão de acordo com estudos anteriores que mostraram que a produtividade de frutos de tomate foi significativamente reduzidas pelo déficit hídrico grave (MITCHELL et al., 1991; SMAJSTRLA & LOCASCIO, 1994; MUKHERJEE et al., 2010; BERIHUN, 2011; PATANÈ et al., 2011).

O melhor valor de MFC (4,04 kg por planta (80,8 t ha⁻¹)) foi proporcionado pela lâmina total correspondente a 213 mm. Quanto à produtividade comercial, Zheng et al. (2013) observaram que o cultivo não submetido ao déficit hídrico (10 kPa) proporcionou maiores valores de produtividade comercial, enquanto que para o cultivo submetido ao déficit hídrico (-50 kPa) foram observadas produtividades comerciais 23 % menores em relação aos cultivos não submetidos ao déficit hídrico. Esses resultados estão de acordo com os encontrados nesta pesquisa, pois o maior valor de MFC foi obtido na lâmina de 213 mm, enquanto que esta variável diminuiu 46 % nos cultivos submetidos a lâmina de 135 mm. O déficit hídrico ocasionou perdas na produção por frutos com podridão apical. Como neste trabalho, Cantuário et al. (2014) observaram aumento da incidência de frutos com podridão apical com o aumento da tensão da água no solo na cultura do pimentão. Possivelmente, pode ter ocorrido deficiências nutricionais e distúrbios fisiológicos na planta, em consequência do déficit hídrico, que promoveram a formação de frutos pequenos e maior quantidade de frutos com podridão (MADRID et al., 2009; WANG et al., 2011).

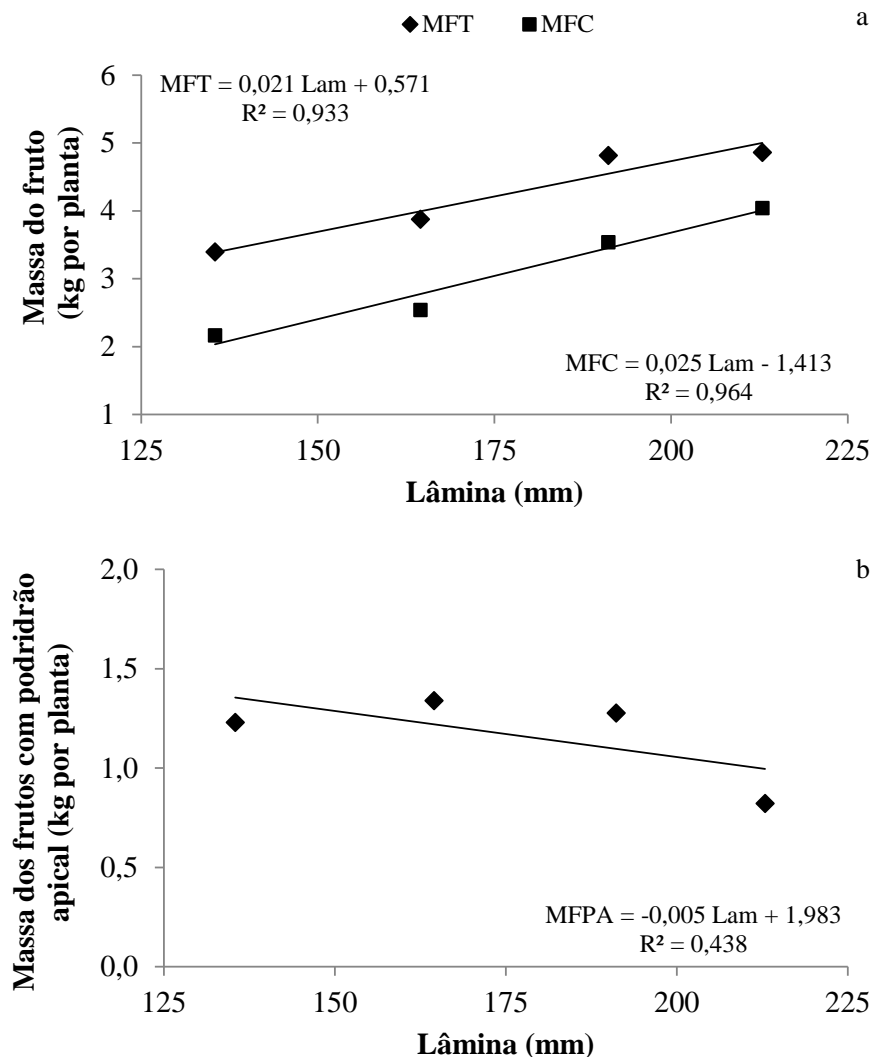


Figura 31. Massas de fruto total (MFT) (a), comercial (MFC) (a) e com podridão apical (MFPA) (b) para as lâminas de irrigação.

A MFPA (Figura 31b) variou de 1,23 a 0,83 kg por planta com o aumento da lâmina de irrigação, mostrando que mesmo quando as plantas não foram submetidas ao déficit hídrico (100% do AAI (213 mm)) a incidência de frutos com podridão apical era alta e isso pode ser explicado pela alta relação K:Ca de 2,7. Segundo Jones Jr. (2005), o excesso de fertilizantes potássicos em solução nutritiva reduz a absorção de Ca, pois o K é preferencialmente absorvido e transportado na planta em relação ao Ca. Fanasca et al. (2006) encontraram aumento na MFPA de 0,34 para 0,98 kg por planta com variação de 0,23 para 4,4 da relação K/Ca.

Foi verificado que com a diminuição da lâmina de irrigação houve uma diminuição linear do diâmetro de fruto total (DFT) (Figura 32). O diâmetro de fruto comercial (DFC) não foi influenciado significativamente pelas diferentes lâminas de irrigação. As análises de variâncias destas variáveis se encontram no anexo 3.

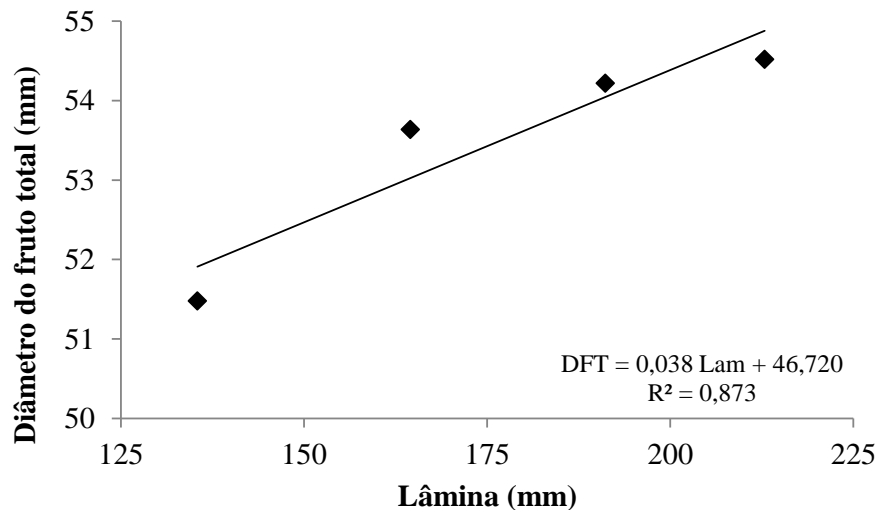


Figura 32. Diâmetro do fruto total (DFT) para as lâminas de irrigação.

A Figura 33 apresenta os números de frutos total (NFT), comercial (NFC) e com podridão apical (NFPA), para a cultura do tomateiro para as diferentes lâminas de irrigação. As análises de variâncias destas variáveis se encontram no anexo 3. As lâminas de 191 e 213 mm apresentaram os maiores valores de NFT, 277 e 262, respectivamente. O melhor valor de NFC (216) foi proporcionado pela lâmina correspondente a 213 mm. O maior valor de NFPA (78) foi obtido na lâmina de 135 mm.

Uma forma de imposição do déficit hídrico durante o período de cultivo de uma cultura é diminuir a frequência de eventos de irrigação. Esta estratégia foi utilizada por Mukherjee et al. (2010) para avaliar o efeito do déficit hídrico na cultura do tomateiro, irrigada por sulcos. Os autores observaram um aumento na produtividade dos frutos com o aumento da frequência de irrigações. A produtividade máxima dos frutos ($39,5 \text{ t ha}^{-1}$) foi obtida no cultivo em que a irrigação era realizada quando a evaporação do taque classe A atingisse 25 mm (maior frequência de irrigações) e foi significativamente diminuída em 8 e 30%, respectivamente, nos cultivos em que a irrigação era realizada quando a evaporação do taque classe A atingisse 50 mm (menor frequência de irrigações) e no cultivo não irrigado. Segundo os autores, esses resultados podem ser explicados pelo fato de que um melhor aproveitamento dos nutrientes do solo, uma maior taxa fotossintética, e bem como uma maior translocação de fotoassimilados, em um ambiente livre de estresse hídrico são os responsáveis pelo alcance de uma maior produtividade no cultivo irrigado mais frequentemente.

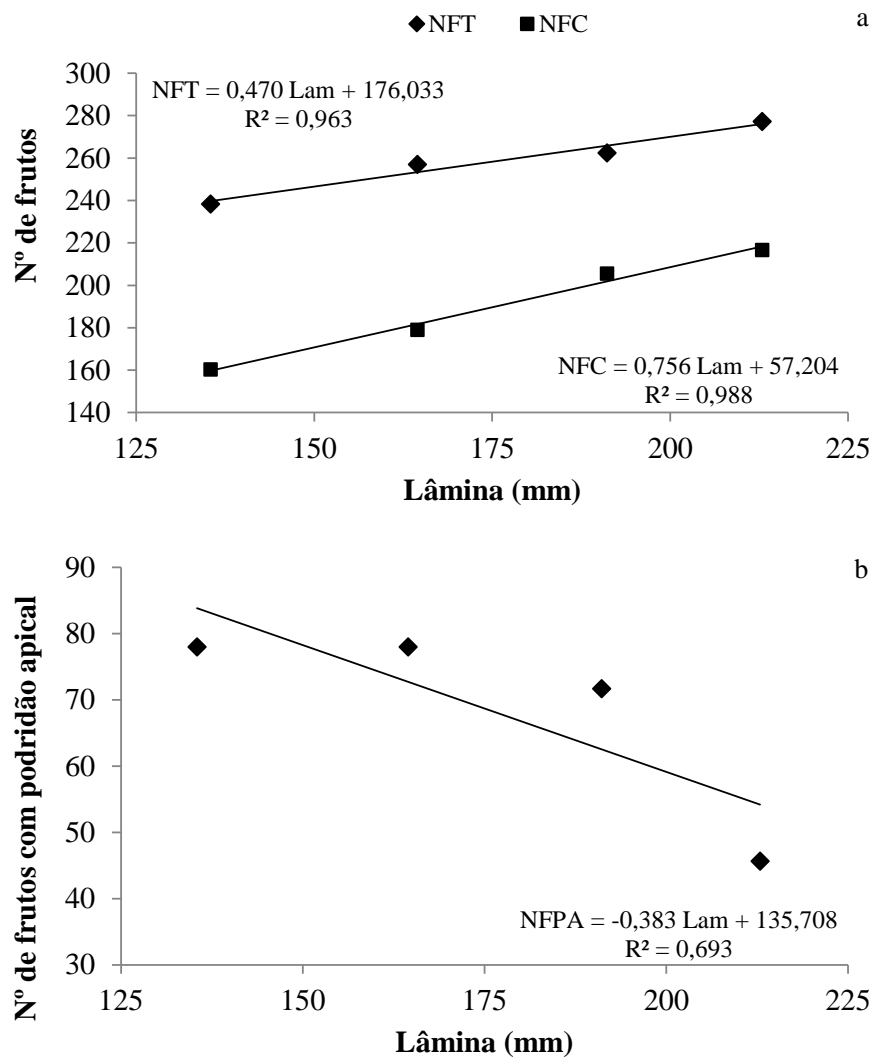


Figura 33. Números de frutos total (NFT) (a), comercial (NFC) (a) e com podridão apical (NFPA) (c) para as lâminas de irrigação.

Na busca por uma lâmina de irrigação por gotejamento que proporcionasse a maior produtividade de tomate para processamento industrial no estado de Goiás, Koetz et al. (2008) obtiveram uma resposta quadrática para a produtividade total e comercial. Houve um aumento nesses parâmetros a partir da lâmina correspondente a 50% da lâmina de água necessária para elevar os níveis de umidade volumétrica do solo à condição de capacidade de campo (LCC) (68,3 t ha⁻¹) até a lâmina correspondente a 100% da LCC (83,4 t ha⁻¹). Em seguida, havendo um decréscimo na produtividade para a lâmina de 125% da LCC (65,1 t ha⁻¹).

O efeito da ocorrência ou não do déficit hídrico durante o período de desenvolvimento do tomateiro também foi discutida por Patanè & Consetino (2010), que observaram que nos cultivos onde a irrigação foi realizada durante todo o período de desenvolvimento, a produtividade total (maior que 60 t ha⁻¹) e comercial (maior que 47 t ha⁻¹) foi quase ou maior que duas vezes a obtida nos cultivos em que a irrigação era realizada somente até o aparecimento da primeira frutificação. Os cultivos sofreram com o corte da irrigação, reduzindo severamente a produtividade total para níveis não significativamente diferentes do

cultivo não irrigado. O peso dos frutos foi significativamente mais alto no cultivo onde a irrigação foi realizada durante todo o período de cultivo. O estresse hídrico tanto durante todo o período de cultivo (não irrigado), quanto após o aparecimento da primeira frutificação produziu frutos consideravelmente menores do que os produzidos no cultivo onde a irrigação foi realizada durante todo o período de cultivo.

Na fase de crescimento vegetativo, Marouelli & Silva (2007) encontraram produtividades comerciais máxima e mínima nas tensões de água no solo de 35 e 120 kPa, respectivamente, com uma redução de 18%. Sob as condições experimentais do estudo, a tensão de 35 kPa correspondeu a um intervalo de irrigação de 4 a 5 dias. Na fase de desenvolvimento dos frutos, este parâmetro foi maximizado à tensão de 12 kPa, o que correspondeu a um intervalo de irrigação de 1 dia. Na fase de maturação a produtividade máxima comercial de frutos foi obtida à tensão de 15 kPa, correspondente a uma frequência diária de irrigação. Nesta fase, a produtividade comercial máxima, o número de frutos por planta e a massa média dos frutos foram reduzidos linearmente com o aumento da tensão da água no solo. Estas reduções podem ser atribuídas a um maior déficit de água no solo. Assim, as fases de desenvolvimento e maturação do fruto foram as que apresentaram maior sensibilidade ao déficit hídrico.

13.5. Eficiência do uso da água (EUA)

A Figura 34 apresenta a eficiência do uso da água (EUA) para as diferentes lâminas de irrigação. A análise de variância desta variável se encontra no anexo 3. Os maiores valores de eficiência do uso da água (EUA) foram encontrados para as lâminas de 191 (37,0 kg m⁻³) e 213 mm (37,9 kg m⁻³) (Figura 34), estando esse acima do valor médio apresentado por Doorenbos & Kassam (1994) para a cultura do tomate (11,0 kg m⁻³). Isso se deve ao fato de que a produtividade da cultura foi próxima da produtividade média, enquanto que a lâmina aplicada foi bem inferior à faixa de lâmina citadas pelo referido autor.

Isto reforça que o sistema de cultivo, bem como o manejo da irrigação se deu de forma criteriosa, permitindo EUA de aproximadamente 3,5 vezes. Além disso, a EUA apresentada por Doorenbos & Kassam (1994) deriva de valores médios provindo de condições distintas das apresentadas neste trabalho, servindo unicamente de referência. Em trabalhos mais recentes e em condições mais específicas, ou seja, de cultivo de tomate em vasos, obteve-se EUA também superiores aos apresentados pelo autor supracitado, como no trabalho de Reina-Sánchez et al. (2005) que obtiveram EUA de 25,0 kg m⁻³.

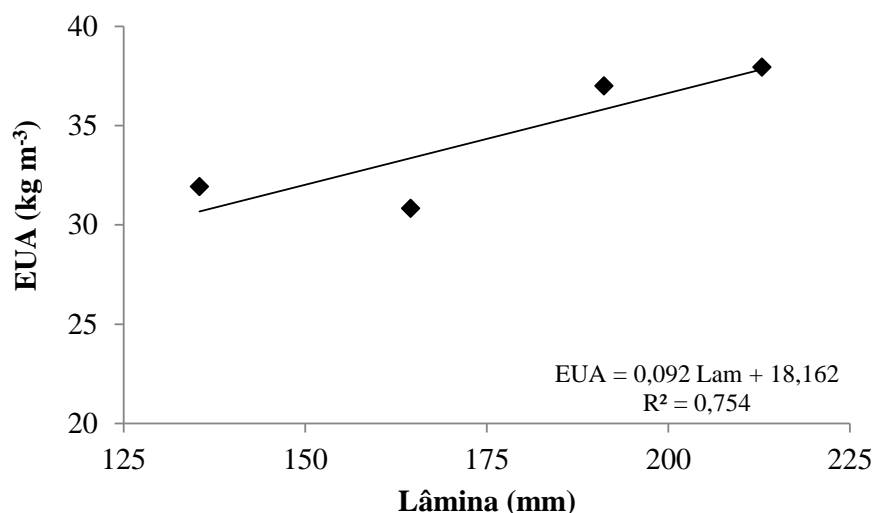


Figura 34. Eficiência do uso da água para as diferentes lâminas de irrigação.

13.6. Teor de sólidos solúveis

As lâminas de irrigação não influenciaram significativamente o teor de sólidos solúveis (Tabela 13). Apesar desse resultado não ser significativo observa-se um menor valor de teor de sólidos solúveis na lâmina de 213 mm, com relação às demais lâminas, que apresentaram praticamente o mesmo valor. Zheng et al. (2013) observaram que o aumento do déficit hídrico resultou em um maior teor de sólidos solúveis o que pode ser atribuído à redução de acúmulo de água nos frutos, enquanto o acúmulo de matéria seca foi menos afetado, ou seja, menor teor de água nos frutos de tomate sob déficit hídrico favoreceu um maior teor de sólidos solúveis. Isto está de acordo com os resultados achados por alguns pesquisadores (OZBAHCE & TARI, 2010; PATANÈ et al., 2011). A análise de variância do teor de sólidos solúveis se encontra no anexo 3.

Tabela 13. Teor de sólidos solúveis para as diferentes lâminas de irrigação

Lâmina (mm)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)
135	4,08
165	4,04
191	4,15
213	3,15

14 CONCLUSÃO

A imposição do déficit hídrico a cultura do tomateiro diminuiu a produtividade comercial de frutos de tomate. A lâmina de 213 mm foi a responsável pela maior produtividade comercial de frutos 4,04 kg por planta (80,8 t ha⁻¹).

Os maiores valores de EUA foram encontrados para as lâminas de 191 e 213 mm, respectivamente.

15 CONCLUSÃO GERAL

O novo sistema de cultivo denominado “Vasoponia orgânica”, cultivo de tomate em vasos e em ambiente protegido, baseado principalmente na utilização de materiais residuários como fonte de nutrientes e irrigação automática de baixo custo apresentou produtividades comerciais de frutos de tomate variando de 0,83 a 1,99 kg planta⁻¹ (16,6 a 39,8 t ha⁻¹), em 2013 e 2014. Em 2015, utilizando o sulfato de potássio em substituição a cinza de madeira foram obtidas produtividades comerciais de frutos de tomate variando de 2,16 a 4,04 kg planta⁻¹ (43,2 a 80,8 t ha⁻¹). Estes resultados mostram que é possível obter uma produção adequada de tomate orgânico com o novo sistema de produção proposto por este trabalho.

As lâminas aplicadas pelo acionador automático para o cultivo do tomate foram menores que as encontradas na literatura, evidenciando uma economia de água com o cultivo em vasos em relação aos cultivos a campo.

O maior EUA (25,28 kg m⁻³) obtido no ano de 2013 ocorreu nas doses de 160 g de cinza e 90 g de torta de mamona. Em 2014, a dose de 280 g de torta de mamona foi a responsável pelo maior EUA obtido (19,32 kg m⁻³). Os maiores valores de EUA (37,00 e 37,93 kg m⁻³) foram encontrados para as lâminas de 191 e 213 mm, respectivamente, em 2015, demonstrando que o sistema de cultivo proposto proporcionou maiores valores de EUA para a cultura do tomateiro.

16 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, SP: Ed. FNP. 2014. 480 p.

AGRISTAR. **Catálogo de produtos 2015/2016: Topseed premium tecnologia de semente**. Santo Antônio de Posse, SP, 31 p. Disponível em: <<http://agristar.com.br/upload/pageflip/TopSeed-Premium/375284.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

ALDRICH, R.A.; BARTOK, J.W. **Greenhouse Engineering**. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cooperative Extension, Ithaca, NY, 1989.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2004. 400 p.

ALVES, D.G. **Modelagem e caracterização hidráulica de microtubos com múltiplas saídas**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-12082014-104423/>>. Acesso em: 2016-05-14.

ANDERSEN, M.M.; LANDES, X.; XIANG, W.; ANYSHCHENKO, A.; FALHOF, J.; ØSTERBERG, J.T.; OLSEN, L. I.; EDENBRANDT, A.K.; VEDEL, S.E.; THORSEN, B.J.; SANDØE, P.; GAMBORG, C.; KAPPEL, K.; PALMGREN, M.G. Feasibility of new breeding techniques for organic farming. **Trends in Plant Science**, Oxford, v.20, n.7, p.426-434, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2015.04.011>

ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria, RS: Ed. UFSM, 1999. 142 p.

ARBOS, K.A.P.; FREITAS, R.J.S.; STERTZ, S.C.; CARVALHO, L.A. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, supl.1, p.215-220, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000500033>

BADR, M.A.; ABOU-HUSSEIN, D.D.; EL-TOHAMY, W.A. Tomato yield, nitrogen uptake and water use efficiency as affected by planting geometry and level of nitrogen in an arid region. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.169, p.90-97, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.012>

BATISTA, S.C.O.; CARVALHO, D.F.; ROCHA, H.S.; SANTOS, H.T.; MEDICI, L.O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.11, n.2, p.485-489, 2013.

BERGOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, Nova Iorque, v.32, n.1, p.170-189, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.003>

BERIHUN, B. Effect of mulching and amount of water on the yield of tomato under drip irrigation. **Journal of Horticulture and Forestry**, Cidade do Cabo, v.3, n.7, p.200-206, 2011.

BETTIOL, W.; GHINI, R.; GALVÃO, J.A.H.; LIGO, M.A.V.; MINEIRO, J.L.C. Soil organisms in organic and conventional cropping systems. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.3, p.565- 572, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000300023>

BONET, C.; SOTOLONGO, B.; CORCHADO, I. Resquestra del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) al agua en las distintas fases de su desarrollo. **Ciencia y tecnica en la agricultura, Riego y Drenaje**, La Habana, v.4, n.1, p.5-17, 1981.

BONFIM-SILVA, E.M.; CLÁUDIO, A.A.; RÊGO, V.M.; SILVÉRIO, A.T. Características produtivas do rabanete submetido a doses de cinza vegetal. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.21, p.421-432, 2015.

BOYER, J.S. Water deficits and photosynthesis. **In: KOSLOWSKI, T.T. (Ed). Water-deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1978. p. 153-190.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. **Semana dos alimentos orgânicos acontece em todo país**. Brasília, 26 de maio de 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2015/05/semana-dos-alimentos-organicos-acontece-em-todo-pais>>. Acesso em: 08 fev. 2016.

BUTTARO, D.; SANTAMARIA, P.; SIGNORE, A.; CANTORE, V.; BOARI, F.; MONTESANO, F.F.; PARENTE, A. Irrigation management of greenhouse tomato and cucumber using tensiometer: effects on yield, quality and water use. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, Oxford, v.4, p.440-444, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.050>

CABRAL, F.; RIBEIRO, H.M.; HILÁRIO, L.; MACHADO, L.; VASCONCELOS, E. Use of pulp mill in organic wastes as alternative liming materials. **Bioresource Technology**, Oxford Essex, v.99, n.17, p.8294-8298, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.001>

CALBO, A.G. **Sistema de controle gasoso de irrigação baseado na determinação de umidade do solo por meio de cápsulas porosas**. Patente BR PI 0004264-1, 2002.

CALBO, A.G.; SILVA, W.L.C. Irrigas: novo sistema para o controle da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGACAO E DRENAGEM, 11, 2001, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: ABID, 2001. p. 177- 182.

CANTORE, V.; LECHKAR, O.; KARABULUT, E.; SELLAMI, M.H.; ALBRIZIO, R.; BOARI, F.; STELLACCI, A.M.; TODOROVIC, M. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Agricultural Water Management**, v. 167 p. 53-61, 2016.

CANTUÁRIO, F.S.; LUZ, J.M.Q.; PEREIRA, A.I.A.; SALOMÃO, L.C.; REBOUÇAS, T.N.H. Podridão apical e escaldadura em frutos de pimentão submetidos a estresse hídrico e

doses de silício. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.32, n.2, p.215-219, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000200017>

CARDENAS-LAILHACAR, B.; DUKES, M.D.; MILLER, G.L. Sensor-based automation of irrigation on bermudagrass, during wet weather conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Nova Iorque, v.134, n.3, p.120-128, 2008. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2008\)134:2\(120\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2008)134:2(120))

CARDENAS-LAILHACAR, B.; DUKES, M.D.; MILLER, G.L. Sensor-based automation of irrigation on bermudagrass, during dry weather conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Nova Iorque, v.136, n.3, p.184-193, 2010. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000153](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000153)

CARDOSO, M.H.W.M.; GOUVÊA, A.V.; NÓBREGA, A.W.; ABRANTES, S.M.P. Validação de método para determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate: uma experiência laboratorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.30, supl.1, p.63-72, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000500011>

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ, utilizando lisímetro de pesagem¹. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Porto Alegre, v.14, n.2, p.1-9, 2006.

CARVALHO, J.G.; BASTOS, A.R.R.; ALVARENGA, M.A.R. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M.A.R. (Ed). **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2004. p. 62-120.

CASARIN, V.; STIPP, S.R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente de fertilizantes. **Informações Agronômicas**, v.142, p.14-20, 2013.

CASTELLANE, P.D. Nutrição mineral da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). I. Efeitos dos nutrientes na qualidade de frutos. In: MULLER, J. J. V.; CASALI, V. W. D. **Seminários de Olericultura**, Viçosa: UFV, 1982. p. 113-157.

CASTRO, M. C.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.495-502, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000500011>

CHOI, J.M.; LEE, C.W.; PARK, J.S. Performance of Seedling Grafts of Tomato as Influenced by Root Substrate Formulations, Fertigation Leaching Fractions, and N Concentrations in Fertilizer Solution. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, Nova Iorque, v.56, n.1, p.17-21, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s13580-015-0040-2>

CORTEZ, N.; MADEIRA, M.; MARQUES, P.; ARAÚJO, M.C. Influência da aplicação de cinza de biomassa florestal na produção de plantas forrageiras e nas características do solo. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.24, n.3-4, p.144-157, 2001.

COSTA, J.M.; ORTUNO, M.F.; CHAVES, M.M. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. **Journal of Integrative Plant Biology**, Washington, v.49, n.10, p.1421-1434, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1672-9072.2007.00556.x>

DAI, J.; CUI, Y.; CAI, X.; BROWN, L.C.; SHANG, Y. Influence of water management on the water cycle in a small watershed irrigation system based on a distributed hydrologic model. **Agricultural Water Management**, Oxford, Mar. 2016. In press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.029>

DE LOS RÍOS, I.; RIVERA, M.; GARCÍA, C. Redefining rural prosperity through social learning in the cooperative sector: 25 years of experience from organic agriculture in Spain. **Land Use Policy**, Oxford, v.54, p.85-94, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.009>

DE PONTI, T.; RIJK, B.; VAN ITTERSUM, M. The crop yield gap between organic and conventional agriculture. **Agricultural Systems**, v.108, p.1-9, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2011.12.004>

DEMEYER, A.; NKANA, J.C.V.; VERLOO, M.G. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. **Bioresource Technology**, Oxford, v.77, n.3, p.287-295, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00043-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00043-2)

DEN HOLLANDER, N.G.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design II. Competitive ability of several clover species. **European Journal of Agronomy**, Oxford, v.26, n.2, p.104-112, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.005>

DIAS, G.C.O.; MEDICI, L.O.; VASCONCELLOS, M.A.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL, C. Papaya seedlings growth using a low-cost, automatic watering controller. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n. 2, p. 527-535, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000200023>

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1994. 193 p. (Irrigation and Drainage Paper, 33).

EPSTEIN E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina, PR: Ed. Planta, 2006. 403 p.

ESCARABAJAL-HENAREJOS, D.; MOLINA-MARTÍNEZ, J.M.; FERNÁNDEZ-PACHECO, D.G.; GARCÍA-MATEOS, G. Methodology for obtaining prediction models of the root depth of lettuce for its application in irrigation automation. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.151, p.167-173, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.012>

ETIEGNI, L.; CAMPBELL, A.G.; MAHLER, R.L. Evaluation of wood ash disposal on agricultural land. I. Potential as a soil additive and liming agent. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Nova Iorque, v.22, n.3-4, p.243-256, 1991. <http://dx.doi.org/10.1080/00103629109368412>

FANASCA, S.; COLLA, G.; MAIANI, G.; VENNERIA, E.; ROUPHAEL, Y.; AZZINI, E.; SACCARDO, F. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Munique, v.54, n. 4319-4325, 2006. <http://dx.doi.org/10.1021/jf0602572>

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.41-145, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362006000200003>

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.V.R. Eficiência da adubação nitrogenada do tomateiro em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.2, p.263-273, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2010000200019>

FERREIRA, S.M.R.; QUADROS, D.A.; FREITAS, R.J.S. Classificação do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.584-590, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000300031>

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008. 421 p.

FLIEßBACH, A.; OBERHOLZER, H-R.; GUNST, L.; MADER, P. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. **Agriculture, ecosystems and environment**, Oxford v.118, n.1-4, p.273-284, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.022>

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção e tomate de mesa**. Viçosa, SP: Ed. Aprenda Fácil, 2002. 196 p.

FONTES, P.C.R.; GUIMARÃES, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200-201, p.5-10, 1999.

FONTES, P.C.R.; LOURES, J.L.; GALVÃO, J.C.; CARDOSO, A.A.; MANTOVANI, E.C. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.614-619, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362004000300023>

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 5 p. (Boletim técnico, 180).

GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.22, p.693-714, 1963. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051963000100064>

GHORBANI, R.; WILCOCKSON, S.; KOIOCHEKI, A.; LEIFERT, C. Soil management for sustainable crop disease control: a review. **Environmental Chemistry Letters**, Nova Iorque, v.6, n.3, p.149-162, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s10311-008-0147-0>

GILBERT, P.A.; VANASSE, A.; ANGERS, D.A. Harrowing for weed control: impacts on mineral nitrogen dynamics, soil aggregation and wheat production. **Soil Tillage Research**, Oxford, v.103, n.2, p.373-380, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2008.12.001>

GLENDINING, M.J.; DAILEY, A.G.; WILLIAMS, A.G.; VAN EVERT, F.K.; GOULDING, K.W.T.; WHITMORE, A.P. Is it possible to increase the sustainability of arable and ruminant agriculture by reducing inputs? **Agricultural Systems**, Oxford, v.99, n.2-3, p.117-125, 2009.

GOMES, D.P.; CARVALHO, D.F.; ALMEIDA, W.S.; MEDICI, L.O.; GUERRA, J.G.M. Organic carrot-lettuce intercropping using mulch and different irrigation levels. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.12, n.1, p.323-328, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2008.11.001>

GOMES, J.C.C. **Sistema de produção da mamona**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007, 20 p. (Sistema de Produção, 11).

GOMIERO, T.; PAOLETTI, M.G.; PIMENTEL, D. Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture. **Critical reviews in plant sciences**, Washington, v.27, n.4, p.239-254, 2008. <http://dx.doi.org/10.1080/07352680802225456>

GONÇALVES, F.V.; MEDICI, L.O.; ALMEIDA, W.S.; CARVALHO, D.F.; SANTOS, H.T.; GOMES, D.P. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás, tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p.1950-1955, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131448>

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. e VALE, F.X.R. (Ed). Tomate: Tecnologia de produção**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica, 2007. 85-99 p.

HANSON, B.; MAY, D. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.68, n.1, p.1-17, 2004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2004.03.003>

HASHIMOTO, Y. **Plant factory in the 21st century**. ICAME 2000 Proceedings of the Third International Conference on Agricultural Machinery Engineering, vol. I, Seoul, South Korea, 2000. p. 1-13.

HE, X.; QIAO, Y.; LIU, Y.; DENDLER, L.; CHENG YIN, C.; MARTIN, F. Environmental impact assessment of organic and conventional tomato production in urban greenhouses of Beijing city, China. **Journal of Cleaner Production**, Oxford, Jan. 2016, In press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.004>

HILTBRUNNER, J.; JEANNERET, P.; LIEDGENS, M.; STAMP, P.; STREIT, B. Response of weed communities to legume living mulches in winter wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v.193, n.2, p.93-102, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-037X.2007.00250.x>

HO, L.C. The physiological basis for improving tomato fruit quality. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.487, n.1, p.33-40, 1990. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.487.1>

HUETT, D.O.; DETTMANN, E.B. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Sidney, v.28, n.3, p.391-399, 1988. <http://dx.doi.org/10.1071/EA9890875>

JONES JÚNIOR, J. R. **Hidroponics: a practical guide for soilless grower**. Boca Raton: CRC, 2005. 423 p.

JONES, H.G. Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods, **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, n.407, p.2427-2436, 2004.

KAHL, J.S.; FERNANDEZ, I.J.; RUSTAD, L.E.; PECKENHAM, J. Threshold application rates of wood ash to an acidic forest soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 25, n. 2, p. 220-227, 1996. <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erh213>

KALTSAS, A.M.; MAMOLOS, A.P.; TSATSARELIS, C.A.; NANOS, G.D.; KALBURTJI, K.L. Energy budget in organic and conventional olive groves. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, v.122, n.2, p.243-251, 2007. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500020003x>

KOETZ, M.; MASCA, M.G.C.C.; CARNEIRO, L.C.; RAGAGNIN, V.A.; SENA JUNIOR, D.G.; GOMES FILHO, R.R. Produção de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.2, n.1, p.9-15, 2008. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V2N100020>

KUBA, T.; TSCHOLL A.; PARTL, C.; MEYER, K.; INSAM, H. Wood ash admixture to organic wastes improves compost and its performance. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Oxford, v.127, n.1-2, p.43-49, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2008.02.012>

KUMAR, V.; MILLS, D.J.; ANDERSON, J.D.; MATTOO, A.K. An alternative agriculture system is defined by a distinct expression profile of select gene transcripts and proteins. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v.101, n.29, p.10535-10540, 2004. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0403496101>

LEAL, M.A.A, et al. Uso e manejo da matéria orgânica para fins de fertilidade do solo. In: FREIRE, L.R. **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: Embrapa; Seropédica: Editora Universidade Rural, 2013. p.143-165.

LEAL, M.A.A.; CAETANO, L.C.S.; FERREIRA, J.M. **Estufa de baixo custo: modelo PESAGRO - RIO**. Niterói: PESAGRO Rio, 2006. 30 p. (Informe Técnico, 33).

LEE, K.S.; CHOE, Y.C.; PARK, S.H.P. Measuring the environmental effects of organic farming: A meta-analysis of structural variables in empirical research. **Journal of Environmental Management**, v.162, p.263-274, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.021>

LEI, S.; YUNZHOU, Q.; FENGCHAO, J.; CHANGHAI, S.; CHAO, Y.; YUXIN, L.; MENGYU, L.; BAODI, D. Physiological mechanism contributing to efficient use of water in field tomato under different irrigation. **Plant Soil Environmental**, Praga, v.55, n.3, p.128-133, 2009.

LI, J.S.; LI, Y.F.; ZHANG, H. Tomato Yield and Quality and Emitter Clogging as Affected by Chlorination Schemes of Drip Irrigation Systems Applying Sewage Effluent. **Journal of Integrative Agriculture**, Oxford, v.11, n.10, p.1744-1754, 2012. [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(12\)60179-8](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(12)60179-8)

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M.; SAMPAIO, L.R. Casca e torta de mamona avaliados em vasos como fertilizantes orgânicos. **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5, p.102-106, 2008.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SAMPAIO, L.R.; SOFIATTI, V.; GOMES, J.A.; BELTRÃO, N.E.M. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v.33, p.364-368, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.008>

LIU, Y.X.; HØGH-JENSEN, H.; EGELYNGAND, H.; LANGER, V. Energy efficiency of organic pear production in greenhouses in China. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Cambridge, v.25, n.3, p.196-203, 2010. <http://dx.doi.org/10.1017/S1742170510000037>

LOPES, C.A.; MAROUELLI, W.A.; CAFÉ FILHO, A.C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.14, p.151-179, 2006.

LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; FERRARA, A.; TOMMASO, T.D. Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.92, n.1-2, p.73-80, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2007.05.005>

LUZ, J.M.Q.; SHINZATO, A.V.; SILVA, M.A.D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.2, p.7-15, 2007.

MACÊDO, L.S.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.2, p.296-304, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000200005>

MÄDER, P.; FLIEßBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, Nova Iorque, v.296, n.5573, p.1694-1697, 2002. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1071148>

MADRID, R.; BARBA, E.M.; SÁNCHEZ, A.; GARCIA, A.L. Effects of organic fertilisers and irrigation level on physical and chemical quality of industrial tomato fruit (cv. Nautilus).

Journal of the Science of Food and Agriculture, Londres, v.89, n.15, p.2608-2615, 2009. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.3763>

MAEDA, S.; SILVA, H.D.; CARDOSO, C. Resposta de *Pinus taeda* a aplicação de cinza de biomassa vegetal em Cambissolo Húmico, em vaso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, n.56, p.43-52, 2008.

MAGRIOTIS, Z.M.; CARVALHO, M.Z.; SALES, P.F.; ALVES, F.C.; RESENDE, R.F.; SACZK, A.A. Castor bean (*Ricinus communis* L.) presscake from biodiesel production: An efficient low cost adsorbent for removal of textile dyes. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Oxford, v.2, n.3, p.1731-1740, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2014.07.005>

MAHAJAN, G.; SINGH K.G. Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.84, n.1-2, p.202-206, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2006.03.003>

MALAVOLTA, E. **ABC da Análise de solos e folhas**. São Paulo, SP: Ed. Agronômica CERES, 1999. 124 p.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2009. 355 p.

MAO, X.; LIU, M.; WANG, X.; LIU, C.; HOU, Z.; SHI, J. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.61, n.3, p.219-228, 2003. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00022-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00022-2)

MARQUELLI, W.A.; OLIVEIRA, R.A.; SILVA, W.L.C. **Irrigação da cultura da cenoura**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007, 13 p. (Circular Técnica 48).

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Tomateiro para processamento industrial: irrigação e fertirrigação por gotejamento**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002, 32 p. (Circular técnica, 30).

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, Nova Iorque, v.25, n.4, p.411-418, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-006-0056-6>

MARTINEZ, H.E.P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2002, 61p.

MARTINS, A.N.; SUGUINO, E.; DIAS, N.M.S.; PERDONÁ, M.J. Adição de torta de mamona em substratos na aclimação de mudas micropropagadas de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.198-207, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011005000036>

MASHELA, P.W.; NTHANGENI, M.E. Efficacy of *Ricinus comunis* fruit meal with and without *Bacillus* species on suppression of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.150, n.7, p.399-402, 2002. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1439-0434.2002.00770.x>

MBAH, C.N.; NKPAJI, D. Response of maize (*Zea mays* L.) to different rates of wood ash application in acid ultisol in Southeast Nigeria. **Journal of American Science**, Washington, v.6, p.53-57, 2010.

MEDICI, L.O.; ROCHA, H.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL, C.; AZEVEDO, R.A. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.6, p.727-730, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000600016>

MEHDIZADEH, M.; DARBANDI, E.I.; NASERI-RAD, H.; TOBEH, A. Growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as influenced by different organic fertilizers. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, Dublin, v.4, n.4, p.734-738, 2013.

MEIWES, K.J. Application of lime and wood ash to decrease acidification of forest soils. **Water, Air, and Soil Pollution**, Nova Iorque, v.85, n.1, p.143-152, 1995. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00483696>

MELLO, S.C.; VITTI, G.C. Influência de materiais orgânicos no desenvolvimento do tomateiro e nas características químicas do solo em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.3, p.452-458, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362002000300011>

MELO, P.C.T.; TAMISO, L.G.; AMBROSANO, E.J.; SCHAMMASS, E.; INOMOTO, M.M.; SASAKI, M.E.M.; ROSSI, F. Desempenho de cultivares de tomateiro em sistema orgânico sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p.553-559, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362009000400025>

MILLER, G.A.; FARAHANI, H.J.; HASSELL, R.L.; KHALILIAN, A.; ADELBERG, J.W.; WELLS, C.E. Field evaluation and performance of capacitance probes for automated drip irrigation of watermelons. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.131, n.1, p.124-134, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.09.012>

MITCHELL, J.P.; SHENNAN, C.; GRATTAN, S.R. Developmental changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.83, n.1, p.177-185, 1991. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb01299.x>

MOHAMED, S.A.; EWEEES, S.A.; SAWSAN, A.; SEAF, E.Y.; DALIA, M.S. Improving maize grain yield and its quality grown on a newly reclaimed sandy soil by applying micronutrients, organic manure and biological inoculation. **Research Journal of Agriculture Biological Sciences**, Manhattan, v.4, n.5, p.537-544, 2008.

MÖLLER, K.; STINNER, W.; LEITOLD, G. Growth, composition, biological N₂ fixation and nutrient uptake of a leguminous cover crop mixture and the effect of their removal on

field nitrogen balances and nitrate leaching risk. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.82, n.3, p.233-249, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-008-9182-2>

MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.15-24, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000100002>

MUELLER, S.; WAMSER, A.F.; SUZUKI, A.; BECKER, W.F. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.86-92, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000100014>

MUKHERJEE, A.; KUNDU, M.; SARKAR, S. Role of irrigation and mulch on yield, evapotranspiration rate and water use pattern of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Agricultural Water Management**, Oxford v.98, n.1, p.182-189, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.08.018>

MULLER, R.; GOOCH, P.S. Organic amendments in nematode control: an examination of the literature. **Nematropica**, Bradenton, v.12, n.2, p.319-326, 1982.

NABEELA, F.; MURAD, W.; KHAN, I.; MIAN, I.A.; REHMAN, H.; ADNANA, M.; AZIZULLAH, A. Effect of wood ash application on the morphological, physiological and biochemical parameters of *Brassica napus* L. **Plant Physiology and Biochemistry**, Oxford, v.95, p.15-25, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.017>

NASCIMENTO, A.R.; SOARES JÚNIOR, M.S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P.M.; RODRIGUES, J.P.M.; CARVALHO, W.T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p.628-635, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362013000400020>

NEVES, M.C.P.; GUERRA, J.G.M.; CARVALHO, S.R.; RIBEIRO, R.L.D.; ALMEIDA, D.L. Sistema integrado de produção agroecológica ou fazendinha agroecológica do Km 47. **In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (Eds.). Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 149-172.

NGOUAJIO, M.; WANG, G.; GOLDY, R. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. **Agricultural Water Management**, v.87, n.3, p.285-291, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2006.07.007>

NKANA, J.C. V.; DEMEYER, A.; VERLOO, M.G. Availability of nutrients in wood ash amended tropical acid soils. **Environmental Technology**, Londres, v.19, n.12, p.1213-1221, 1998. <http://dx.doi.org/10.1080/09593331908616781>

OBURGER, E.; JÄGER, A.; PASCH, A.; DELLANTONIO, A.; STAMPFER, K.; WENZEL, W.W. Environmental impact assessment of wood ash utilization in forest road construction

and maintenance - A field study. **Science of the Total Environment**, Amesterdã, v.544, p.711-721, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.123>

OHNO, T. & ERICH, M. S. Effect of wood ash application on soil pH and soil test nutrient levels. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, v.32, n.3-4, p.223-239, 1990. [http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809\(90\)90162-7](http://dx.doi.org/10.1016/0167-8809(90)90162-7)

OHNO, T. Neutralization of soil acidity and release of phosphorus and Potassium by wood ash. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.21, n.3, p.433-438, 1992. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq1992.00472425002100030022x>

OLESEN, J.E.; SCHELDE, K.; WEISKE, A.; WEISBJERG, M.R.; ASMAN, W.A.H.; DJURHUUS, J. Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, v.112, n.2-3, p.207-220, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.022>

OLIVEIRA FILHO, A.F.; OLIVEIRA, F.A.; MEDEIROS, J.F.; MESQUITA, T.O.; ZONTA, E. Crescimento de cultivares de mamoneira sob doses de torta de mamona. **Revista Verde**, Pombal, v.5, n.5, p.18-24, 2010.

OLIVEIRA, E.A.G.; RIBEIRO, R.L.D.; GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; ARAÚJO, E.S. **Substrato produzido a partir de fontes renováveis para a produção orgânica de mudas de hortaliças**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2011, 4 p. (Comunicado Técnico, 134).

OTONI, B.S.; MOTA, W.F.; BELFORT, G.R.; SILVA, A.R.S.; VIEIRA, J.C.B.; ROCHA, L.S. Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes porcentagens de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.6, p.816-825, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000600012>

OZBAHCE, A.; TARI, A.F. Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.97, n.9, p.1405-1410, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2010.04.008>

PACCO, H.C.; RINALDI, M.M.; SANDRI, D.; NEVES, P.H.C.; VALENTE, R.R.M. Características de tomate produzido con agua tratada en interior y exterior de invernadero. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.32, n.4, p.417-425, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620140000400008>

PATANÈ, C.; COSENTINO, S.L. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.97, n.1, p.131-138, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.021>

PATANÈ, C.; TRINGALI, S.; SORTINO, O. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. **Scientia Horticulturae**, Oxford, v.129, n.4, p.590-596, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.030>

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000300025>

PEIXOTO, C. P.; CERQUEIRA, E. C.; SOARES FILHO, W. S.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S.; MATOS, F. S.; OLIVEIRA, J. G. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.439-443, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452006000300022>

PENTEADO, S.R. **Cultivo orgânico de tomate**. Viçosa, MG: Editora Aprenda fácil, 2004. 214 p.

PERUCCI, P.; MONACI, E.; CASUCCI, C.; VISCHETTI, C. Effect of recycling wood ash on microbiological and biochemical properties of soils. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v.26, n.3, p.157-165, 2006. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2006009>

PIVA, R.; BOTELHO, R.V.; ORTOLAN, C.; MÜLLER, M.M.L.; KAWAKAMI, J. Adubação em vinhedo orgânico da cv. Isabel utilizando cinzas vegetais e esterco bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.608-615, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000200033>

PORTZ, A, et al. Recomendações de adubos, corretivos e de manejo da matéria orgânica para as principais culturas do Estado do Rio de Janeiro. **In: FREIRE, L.R. (Ed). Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: Embrapa; Seropédica: Ed. Universidade Rural, 2013. p. 257-413.

PRADO, R.M.; CORRÊA; M.C.M.; NATALE, W. Efeito da cinza da indústria de cerâmica no solo e na nutrição de mudas de goiabeira. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1493-1500, 2002. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2412>

PRATES F.B.S.; GENUNCIO, G.C.; FERRARI, A.C.; NASCIMENTO, E.C.; ALVEZ, G.Z.; PALERMO, D.P.; ZONTA, E. Acúmulo de nutrientes e produtividade de crambe em função da fertilização com torta de mamona e serpentinito. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.5, p.810-816, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014000500008>

PROGRAMA BRASILEIRO PARA MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA. **Normas de classificação de tomate**. São Paulo: Centro de qualidade em horticultura CQH/CEAGESP, 2003. 2 p. (CQH. Documentos, 26).

REINA-SÁNCHEZ, A.; ROMERO-ARANDA, R.; CUARTERO, J. Plant water uptake and water use efficiency of greenhouse tomato cultivars irrigated with saline water. **Agricultural Water Management**, v.78, n.1-2, p.54-66, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.04.021>

RICE, P.J.; MCCONNELL, L.L.; HEIGHTON, L.P.; SADEGHI, A.M.; ISENSEE, A.R.; TEASDALE, J.R.; ABDUL-BAKI, A.A.; HARMAN-FETCHO, J.A.; HAPEMAN, C. Runoff loss of pesticides and soil: a comparison between vegetative mulch and plastic mulch in

vegetable production systems. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.30, n.5, p.1808-1821, 2001.

ROMERO, R.; MURIEL, J.L.; GARCÍA, I.; MUÑOZ DE LA PEÑA, D. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.114, p.59-66, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.026>

RONGA, D.; LOVELLI, S.; ZACCARDELLI, M.; PERRONE, D.; ULRICI, A.; FRANZIA, E.; MILC, J.; PECCHIONI, N. Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. **Scientia Horticulturae**, n. 190, p. 161-172, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.027>

RÜEGG, W.T.; QUADRANTI, M.; ZOSCHKE, A. Herbicide research and development: challenges and opportunities. **Weed Research**, Oxford, v.47, n.4, p.271-275, 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.2007.00572.x>

SAARSALMI, A.; SMOLANDER, A.; KUKKOLA, M.; MOILANEN, M.; SARAMÄKI, J. 30-Year effects of wood ash and nitrogen fertilization on soil chemical properties, soil microbial processes and stand growth in a Scots pine stand. **Forest Ecology and Management**, Amesterdã, v.278, p.63-70, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.006>

SAIF, U.; MAQSOOD, M.; FAROOQ, M.; HUSSAIN, S.; HABIB, A. Effect of planting patterns and different irrigation levels on yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Agriculture and Biology**, Pequim, v.5, n.1, p.64-66, 2003.

SANTANA, M.J.; VIEIRA, T.A.; BARRETO, A.C.; CRUZ, O.C. Resposta do tomateiro irrigado a níveis de reposição de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.4, p.443-454, 2010. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2010v15n4p443>

SANTOS, H.T.; CARVALHO, D.F.; SOUZA, C.F.; MEDICI, L.O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.5, p.852-862, 2015a. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n5p852-862/2015>

SANTOS, N.A.V.; MAGRIOTIS, Z.M.; SACZK, A.A.; FÁSSIO, G.T.A.; VIEIRA, S.S. Kinetic study of pyrolysis of castor beans (*Ricinus communis* L.) presscake: an alternative use for solid waste arising from the biodiesel production. **Energy Fuels**, Delaware, v.29, n.4, p.2351-2357, 2015b. <http://dx.doi.org/10.1021/ef401933c>

SANTOS, S.S.; ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; LEAL, M.A.A.; RIBEIRO, R.L.D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, n.3, p.549-552, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000300032>

SAVIC', S.; STIKIC', R.; RADOVIC', B.V.; BOGIC'EVIC', B.; JOVANOVIC', Z.; SUKALOVIC', V.H-T. Comparative effects of regulated deficit irrigation (RDI) and partial root-zone drying (PRD) on growth and cell wall peroxidase activity in tomato fruits. **Scientia**

Horticulturae, Oxford, v.117, n.1, p.15-20, 2008.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.009>

SCHALLENBERGER, E.; REBELO, J.A.; MAUCH, C.R.; TERNES, M.; STUKER, H.; PEGORARO, R.A. Viabilização de sistema orgânico de produção de tomate por meio de abrigos de cultivo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.17, n.1-4, p.25-31, 2011.
<http://dx.doi.org/10.18539/cast.v17i1.2028>

SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, I.C.; LIMA, P.C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 829-837, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000008>

SEVERINO, L. S.; TAVARES, M. J. V.; NASCIMENTO, J. J. V. R.; FERREIRA, G. B. **Toxidez causada pelo excesso de torta de mamona como fertilizante orgânico**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007, 4 p. (Comunicado Técnico, 134).

SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005, 31 p. (Documentos, 134).

SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, João Pessoa, v.5, n.1, p.1519-5228, 2005.

SEVERINO, L.S.; LIMA, R.L.S.; BELTRÃO, N.E.M. **Composição química de onze materiais orgânicos utilizados em substratos para produção de mudas**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006, 5 p. (Comunicado Técnico, 278).

SHARIFI, M.; CHEEMA, M.; MCVICAR, K.; LEBLANC, L.; FILLMORE, S. Evaluation of liming properties and potassium bioavailability of three Atlantic Canada wood ash sources. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.93, n.6, p.1209-1216, 2013.
<http://dx.doi.org/10.4141/CJPS2013-168>

SILVA, A.C.; COSTA, C.A.; SAMPAIO, R.A.; MARTINS, E.R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.33-40, 2011.

SILVA, F.R.; ALBUQUERQUE, J.A.; GATIBONI, L.C.; COSTA, A. Uso da cinza da combustão de biomassa florestal como corretivo de acidez e fertilidade de um Cambissolo Húmico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.12, n.3, p.304-313, 2013a.

SILVA, J.M.; FERREIRA, R.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; DUTRA, A.F.; GOMES, J.P. Cultivo do tomateiro em ambiente protegido sob diferentes taxas de reposição da evapotranspiração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.1, p.40-46, 2013b. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000100006>

SILVA, L.V.B.D.; LIMA, V.L.A.; SILVA, V.N.B.; SOFIATTI, V.; PEREIRA, T.L.P. Torta de mamona residual e irrigação com efluente sobre crescimento e produção de algodoeiro

herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.12, p.1264-1270, 2013c. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013001200003>

SILVA, S.D.; PRESOTTO, R.A.; MAROTA, H.B.; ZONTA, E. Uso de torta de mamona como fertilizante orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.1, p.19-27, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000100003>

SINGH, A.K.; SHARMA, J.P. Studies on the effect of variety and level of nitrogen on plant growth and development and yield of tomato hybrids (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Annals of Agricultural Research**, Nova Delhi, v.20, n.4, p.502-503, 1999.

SMAJSTRLA, A.G.; LOCASCIO, S.J. Irrigation cutback effects on drip-irrigated tomato yields. **Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society**, Madison, v.107, p.113-118, 1994.

SOARES, L.A.A.; LIMA, G.S.; BRITO, M.E.B.; SÁ, F.V.S.; ARAÚJO, T.T. Crescimento do tomateiro e qualidade física dos frutos sob estresse hídrico em ambiente protegido. **Revista Verde**, Pombal, v.6, n.3, p.203-212, 2011.

SOFIATTI, V.; LIMA, R.L.S.; GOLDFARD, M.; BELTRÃO, N.E.M. Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Aracaju, v.7, n.1, p.144-152, 2007.

SOUZA, A.S.; BORGES, S.V.; MAGALHÃES, N.F.; RICARDO, H.V.; AZEVEDO, A.D. Spraydried tomato powder: reconstitution properties and colour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.51, n.4, p.807-814, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000400019>

SOUZA, J.L. Tomateiro para mesa em sistema orgânico. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.24, n.219, p.108-120, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, RS: Ed. Artmed, 2009. 819 p.

TAVELLA, L.B.; GALVÃO, R.O.; FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; NEGREIROS, J.R.S. Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.614-618, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000400014>

TOLEDO, D.S.; COSTA, C.A.; BACCI, L.; FERNANDES, L.A.; SOUZA, M.F. Production and quality of tomato fruits under organic management. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.253-257, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000200022>

UNGER, Y.L.; FERNANDEZ, I.J. The short-term effects of wood-ash amendment on forest soils. **Water, Air, and Soil Pollution**, Nova Iorque, v.49, n.3, p.299-314, 1990. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00507070>

VALARINI, P.J.; RESENDE, F.V. **Sustentabilidade do manejo orgânico e convencional na produção de hortaliças do Distrito Federal**. Brasília: Embrapa hortaliças, 2007, 12 p. (Circular Técnica, 49).

VAUGHN, S.F.; DEPPE, N.A.; BERHOW, M.A.; EVANGELISTA, R.L. Lesquerella press cake as an organic fertilizer for greenhouse tomatoes. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v.32, n.1, p.163-168, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.008>

VIGNOLO, G.K.; ARAÚJO, V.F.; KUNDE, R.J.; SILVEIRA, C.A.P.; ANTUNES, L.E.C. Produção de morangos a partir de fertilizantes alternativos em pré-plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1755-1761, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011001000013>

WANG, F.; KANG, S.; DU, T.; LI, F.; QIU, R. Determination of comprehensive quality index for tomato and its response to different irrigation treatments. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.98, n.8, p.1228-1238, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.03.004>

WANG, Y.S.; LIU, F.L.; ANDERSEN, M.N.; JENSEN, C.R. Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation. **Plant Functional Plant Biology**, Clayton South, v.37, n.2, p.175-182, 2010. <http://dx.doi.org/10.1071/FP09181>

WEESE, T.L.; BOHS, L. A three-gene phylogeny of the genus *Solanum* (Solanaceae). **Systematic Botany**, Washington, v.2, n.32, p.445-63, 2007. <http://dx.doi.org/10.1600/036364407781179671>

WEI, Z.; DUA, T.; ZHANGA, J.; XUA, S.; CAMBRE, P.J.; DAVIES, W.J. Carbon isotope discrimination shows a higher water use efficiency under alternate partial root-zone irrigation of field-grown tomato. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.165, p.33-43, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.11.009>

WILLIAMS, T.M.; HOLLIS, C.A.; SMITH, B.R. Forest soil and water chemistry following bark boiler bottom ash application. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.25, n.5, p.955-961, 1996. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500050005x>

YANG, L.; ZHAO, F.; CHANG, Q.; LI, T.; LI, F. Effects of vermicomposts on tomato yield and quality and soil fertility in greenhouse under different soil water regimes. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.160, p.98-105, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.002>

YOHANNES, F.; TADESSE, T. Effect of drip and furrow irrigation and plant spacing on yield of tomato at Dire Dawa, Ethiopia. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.35, n.3, p.201-207, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774\(97\)00039-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-3774(97)00039-5)

ZABELTITZ, V. **Greenhouse Structures, Ecosystems of the World's 20 Greenhouses**. Amsterdam: Elsevier, 1999.

ZAPATA, N.; VARGAS, M.; REYES, J.F.; BELMAR, G. Quality of biodiesel and press cake obtained from *Euphorbia lathyris*, *Brassica napus* and *Ricinus communis*. **Industrial Crops and Products**, Oxford, v.38, p.1-5, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.01.004>

ZHANG, F.S.; YAMASAKI, S.; NANZYU, M. Waste ashes for use in agricultural production: I. Liming effect, contents of plants nutrients and chemical characteristics of some metals. **Science of the Total Environment**, Amesterdã, v.284, n.1-4, p.215-225, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00887-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00887-7)

ZHENG, J.; HUANG, G.; JIA, D.; WANG, J.; MOTA, M.; PEREIRA, L.S.; HUANG, Q.; XU, X.; LIU, H. 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**, Oxford, v.129, p.181-193, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.001>

ZIMMERMANN, S.; FREY, B. Soil respiration and microbial properties in an acid forest soil: effects of wood ash. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.34, n.11, p.1727-1737, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00160-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00160-8)

ZOTARELLI, L.; DUKES, M.D.; SHOLBERG, J.M.S.; MUÑOZ-CARPENA, R.; ICERMAN, J. Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate irrigation scheduling. **Agricultural Water Management**, Oxford, v.96, n.8, p.1247-1258, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.019>

ZUBA, S.N.; NOGUEIRA, W.C.L.; FERNANDES, L.A.; SAMPAIO, R.A.; COSTA, C.A. Yield and nutrition of tomato using different nutrient sources. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.50-56, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000100009>

17 ANEXOS

ANEXO 1. Tabelas de análise de variância do capítulo 1

Tabela 1. Análise de variância para massas de fruto total (MFT) e comercial (MFC), diâmetros de fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT) e comercial (NFC), no período de cultivo em 2013

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Massa de fruto total (MFT)					
Bloco	3	0,0904	0,0301	0,979	0,4351
Cinza e torta de mamona	4	0,1853	0,0463	1,504	0,2623
Erro	12	0,3697	0,0308		
Total corrigido	19	0,6455			
CV (%)	12,00				
Média Geral	1,46				
Massa de fruto comercial (MFC)					
Bloco	3	0,0699	0,0233	0,517	0,6782
Cinza e torta de mamona	4	0,2822	0,0705	1,565	0,2462
Erro	12	0,5409	0,0450		
Total corrigido	19	0,8932			
CV (%)	15,02				
Média Geral	1,41				
Diâmetro de fruto total (DFT)					
Bloco	3	8,0150	2,6716	1,363	0,3010
Cinza e torta de mamona	4	14,0106	3,5026	1,787	0,1964
Erro	12	23,5266	1,9605		
Total corrigido	19	45,5522			
CV (%)	2,39				
Média Geral	58,60				
Diâmetro de fruto comercial (DFC)					
Bloco	3	7,8374	2,6124	1,262	0,3314
Cinza e torta de mamona	4	15,5772	3,8943	1,881	0,1786
Erro	12	24,8463	2,0705		
Total corrigido	19	48,2609			
CV (%)	2,46				
Média Geral	58,55				
Número de frutos totais (NFT)					
Bloco	3	10,2835	3,4278	0,632	0,6081
Cinza e torta de mamona	4	17,9578	4,4894	0,828	0,5323
Erro	12	65,0484	5,4207		
Total corrigido	19	93,2898			
CV (%)	11,80				
Média Geral	19,73				
Número de frutos comerciais (NFC)					
Bloco	3	14,5812	4,8604	0,848	0,4938
Cinza e torta de mamona	4	18,9562	4,7390	0,827	0,5329
Erro	12	68,7625	5,7302		
Total corrigido	19	102,3000			
CV (%)	12,34				
Média Geral	19,40				

Tabela 2. Análise de variância para massas de fruto total (MFT) e comercial (MFC), diâmetros do fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT) e comercial (NFC), no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Massa de fruto total (MFT)					
Bloco	3	0,1658	0,0552	0,495	0,6913
Cinza	2	0,0536	0,0268	0,240	0,7897
Torta de mamona	1	4,5524	4,5524	40,750	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	0,4329	0,2164	1,938	0,1784
Erro	15	1,6757	0,1117		
Total corrigido	23	6,8805			
CV (%)	22,97				
Média Geral	1,45				
Massa de fruto comercial (MFC)					
Bloco	3	0,2023	0,0674	0,597	0,6266
Cinza	2	0,0587	0,0293	0,260	0,7746
Torta de mamona	1	3,6973	3,6973	32,733	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	0,4612	0,2306	2,042	0,1643
Erro	15	1,6943	0,1129		
Total corrigido	23	6,1140			
CV (%)	24,24				
Média Geral	1,38				
Diâmetro de fruto total (DFT)					
Bloco	3	8,6056	2,8685	1,209	0,3405
Cinza	2	8,6409	4,3204	1,821	0,1959
Torta de mamona	1	58,9693	58,9693	24,856	0,0002
Cinza*Torta de mamona	2	3,6837	1,8418	0,776	0,4777
Erro	15	35,5872	2,3724		
Total corrigido	23	115,4868			
CV (%)	2,83				
Média Geral	54,40				
Diâmetro de fruto comercial (DFC)					
Bloco	3	3,4103	1,1367	0,561	0,6489
Cinza	2	13,2289	6,6144	3,264	0,0666
Torta de mamona	1	57,7353	57,7353	28,490	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	1,2629	0,6314	0,312	0,7369
Erro	15	30,3982	2,0265		
Total corrigido	23	106,0358			
CV (%)	2,59				
Média Geral	55,03				
Número de frutos totais (NFT)					
Bloco	3	7,2183	2,4061	0,235	0,8707
Cinza	2	15,1600	7,5800	0,740	0,4938
Torta de mamona	1	289,8150	289,8150	28,287	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	23,5300	11,7650	1,148	0,3435
Erro	15	153,6816	10,2454		
Total corrigido	23	489,4050			
CV (%)	16,78				
Média Geral	19,07				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de frutos comerciais (NFC)					
Bloco	3	4,0683	1,3561	0,143	0,9324
Cinza	2	7,3558	3,6779	0,389	0,6843
Torta de mamona	1	199,5266	199,5266	21,106	0,0004
Cinza*Torta de mamona	2	25,9058	12,9529	1,370	0,2841
Erro	15	141,8016	9,4534		
Total corrigido	23	378,6583			
CV (%)	17,33				
Média Geral	17,74				

Tabela 3. Análise de variância para a eficiência do uso da água (EUA), no período de cultivo em 2013

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
EUA					
Bloco	3	11,4628	3,8209	0,372	0,7748
Cinza e torta de mamona	4	76,0554	19,0138	1,851	0,1841
Erro	12	123,2988	10,2749		
Total corrigido	19	210,8171			
CV (%)	14,79				
Média Geral	21,67				

Tabela 4. Análise de variância para a eficiência do uso da água (EUA), no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
EUA					
Bloco	3	40,2432	13,4144	0,886	0,4709
Cinza	2	21,2731	10,6365	0,702	0,5111
Torta de mamona	1	245,5475	245,5475	16,210	0,0011
Cinza*Torta de mamona	2	87,8740	43,9370	2,901	0,0861
Erro	15	227,2198	15,1479		
Total corrigido	23	622,1578			
CV (%)	24,65				
Média Geral	15,78				

Tabela 5. Análise de variância para pH e nutrientes no solo, no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
pH					
Bloco	3	0,0012	0,0004	0,003	1,0000
Cinza	2	0,3033	0,1516	1,242	0,3168
Torta de mamona	1	0,0004	0,0004	0,003	0,9542
Cinza*Torta de mamona	2	0,1633	0,0816	0,669	0,5269
Erro	15	1,8312	0,1220		
Total corrigido	23	2,2995			
CV (%)	4,98				
Média Geral	7,02				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Ca					
Bloco	3	0,0212	0,0070	0,241	0,8666
Cinza	2	0,6925	0,3462	11,771	0,0008
Torta de mamona	1	0,0704	0,0704	2,394	0,1427
Cinza*Torta de mamona	2	0,1408	0,0704	2,394	0,1252
Erro	15	0,4412	0,0294		
Total corrigido	23	1,3662			
CV (%)	5,94				
Média Geral	2,88				
Mg					
Bloco	3	0,0883	0,0294	0,396	0,7581
Cinza	2	0,0408	0,0204	0,274	0,7639
Torta de mamona	1	0,1666	0,1666	2,239	0,1553
Cinza*Torta de mamona	2	0,2258	0,1129	1,517	0,2512
Erro	15	1,1166	0,0744		
Total corrigido	23	1,6383			
CV (%)	42,52				
Média Geral	0,64				
Corg					
Bloco	3	0,0285	0,0095	0,430	0,7342
Cinza	2	0,0805	0,0402	1,823	0,1956
Torta de mamona	1	0,0121	0,0121	0,550	0,4698
Cinza*Torta de mamona	2	0,1062	0,0531	2,405	0,1242
Erro	15	0,3314	0,0220		
Total corrigido	23	0,5589			
CV (%)	16,86				
Média Geral	0,88				
P					
Bloco	3	2864,8333	954,9444	1,119	0,3727
Cinza	2	1843,0000	921,5000	1,080	0,3647
Torta de mamona	1	121,5000	121,5000	0,142	0,7113
Cinza*Torta de mamona	2	3207,0000	1603,5000	1,878	0,1871
Erro	15	12804,1666	853,6111		
Total corrigido	23	20840,5000			
CV (%)	9,00				
Média Geral	324,75				
K					
Bloco	3	258,3333	86,1111	1,071	0,3910
Cinza	2	2590,3333	1295,1666	16,107	0,0002
Torta de mamona	1	504,1666	504,1666	6,270	0,0243
Cinza*Torta de mamona	2	16,3333	8,1666	0,102	0,9040
Erro	15	1206,1666	80,4111		
Total corrigido	23	4575,3333			
CV (%)	23,70				
Média Geral	37,8333				

Tabela 6. Análise de variância para macronutrientes nas folhas de tomate, no período em cultivo de 2013

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
N					
Bloco	3	0,2153	0,0717	1,020	0,4179
Cinza e torta de mamona	4	0,2940	0,0735	1,045	0,4244
Erro	12	0,8439	0,0703		
Total corrigido	19	1,3533			
CV (%)	11,94				
Média Geral	2,22				
P					
Bloco	3	0,0675	0,0225	16,964	0,0001
Cinza e torta de mamona	4	0,0069	0,0017	1,314	0,3197
Erro	12	0,0159	0,0013		
Total corrigido	19	0,0905			
CV (%)	7,95				
Média Geral	0,45				
K					
Bloco	3	16,5530	5,5176	1,013	0,4209
Cinza e torta de mamona	4	54,1737	13,5434	2,486	0,0994
Erro	12	65,3681	5,4473		
Total corrigido	19	136,0949			
CV (%)	84,05				
Média Geral	2,77				
Ca					
Bloco	3	8,2150	2,73836	0,808	0,5135
Cinza e torta de mamona	4	40,5552	10,1388	2,991	0,0630
Erro	12	40,6827	3,3902		
Total corrigido	19	89,4531			
CV (%)	52,53				
Média Geral	3,50				
Mg					
Bloco	3	0,0476	0,0158	0,167	0,9164
Cinza e torta de mamona	4	0,64484	0,1612	1,699	0,2146
Erro	12	1,1386	0,0948		
Total corrigido	19				
CV (%)	40,77				
Média Geral	0,75				

Tabela 7. Análise de variância para macronutrientes nas folhas de tomate, no período em cultivo de 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
N					
Bloco	3	0,6732	0,2244	2,051	0,1499
Cinza	2	0,3618	0,1809	1,653	0,2244
Torta de mamona	1	0,0372	0,0372	0,341	0,5680
Cinza*Torta de mamona	2	0,2555	0,1277	1,168	0,3378
Erro	15	1,6412	0,1094		
Total corrigido	23	2,9691			
CV (%)	18,00				
Média Geral	1,83				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
P					
Bloco	3	0,0118	0,0039	5,133	0,0122
Cinza	2	0,0015	0,0007	1,014	0,3864
Torta de mamona	1	0,0008	0,0008	1,063	0,3188
Cinza*Torta de mamona	2	0,0041	0,0020	2,721	0,0981
Erro	15	0,0115	0,0007		
Total corrigido	23	0,0299			
CV (%)	7,46				
Média Geral	0,37				
K					
Bloco	3	0,0353	0,0117	0,389	0,7625
Cinza	2	0,0508	0,0254	0,841	0,4508
Torta de mamona	1	0,0233	0,0233	0,772	0,3934
Cinza*Torta de mamona	2	0,0574	0,0287	0,948	0,4095
Erro	15	0,4540	0,0302		
Total corrigido	23	0,6211			
CV (%)	43,80				
Média Geral	0,39				
Ca					
Bloco	3	2,2329	0,7443	4,175	0,0246
Cinza	2	0,4626	0,2313	1,298	0,3021
Torta de mamona	1	0,1150	0,1150	0,646	0,4342
Cinza*Torta de mamona	2	0,0801	0,0400	0,225	0,8014
Erro	15	2,6742	0,1782		
Total corrigido	23	5,5651			
CV (%)	11,44				
Média Geral	3,69				
Mg					
Bloco	3	0,1764	0,0588	2,964	0,0658
Cinza	2	0,0536	0,0268	1,353	0,2883
Torta de mamona	1	0,0042	0,0042	0,212	0,6516
Cinza*Torta de mamona	2	0,0097	0,0048	0,246	0,7846
Erro	15	0,2976	0,0198		
Total corrigido	23	0,5417			
CV (%)	13,32				
Média Geral	1,05				

Tabela 8. Análise de variância para micronutrientes nas folhas de tomate, no período de cultivo em 2013

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Cu					
Bloco	3	81056,5893	27018,8631	1,822	0,1969
Cinza e torta de mamona	4	294257,8317	73564,4579	4,960	0,0136
Erro	12	177987,9012	14832,3251		
Total corrigido	19	553302,3223			
CV (%)	61,30				
Média Geral	198,67				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Fe					
Bloco	3	39456,2743	13152,0914	0,861	0,4875
Cinza e torta de mamona	4	101942,1192	25485,5298	1,669	0,2212
Erro	12	183205,7237	15267,1436		
Total corrigido	19	324604,1173			
CV (%)	42,92				
Média Geral	287,87				
Zn					
Bloco	3	208,1965	69,3988	0,573	0,6437
Cinza e torta de mamona	4	768,4267	192,1066	1,585	0,2412
Erro	12	1454,302	121,1918		
Total corrigido	19	2430,9255			
CV (%)	34,88				
Média Geral	31,56				
Mn					
Bloco	3	1631,3043	543,7681	1,772	0,2058
Cinza e torta de mamona	4	9499,6330	2374,9082	7,741	0,0025
Erro	12	3681,6600	306,8050		
Total corrigido	19	14812,5973			
CV (%)	21,10				
Média Geral	83,0225				

Tabela 9. Análise de variância para micronutrientes nas folhas de tomate, no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Cu					
Bloco	3	123928,0358	41309,3452	3,663	0,0367
Cinza	2	46130,9508	23065,4754	2,045	0,1639
Torta de mamona	1	9906,4066	9906,4066	0,878	0,3635
Cinza*Torta de mamona	2	1451,6858	725,8429	0,064	0,9379
Erro	15	169153,5041	11276,9002		
Total corrigido	23	350570,5833			
CV (%)	32,19				
Média Geral	329,90				
Fe					
Bloco	3	67219,2944	22406,4314	0,515	0,6783
Cinza	2	30618,9902	15309,4951	0,352	0,7091
Torta de mamona	1	6515,8626	6515,8626	0,150	0,7043
Cinza*Torta de mamona	2	13628,9852	6814,4926	0,157	0,8565
Erro	15	652925,4223	43528,3614		
Total corrigido	23	770908,5548			
CV (%)	41,32				
Média Geral	504,87				
Zn					
Bloco	3	296,0983	98,6994	0,502	0,6867
Cinza	2	321,1827	160,5913	0,817	0,4606
Torta de mamona	1	264,0066	264,0066	1,342	0,2647
Cinza*Torta de mamona	2	101,5564	50,7782	0,258	0,7758
Erro	15	2949,8041	196,6536		
Total corrigido	23	3932,6483			
CV (%)	44,23				
Média Geral	31,70				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
		Mg			
Bloco	3	6335,3675	2111,7891	2,128	0,1395
Cinza	2	278,7268	139,3634	0,140	0,8701
Torta de mamona	1	519,8704	519,8704	0,524	0,4803
Cinza*Torta de mamona	2	1980,1389	990,0694	0,998	0,3919
Erro	15	14885,7412	992,3827		
Total corrigido	23	23999,8450			
CV (%)	19,10				
Média Geral	164,92				

Tabela 10. Análise de variância para teor de sólidos solúveis no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
		Teor de sólidos solúveis			
Bloco	3	0,4928	0,1642	0,554	0,6530
Cinza	2	0,8434	0,4217	1,423	0,2717
Torta de mamona	1	0,9868	0,9868	3,330	0,0880
Cinza*Torta de mamona	2	2,3738	1,1869	4,006	0,0604
Erro	15	4,4447	0,2963		
Total corrigido	23	9,1417			
CV (%)	8,91				
Média Geral	6,10				

ANEXO 2. Tabelas de análise de variância do capítulo 2

Tabela 11. Análise de variância para altura das plantas no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAT, no período de cultivo em 2014.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Altura ao 1º DAT					
Bloco	3	6,2906	2,0968	0,410	0,7484
Cinza	2	8,7915	4,3957	0,859	0,4435
Torta de mamona	1	0,0053	0,0053	0,001	0,9746
Cinza*Torta de mamona	2	12,4761	6,238	1,219	0,3233
Erro	15	76,7790	5,1186		
Total corrigido	23	104,3427			
CV (%)	12,68				
Média Geral	17,84				
Altura aos 15 DAT					
Bloco	3	44,2021	14,7340	2,387	0,1097
Cinza	2	9,3695	4,6847	0,759	0,4853
Torta de mamona	1	0,0559	0,0559	0,009	0,9254
Cinza*Torta de mamona	2	21,2517	10,6258	1,722	0,2123
Erro	15	92,5793	6,1719		
Total corrigido	23	167,4586			
CV (%)	6,65				
Média Geral	37,33				
Altura aos 30 DAT					
Bloco	3	235,9036	78,6345	1,063	0,3942
Cinza	2	87,8958	43,9479	0,594	0,5646
Torta de mamona	1	43,3359	43,3359	0,586	0,4559
Cinza*Torta de mamona	2	13,5625	6,7812	0,092	0,9129
Erro	15	1109,7369	73,9824		
Total corrigido	23	1490,4348			
CV (%)	11,37				
Média Geral	75,67				
Altura aos 45 DAT					
Bloco	3	112,6536	37,5512	0,371	0,7749
Cinza	2	622,3333	311,1666	3,076	0,0760
Torta de mamona	1	849,0651	849,0651	8,393	0,0111
Cinza*Torta de mamona	2	85,2708	42,6354	0,421	0,0760
Erro	15	1517,4869	101,1657		
Total corrigido	23	3186,8098			
CV (%)	9,50				
Média Geral	105,82				
Altura aos 60 DAT					
Bloco	3	277,2604	92,4201	0,867	0,4800
Cinza	2	2048,5833	1024,2916	9,604	0,0021
Torta de mamona	1	1441,5000	1441,5000	13,516	0,0022
Cinza*Torta de mamona	2	102,2500	51,1250	0,479	0,6283
Erro	15	1599,7708	106,6513		
Total corrigido	23	5469,3645			
CV (%)	7,87				
Média Geral	131,27				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Altura aos 75 DAT					
Bloco	3	341,1119	113,7039	1,032	0,4068
Cinza	2	1366,1458	683,0729	6,197	0,0109
Torta de mamona	1	779,1901	779,1901	7,069	0,0179
Cinza*Torta de mamona	2	91,2708	45,6354	0,414	0,6683
Erro	15	1653,4036	110,2269		
Total corrigido	23	4231,1223			
CV (%)	6,70				
Média Geral	156,80				
Altura aos 90 DAT					
Bloco	3	83,2187	27,7395	0,305	0,8213
Cinza	2	311,3489	155,6744	1,712	0,2139
Torta de mamona	1	290,5104	290,5104	3,195	0,0941
Cinza*Torta de mamona	2	627,7239	313,8619	3,452	0,0585
Erro	15	1363,9375	90,9291		
Total corrigido	23	2676,7395			
CV (%)	5,41				
Média Geral	176,10				
Altura aos 105 DAT					
Bloco	3	18,4270	6,1423	0,115	0,9501
Cinza	2	328,2552	164,1276	3,071	0,0762
Torta de mamona	1	1,5000	1,5000	0,028	0,8692
Cinza*Torta de mamona	2	320,7656	160,3828	3,001	0,0801
Erro	15	801,6666	53,4444		
Total corrigido	23	1470,6145			
CV (%)	4,11				
Média Geral	177,98				
Altura aos 120 DAT					
Bloco	3	81,9036	27,3012	0,569	0,6442
Cinza	2	201,5052	100,7526	2,098	0,1572
Torta de mamona	1	35,6484	35,6484	0,742	0,4024
Cinza*Torta de mamona	2	320,7656	160,3828	3,001	0,0801
Erro	15	720,2369	48,0157		
Total corrigido	23	1432,0598			
CV (%)	3,90				
Média Geral	176,57				

Tabela 12. Análise de variância para número de folhas no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 DAT, no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de folhas ao 1º DAT					
Bloco	3	0,2187	0,0729	0,814	0,5059
Cinza	2	0,0208	0,0104	0,116	0,8910
Torta de mamona	1	0,0104	0,0104	0,116	0,7378
Cinza*Torta de mamona	2	0,0208	0,0104	0,116	0,8910
Erro	15	1,3437	0,0895		
Total corrigido	23	1,6145			
CV (%)	5,59				
Média Geral	5,35				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de folhas aos 15 DAT					
Bloco	3	1,7812	0,5937	2,767	0,0781
Cinza	2	0,0989	0,0494	0,231	0,7968
Torta de mamona	1	0,1666	0,1666	0,777	0,3921
Cinza*Torta de mamona	2	0,0989	0,0494	0,231	0,7968
Erro	15	3,2187	0,2145		
Total corrigido	23	5,3645			
CV (%)	4,57				
Média Geral	10,14				
Número de folhas aos 30 DAT					
Bloco	3	2,2604	0,7534	0,737	0,5461
Cinza	2	0,0677	0,0338	0,033	0,9675
Torta de mamona	1	7,0416	7,0416	6,889	0,0191
Cinza*Torta de mamona	2	1,7864	0,8932	0,874	0,4376
Erro	15	15,3333	1,0222		
Total corrigido	23	26,4895			
CV (%)	8,81				
Média Geral	11,47				
Número de folhas aos 45 DAT					
Bloco	3	0,9869	0,3289	0,232	0,8730
Cinza	2	14,9427	7,4713	5,259	0,0186
Torta de mamona	1	30,9401	30,9401	21,779	0,0003
Cinza*Torta de mamona	2	0,6927	0,3463	0,244	0,7867
Erro	15	21,3098	1,4206		
Total corrigido	23	68,8723			
CV (%)	9,07				
Média Geral	13,14				
Número de folhas aos 60 DAT					
Bloco	3	1,5000	0,5000	0,422	0,7401
Cinza	2	17,6458	8,8229	7,443	0,0057
Torta de mamona	1	41,3437	41,3437	34,877	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	1,1875	0,5937	0,501	0,6158
Erro	15	17,7812	1,1854		
Total corrigido	23	79,4583			
CV (%)	5,95				
Média Geral	18,2916				
Número de folhas aos 75 DAT					
Bloco	3	2,7786	0,9262	0,484	0,6984
Cinza	2	11,4427	5,7213	2,990	0,0808
Torta de mamona	1	33,2526	33,2526	17,376	0,0008
Cinza*Torta de mamona	2	0,8802	0,4401	0,230	0,7973
Erro	15	28,7057	1,9137		
Total corrigido	23	77,0598			
CV (%)	6,53				
Média Geral	21,17				
Número de folhas aos 90 DAT					
Bloco	3	2,3125	0,7708	0,638	0,6022
Cinza	2	3,7968	1,8984	1,571	0,2402
Torta de mamona	1	8,7604	8,7604	7,250	0,0167
Cinza*Torta de mamona	2	3,7552	1,8776	1,554	0,2436
Erro	15	18,1250	1,2083		
Total corrigido	23	36,7500			
CV (%)	4,81				
Média Geral	22,91				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de folhas aos 105 DAT					
Bloco	3	3,8020	1,2673	0,923	0,4538
Cinza	2	3,5781	1,7890	1,302	0,3009
Torta de mamona	1	1,2604	1,2604	0,918	0,3533
Cinza*Torta de mamona	2	3,5364	1,7682	1,287	0,3048
Erro	15	20,6041	1,3736		
Total corrigido	23	32,7812			
CV (%)	5,25				
Média Geral	22,11				
Número de folhas aos 120 DAT					
Bloco	3	4,1119	1,3706	0,672	0,5823
Cinza	2	1,2552	0,6276	0,308	0,7396
Torta de mamona	1	0,0234	0,0234	0,011	0,9160
Cinza*Torta de mamona	2	0,7656	0,3828	0,188	0,8308
Erro	15	30,5911	2,0394		
Total corrigido	23	36,7473			
CV (%)	6,53				
Média Geral	21,86				

Tabela 13. Análise de variância para número de cachos aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de cachos aos 30 DAT					
Bloco	3	0,5312	0,1770	0,876	0,4753
Cinza	2	0,2239	0,1119	0,554	0,5859
Torta de mamona	1	1,2604	1,2604	6,237	0,0246
Cinza*Torta de mamona	2	0,5677	0,2838	1,405	0,2760
Erro	15	3,0312	0,2020		
Total corrigido	23	5,6145			
CV (%)	21,36				
Média Geral	2,10				
Número de cachos aos 45 DAT					
Bloco	3	1,3411	0,4470	3,223	0,0528
Cinza	2	1,0468	0,5234	3,773	0,0470
Torta de mamona	1	3,5651	3,5651	25,701	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	0,0677	0,0338	0,244	0,7865
Erro	15	2,0807	0,1387		
Total corrigido	23	8,1015			
CV (%)	11,14				
Média Geral	3,34				
Número de cachos aos 60 DAT					
Bloco	3	0,2187	0,0729	0,278	0,8406
Cinza	2	3,0625	1,5312	5,833	0,0134
Torta de mamona	1	8,1666	8,1666	31,111	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	0,6458	0,3229	1,230	0,3201
Erro	15	3,9375	0,2625		
Total corrigido	23	16,0312			
CV (%)	10,38				
Média Geral	4,93				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de cachos aos 75 DAT					
Bloco	3	0,2708	0,0902	0,634	0,6044
Cinza	2	0,6458	0,3229	2,268	0,1378
Torta de mamona	1	3,0104	3,0104	21,146	0,0003
Cinza*Torta de mamona	2	0,1458	0,0729	0,512	0,6093
Erro	15	2,1354	0,1423		
Total corrigido	23	6,2083			
CV (%)	6,76				
Média Geral	5,58				
Número de cachos aos 90 DAT					
Bloco	3	0,7161	0,2387	0,653	0,5936
Cinza	2	0,0989	0,0494	0,135	0,8745
Torta de mamona	1	1,6276	1,6276	4,449	0,0521
Cinza*Torta de mamona	2	2,8802	1,4401	3,937	0,6422
Erro	15	5,4869	0,3657		
Total corrigido	23	10,8098			
CV (%)	9,57				
Média Geral	6,32				
Número de cachos aos 105 DAT					
Bloco	3	0,3828	0,1276	0,848	0,4891
Cinza	2	0,0468	0,0234	0,156	0,8572
Torta de mamona	1	0,1276	0,1276	0,848	0,3718
Cinza*Torta de mamona	2	0,4114	0,2057	1,367	0,2849
Erro	15	2,2578	0,1505		
Total corrigido	23	3,2265			
CV (%)	6,30				
Média Geral	6,15				

Tabela 14. Análise de variância para número de flores aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de flores aos 30 DAT					
Bloco	3	10,2083	3,4027	3,701	0,0356
Cinza	2	3,4843	1,7421	1,895	0,1846
Torta de mamona	1	0,0416	0,0416	0,045	0,8343
Cinza*Torta de mamona	2	0,2239	0,1119	0,122	0,8862
Erro	15	13,7916	0,9194		
Total corrigido	23	27,7500			
CV (%)	27,40				
Média Geral	3,50				
Número de flores aos 45 DAT					
Bloco	3	3,8645	1,2881	0,684	0,5757
Cinza	2	4,8489	2,4244	1,287	0,3049
Torta de mamona	1	1,5000	1,5000	0,796	0,3863
Cinza*Torta de mamona	2	3,3906	1,6953	0,900	0,4275
Erro	15	28,2604	1,8840		
Total corrigido	23	41,8645			
CV (%)	19,90				
Média Geral	6,72				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de flores aos 60 DAT					
Bloco	3	6,9244	2,3081	2,230	0,1269
Cinza	2	2,9114	1,4557	1,406	0,2756
Torta de mamona	1	12,3984	12,3984	11,976	0,0035
Cinza*Torta de mamona	2	0,1093	0,0546	0,053	0,9487
Erro	15	15,5286	1,0352		
Total corrigido	23	37,8723			
CV (%)	62,21				
Média Geral	1,63				
Número de flores aos 75 DAT					
Bloco	3	3,4479	1,1493	0,970	0,4327
Cinza	2	3,3906	1,6953	1,431	0,2699
Torta de mamona	1	7,0416	7,0416	5,944	0,0277
Cinza*Torta de mamona	2	7,1302	3,5651	3,009	0,0796
Erro	15	17,7708	1,1847		
Total corrigido	23	38,7812			
CV (%)	25,24				
Média Geral	4,47				
Número de flores aos 90 DAT					
Bloco	3	6,0833	2,0277	0,692	0,5709
Cinza	2	22,0677	11,0338	3,766	0,0639
Torta de mamona	1	12,0416	12,0416	4,110	0,0608
Cinza*Torta de mamona	2	23,5677	11,7838	4,022	0,0699
Erro	15	43,9479	2,9298		
Total corrigido	23	107,7083			
CV (%)	42,35				
Média Geral	4,77				
Número de flores aos 105 DAT					
Bloco	3	3,8828	1,2942	1,176	0,3519
Cinza	2	2,0208	1,0104	0,918	0,4206
Torta de mamona	1	6,2526	6,2526	0,918	0,4206
Cinza*Torta de mamona	2	2,8958	1,4479	1,316	0,2975
Erro	15	16,5078	1,1005		
Total corrigido	23	31,5598			
CV (%)	84,63				
Média Geral	1,55				

Tabela 15. Análise de variância para número de frutos aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no período de cultivo em 2014

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de frutos aos 30 DAT					
Bloco	3	1,6536	0,5512	2,231	0,1267
Cinza	2	0,0052	0,0026	0,011	0,9895
Torta de mamona	1	1,1484	1,1484	4,649	0,0477
Cinza*Torta de mamona	2	0,1093	0,0546	0,221	0,8040
Erro	15	3,7057	0,2470		
Total corrigido	23	6,6223			
CV (%)	90,03				
Média Geral	0,55				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de frutos aos 45 DAT					
Bloco	3	6,1536	2,0512	2,276	0,1215
Cinza	2	1,5989	0,7994	0,887	0,4324
Torta de mamona	1	21,5651	21,5651	23,929	0,0002
Cinza*Torta de mamona	2	5,6614	2,8307	3,141	0,0725
Erro	15	13,5182	0,9012		
Total corrigido	23	48,4973			
CV (%)	23,43				
Média Geral	4,05				
Número de frutos aos 60 DAT					
Bloco	3	14,2578	4,7526	1,333	0,3008
Cinza	2	44,5468	22,2734	6,345	0,1101
Torta de mamona	1	103,1276	103,1276	28,927	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	19,1614	9,5807	2,729	0,0975
Erro	15	53,4765	3,5651		
Total corrigido	23	249,7473			
CV (%)	19,26				
Média Geral	10,40				
Número de frutos aos 75 DAT					
Bloco	3	10,5494	3,5164	1,002	0,4191
Cinza	2	44,5468	22,2734	6,345	0,1101
Torta de mamona	1	156,3151	156,3151	44,531	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	19,1614	9,5807	2,729	0,0975
Erro	15	52,6536	3,5102		
Total corrigido	23	283,2265			
CV (%)	14,04				
Média Geral	13,34				
Número de frutos aos 90 DAT					
Bloco	3	9,7691	3,2563	0,374	0,7727
Cinza	2	35,4692	17,7346	2,039	0,1647
Torta de mamona	1	117,9931	117,9931	13,566	0,0022
Cinza*Torta de mamona	2	1,4982	0,7491	0,086	0,9179
Erro	15	130,4686	8,6979		
Total corrigido	23				
CV (%)	19,25				
Média Geral	15,32				
Número de frutos aos 105 DAT					
Bloco	3	2,5104	0,8368	0,165	0,9181
Cinza	2	5,9427	2,9713	0,587	0,5683
Torta de mamona	1	114,8437	114,8437	22,688	0,0003
Cinza*Torta de mamona	2	19,1406	9,5703	1,891	0,1852
Erro	15	75,9270	5,0618		
Total corrigido	23	218,3645			
CV (%)	16,19				
Média Geral	13,89				

Tabela 16. Análise de variância para as massas fresca de folha (MFF), fresca de caule (MFC), fresca de raiz (MFR), seca de folha (MSF), seca de caule (MSC) e seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR), no período de cultivo em 2014.

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Massa fresca de folha (MFF)					
Bloco	3	1262,2720	420,7573	0,294	0,8292
Cinza	2	1631,2833	815,6416	0,570	0,5774
Torta de mamona	1	78671,9083	78671,9083	54,955	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	2281,1413	1140,5706	0,797	0,4690
Erro	15	21473,5049	1431,5669		
Total corrigido	23	105320,1100			
CV (%)	18,55				
Média Geral	203,99				
Massa fresca de caule (MFC)					
Bloco	3	3635,5910	1211,8636	0,758	0,5347
Cinza	2	3749,5359	1874,7679	1,173	0,3362
Torta de mamona	1	22259,5046	22259,504686	13,930	0,0020
Cinza*Torta de mamona	2	2451,6434	1225,8217	0,767	0,4817
Erro	15	23968,9347	1597,9289		
Total corrigido	23	56065,2098			
CV (%)	31,13				
Média Geral	128,39				
Massa fresca de raiz (MFR)					
Bloco	3	11212,7386	3737,5795	1,416	0,2771
Cinza	2	5170,5622	2585,2811	0,979	0,3983
Torta de mamona	1	96598,0072	96598,0072	36,598	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	17918,7154	8959,3577	3,394	0,0608
Erro	15	39591,8919	2639,4594		
Total corrigido	23	170491,9156			
CV (%)	23,79				
Média Geral	215,93				
Massa seca de folha (MSF)					
Bloco	3	58,2928	19,4309	0,430	0,7342
Cinza	2	107,6189	53,8094	1,192	0,3308
Torta de mamona	1	2656,1422	2656,1422	58,843	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	192,5392	96,2696	1,192	0,3308
Erro	15	677,0976	45,1398		
Total corrigido	23	3691,6909			
CV (%)	14,44				
Média Geral	46,52				
Massa seca de caule (MSC)					
Bloco	3	51,2986	17,0995	0,658	0,5905
Cinza	2	52,4434	26,2217	1,009	0,3880
Torta de mamona	1	1051,4718	1051,4718	40,460	0,0000
Cinza*Torta de mamona	2	41,8770	20,9385	0,806	0,4652
Erro	15	389,8204	25,988		
Total corrigido	23	1586,9113			
CV (%)	15,18				
Média Geral	33,58				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Massa seca de raiz (MSR)					
Bloco	3	2239,2118	746,4039	2,373	0,1112
Cinza	2	409,1017	204,5508	0,650	0,5360
Torta de mamona	1	8141,7837	8141,7837	25,887	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	3655,8256	1827,9128	5,812	0,0635
Erro	15	4717,6891	314,5126		
Total corrigido	23	19163,6121			
CV (%)	31,12				
Média Geral	58,64				
Volume de raiz (VR)					
Bloco	3	7389,8136	2463,2712	2,493	0,0997
Cinza	2	537,7164	268,8582	0,272	0,7654
Torta de mamona	1	30597,1712	30597,1712	30,969	0,0001
Cinza*Torta de mamona	2	1505,1406	752,5703	0,762	0,4841
Erro	15	14819,8046	987,9869		
Total corrigido	23	54849,6466			
CV (%)	23,48				
Média Geral	133,87				

Tabela 17. Análise de variância para altura das plantas no 1º e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 111 DAT, no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Altura ao 1º DAT					
Bloco	5	40,9425	8,1885	2,975	0,0463
Lâmina	3	22,1071	7,3690	2,677	0,0846
Erro	15	41,2929	2,7528		
Total corrigido	23	104,3427			
CV (%)	9,30				
Média Geral	17,84				
Altura aos 15 DAT					
Bloco	5	46,6124	9,3224	1,432	0,2693
Lâmina	3	23,1845	7,7281	1,187	0,3481
Erro	15	97,6615	6,5107		
Total corrigido	23	167,4586			
CV (%)	6,84				
Média Geral	37,33				
Altura aos 30 DAT					
Bloco	5	118,3115	23,6623	1,173	0,3675
Lâmina	3	128,6406	42,8802	2,126	0,1398
Erro	15	302,6051	20,1736		
Total corrigido	23	549,5573			
CV (%)	6,26				
Média Geral	71,79				
Altura aos 45 DAT					
Bloco	5	314,8632	62,9726	1,114	0,3941
Lâmina	3	559,1152	186,3717	3,298	0,0496
Erro	15	847,7445	56,5163		
Total corrigido	23	1721,7230			
CV (%)	7,11				
Média Geral	105,71				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Altura aos 60 DAT					
Bloco	5	318,8645	63,7729	0,702	0,6305
Lâmina	3	1199,1068	399,7022	4,401	0,0207
Erro	15	1362,3531	90,8235		
Total corrigido	23	2880,3245			
CV (%)	6,51				
Média Geral	146,29				
Altura aos 75 DAT					
Bloco	5	320,0345	64,0069	1,613	0,2166
Lâmina	3	570,1425	190,0475	4,790	0,0155
Erro	15	595,1035	39,6735		
Total corrigido	23	1485,2805			
CV (%)	3,91				
Média Geral	160,90				
Altura aos 90 DAT					
Bloco	5	213,2532	42,6506	0,771	0,5852
Lâmina	3	581,1321	193,7107	3,502	0,0419
Erro	15	829,7701	55,3180		
Total corrigido	23	1624,1555			
CV (%)	4,66				
Média Geral	159,65				
Altura aos 105 DAT					
Bloco	5	168,4895	33,6979	0,798	0,5677
Lâmina	3	592,3020	197,4340	4,678	0,0169
Erro	15	633,0729	42,2048		
Total corrigido	23	1393,8645			
CV (%)	4,01				
Média Geral	161,97				
Altura aos 111 DAT					
Bloco	5	159,3567	31,8713	0,793	0,5714
Lâmina	3	649,6953	216,5651	5,385	0,0102
Erro	15	603,1953	40,2130		
Total corrigido	23	1412,2473			
CV (%)	3,84				
Média Geral	165,05				

Tabela 18. Análise de variância para número de folhas no 1° e aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 111 DAT, no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de folhas ao 1° DAT					
Bloco	5	0,4270	0,0854	1,194	0,3583
Lâmina	3	0,1145	0,0381	0,534	0,6660
Erro	15	1,0729	0,0715		
Total corrigido	23	1,6145			
CV (%)	5,00				
Média Geral	5,35				
Número de folhas aos 15 DAT					
Bloco	5	3,3645	0,6729	5,184	0,0058
Lâmina	3	0,0520	0,0173	0,134	0,9385
Erro	15	1,9479	0,1298		
Total corrigido	23	5,3645			
CV (%)	3,55				
Média Geral	10,14				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de folhas aos 30 DAT					
Bloco	5	2,9817	0,5963	1,162	0,3721
Lâmina	3	2,6953	0,8984	1,751	0,1996
Erro	15	7,6953	0,5130		
Total corrigido	23	13,3723			
CV (%)	5,07				
Média Geral	14,13				
Número de folhas aos 45 DAT					
Bloco	5	2,9583	0,5916	0,405	0,9837
Lâmina	3	14,8854	4,9618	3,399	0,0456
Erro	15	21,8958			
Total corrigido	23	39,7395			
CV (%)	6,07				
Média Geral	18,02				
Número de folhas aos 60 DAT					
Bloco	5	9,0937	1,8187	0,978	0,4628
Lâmina	3	3,3750	1,1250	0,605	0,6220
Erro	15	27,9062	1,8604		
Total corrigido	23	40,3750			
CV (%)	5,93				
Média Geral	23,00				
Número de folhas aos 75 DAT					
Bloco	5	10,9062	2,1812	1,898	0,1545
Lâmina	3	2,2604	0,7534	0,656	0,5918
Erro	15	17,2395	1,1493		
Total corrigido	23	30,4062			
CV (%)	4,32				
Média Geral	24,81				
Número de folhas aos 90 DAT					
Bloco	5	9,8958	1,9791	1,503	0,2472
Lâmina	3	2,4375	0,8125	0,617	0,6146
Erro	15	19,7500	1,3166		
Total corrigido	23	32,0833			
CV (%)	4,76				
Média Geral	24,08				
Número de folhas aos 105 DAT					
Bloco	5	8,4687	1,6937	0,753	0,5965
Lâmina	3	2,9687	0,9895	0,440	0,7276
Erro	15	33,7187	2,2479		
Total corrigido	23	45,1562			
CV (%)	6,07				
Média Geral	24,68				
Número de folhas aos 111 DAT					
Bloco	5	28,0937	5,6187	2,528	0,0751
Lâmina	3	1,8125	0,6041	0,272	0,8448
Erro	15	33,3437	2,2229		
Total corrigido	23	63,2500			
CV (%)	5,68				
Média Geral	26,25				

Tabela 19. Análise de variância para número de cachos aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de cachos aos 30 DAT					
Bloco	5	8,5000	1,7000	21,103	0,0000
Lâmina	3	0,0416	0,0138	0,172	0,9134
Erro	15	1,2083	0,0805		
Total corrigido	23	9,7500			
CV (%)	10,81				
Média Geral	2,62				
Número de cachos aos 45 DAT					
Bloco	5	0,8046	0,1609	1,707	0,1936
Lâmina	3	0,6328	0,2109	2,238	0,1259
Erro	15	1,4140	0,0942		
Total corrigido	23	2,8515			
CV (%)	7,50				
Média Geral	4,09				
Número de cachos aos 60 DAT					
Bloco	5	2,9583	0,5916	6,000	0,0030
Lâmina	3	0,6458	0,2152	2,183	0,1325
Erro	15	1,4791	0,0986		
Total corrigido	23	5,0833			
CV (%)	4,77				
Média Geral	6,58				
Número de cachos aos 75 DAT					
Bloco	5	3,4062	0,6812	3,620	0,0240
Lâmina	3	0,8020	0,2673	1,421	0,2758
Erro	15	2,8229	0,1881		
Total corrigido	23	7,0312			
CV (%)	6,87				
Média Geral	6,31				
Número de cachos aos 90 DAT					
Bloco	5	1,6692	0,3338	2,883	0,0510
Lâmina	3	0,1536	0,0512	0,442	0,7262
Erro	15	1,7369	0,1157		
Total corrigido	23	3,5598			
CV (%)	5,74				
Média Geral	5,92				
Número de cachos aos 105 DAT					
Bloco	5	0,5312	0,1062	0,253	0,9318
Lâmina	3	0,5416	0,1805	0,430	0,7347
Erro	15	6,3020	0,4201		
Total corrigido	23	7,3750			
CV (%)	15,65				
Média Geral	4,25				

Tabela 20. Análise de variância para número de flores aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de flores aos 30 DAT					
Bloco	5	346,2708	69,2541	20,898	0,0000
Lâmina	3	8,1041	2,7013	0,815	0,5053
Erro	15	49,7083	3,3138		
Total corrigido	23	404,0833			
CV (%)	14,23				
Média Geral	12,79				
Número de flores aos 45 DAT					
Bloco	5	1,8958	0,3791	0,084	0,9937
Lâmina	3	5,3437	1,7812	0,394	0,7589
Erro	15	67,7500	4,5166		
Total corrigido	23	74,9895			
CV (%)	16,22				
Média Geral	13,10				
Número de flores aos 60 DAT					
Bloco	5	10,6562	2,1312	0,476	0,7884
Lâmina	3	24,2083	8,0694	1,803	0,1899
Erro	15	67,1354	4,4756		
Total corrigido	23	102,0000			
CV (%)	31,34				
Média Geral	6,75				
Número de flores aos 75 DAT					
Bloco	5	6,9270	1,3854	0,547	0,7385
Lâmina	3	4,5520	1,5173	0,599	0,6256
Erro	15	38,0104	2,5340		
Total corrigido	23	49,4895			
CV (%)	50,60				
Média Geral	3,14				
Número de flores aos 90 DAT					
Bloco	5	0,9921	0,1984	0,877	0,5195
Lâmina	3	0,7161	0,2387	1,055	0,3972
Erro	15	3,3932	0,2262		
Total corrigido	23	5,1015			
CV (%)	304,40				
Média Geral	0,15				
Número de flores aos 105 DAT					
Bloco	5	3,2317	0,6463	3,898	0,0183
Lâmina	3	0,4661	0,1553	0,937	0,4472
Erro	15	2,4869	0,1657		
Total corrigido	23	6,1848			
CV (%)	126,10				
Média Geral	0,3229				

Tabela 21. Análise de variância para número de frutos aos 30, 45, 60, 75, 90 e 105 DAT, no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de frutos aos 30 DAT					
Bloco	5	2,2083	0,4416	4,892	0,0075
Lâmina	3	2,3203	0,7734	0,722	0,5544
Erro	15	1,3541	0,0902		
Total corrigido	23	4,6145			
CV (%)	49,73				
Média Geral	0,60				
Número de frutos aos 45 DAT					
Bloco	5	5,5442	1,1088	1,035	0,4327
Lâmina	3	2,3203	0,7734	0,722	0,5544
Erro	15	16,0703	1,0713		
Total corrigido	23	23,9348			
CV (%)	19,75				
Média Geral	5,23				
Número de frutos aos 60 DAT					
Bloco	5	30,9895	6,1979	1,439	0,2671
Lâmina	3	67,8541	22,6180	5,251	0,0112
Erro	15	64,6145	4,3076		
Total corrigido	23	163,4583			
CV (%)	16,39				
Média Geral	12,66				
Número de frutos aos 75 DAT					
Bloco	5	45,1692	9,0338	2,113	0,1202
Lâmina	3	38,2578	12,7526	2,983	0,0447
Erro	15	64,1328	4,2755		
Total corrigido	23	147,5598			
CV (%)	12,93				
Média Geral	15,98				
Número de frutos aos 90 DAT					
Bloco	5	86,8333	17,3666	4,830	0,0079
Lâmina	3	17,4687	5,8229	1,619	0,2268
Erro	15	53,9375	3,5958		
Total corrigido	23	158,2395			
CV (%)	11,60				
Média Geral	16,35				
Número de frutos aos 105 DAT					
Bloco	5	20,7005	4,1401	0,825	0,5512
Lâmina	3	9,8828	3,2942	0,656	0,5914
Erro	15	75,2890	5,0192		
Total corrigido	23	105,8723			
CV (%)	21,23				
Média Geral	10,55				

Tabela 22. Análise de variância para as massas fresca de folha (MFF), fresca de caule (MFC), fresca de raiz (MFR), seca de folha (MSF), seca de caule (MSC) e seca de raiz (MSR) e volume de raiz (VR), no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Massa fresca de folha (MFF)					
Bloco	5	5730,3794	1146,0758	2,647	0,0658
Lâmina	3	6569,3363	2189,7787	5,057	0,0128
Erro	15	6495,3757	433,0250		
Total corrigido	23	18795,0915			
CV (%)	13,21				
Média Geral	157,5421				
Massa fresca de caule (MFC)					
Bloco	5	215,6166	43,1233	0,320	0,8930
Lâmina	3	1298,9602	432,9867	3,217	0,0530
Erro	15	2019,1407	134,6093		
Total corrigido	23	3533,7176			
CV (%)	9,55				
Média Geral	121,5422				
Massa fresca de raiz (MFR)					
Bloco	5	140081,2304	28016,2460	4,069	0,0156
Lâmina	3	8125,9316	2708,6438	0,393	0,7595
Erro	15	103267,4687	6884,4979		
Total corrigido	23	251474,6307			
CV (%)	26,76				
Média Geral	310,02				
Massa seca de folha (MSF)					
Bloco	5	173,8122	34,7624	2,639	0,0664
Lâmina	3	269,1339	89,7113	6,811	0,0041
Erro	15	197,5757	13,1717		
Total corrigido	23	640,5219			
CV (%)	7,06				
Média Geral	51,37				
Massa seca de caule (MSC)					
Bloco	5	14,9430	2,9886	0,407	0,8362
Lâmina	3	91,49242	30,4974	4,157	0,0249
Erro	15	110,0400	7,3360		
Total corrigido	23	216,4754			
CV (%)	8,17				
Média Geral	33,13				
Massa seca de raiz (MSR)					
Bloco	5	46898,2136	9379,6427	5,254	0,0055
Lâmina	3	4245,1275	1415,0425	0,793	0,5167
Erro	15	26776,8657	1785,1243		
Total corrigido	23	77920,2069			
CV (%)	52,42				
Média Geral	80,6025				
Volume de raiz (VR)					
Bloco	5	53388,3333	10677,6666	2,489	0,0784
Lâmina	3	1309,5000	436,5000	0,102	0,9578
Erro	15	64340,0000	4289,3333		
Total corrigido	23	119037,8333			
CV (%)	24,54				
Média Geral	266,91				

ANEXO 3. Tabelas de análise de variância do capítulo 3

Tabela 23. Análise de variância para massas de fruto total (MFT), comercial (MFC) e com podridão apical (MFPA), diâmetros de fruto total (DFT) e comercial (DFC) e números de frutos total (NFT), comercial (NFC) e com podridão apical (NFPA), no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Massa de fruto total (MFT)					
Bloco	5	0,3155	0,0631	0,985	0,4588
Cinza e torta de mamona	3	9,3876	3,1292	48,846	0,0000
Erro	15	0,9609	0,0640		
Total corrigido	23	10,6641			
CV (%)	5,98				
Média Geral	4,23				
Massa de fruto comercial (MFC)					
Bloco	5	1,3926	0,2785	1,616	0,2160
Cinza e torta de mamona	3	13,5816	4,5272	26,258	0,0000
Erro	15	2,5861	0,1724		
Total corrigido	23	17,5605			
CV (%)	13,53				
Média Geral	3,06				
Massa de fruto com podridão apical (MFPA)					
Bloco	5	1,4103	0,2820	3,552	0,0256
Cinza e torta de mamona	3	0,9922	0,3307	4,165	0,0247
Erro	15	1,1911	0,0794		
Total corrigido	23	3,5937			
CV (%)	24,14				
Média Geral	1,16				
Diâmetro de fruto total (DFT)					
Bloco	5	2,8753	0,5750	0,194	0,9602
Cinza e torta de mamona	3	33,9981	11,3327	3,817	0,0325
Erro	15	44,5363	2,9690		
Total corrigido	23	81,4098			
CV (%)	3,22				
Média Geral	53,46				
Diâmetro de fruto comercial (DFC)					
Bloco	5	13,2541	2,6508	0,342	0,8794
Cinza e torta de mamona	3	39,6014	13,2004	1,703	0,2090
Erro	15	116,2432	7,7495		
Total corrigido	23	169,0988			
CV (%)	5,26				
Média Geral	52,91				
Número de fruto total (NFT)					
Bloco	5	5318,7083	1063,7416	2,372	0,0894
Cinza e torta de mamona	3	4631,4583	1543,8194	3,443	0,0440
Erro	15	6726,7916	448,4527		
Total corrigido	23	16676,9583			
CV (%)	8,19				
Média Geral	258,7083				

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Número de fruto comercial (NFC)					
Bloco	5	16851,3750	3370,2750	8,943	0,0004
Cinza e torta de mamona	3	11711,4583	3903,8194	10,359	0,0006
Erro	15	5652,7916	376,8527		
Total corrigido	23	34215,6250			
CV (%)	10,20				
Média Geral	190,37				
Número de fruto com podridão apical (NFPA)					
Bloco	5	3890,3333	778,0666	2,455	0,0814
Cinza e torta de mamona	3	4270,6666	1423,5555	4,491	0,0193
Erro	15	4754,3333	316,9555		
Total corrigido	23	12915,3333			
CV (%)	26,05				
Média Geral	68,33				

Tabela 24. Análise de variância para a eficiência do uso da água (EUA), no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Eficiência do uso da água (EUA)					
Bloco	5	208,1989	41,6397	1,855	0,1625
Cinza e torta de mamona	3	228,5942	76,1980	3,394	0,0458
Erro	15	336,7748	22,4516		
Total corrigido	23	773,5680			
CV (%)	13,77				
Média Geral	34,42				

Tabela 25. Análise de variância para teor de sólidos solúveis, no período de cultivo em 2015

Fontes de variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr<Fc
Teor de sólidos solúveis					
Bloco	5	0,3675	0,0735	0,818	0,5557
Cinza e torta de mamona	3	0,5426	0,1808	2,012	0,1555
Erro	15	1,3486	0,0899		
Total corrigido	23	2,2588			
CV (%)	7,50				
Média Geral	3,99				