

JOSÉ ANTONIO RODRIGUES DE SOUZA

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO
TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA
SUINOCULTURA NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DO TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Agrícola,
para obtenção do título de *Doctor*
Scientiae.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

JOSÉ ANTONIO RODRIGUES DE SOUZA

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO
TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA
SUINOCULTURA NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DO TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Aprovada em: 20 de Março de 2009

**Prof. Antonio Teixeira de Matos
(Co-Orientador)**

Prof. Alisson Carraro Borges

Prof. Cristiano Tagliaferre

Prof. Marcos Alves Magalhães

**Prof. Paulo Afonso Ferreira
(Orientador)**

“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos”.

Fazer ou não fazer algo, só depende de nossa vontade e perseverança.

(Albert Einstein)

A Deus.

A minha mãe Cristina, pela confiança e
apoio incondicional às decisões da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus e minha mãe, por serem pilares da minha existência.

A Débora, pelo apoio e ajuda imprescindível na realização deste trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas Rafael, Marcelo, Fernando, Daniel, pelas palavras de incentivos.

Ao professor Paulo Afonso, pela orientação neste trabalho.

Aos professores co-orientadores Antonio Teixeira de Matos e Derly José Henriques da Silva pela colaboração e assistência durante os trabalhos.

A todas as pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

JOSÉ ANTONIO RODRIGUES DE SOUZA, filho de Cristina Rodrigues de Souza e Genésio Gomes de Souza, nasceu em Brasília, DF, em 14 de abril de 1977.

Em 1992, iniciou o curso Técnico em Contabilidade na Escola Estadual Argemiro do Prado, em Buritis, MG, concluindo-o em dezembro de 1994.

Em 1998, ingressou no Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em março de 2003.

Em março de 2003, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, da UFV, submetendo-se à defesa da dissertação em fevereiro de 2005.

Em abril de 2006, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Engenharia Agrícola, área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, da UFV, submetendo-se à defesa da tese em março de 2009.

CONTEÚDO

| | |
|--|------|
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE QUADROS | xi |
| RESUMO | xiii |
| ABSTRACT | xv |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| REFERÊNCIAS | 2 |
| | |
| CAPÍTULO I - EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NO SOLO | |
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 7 |
| 2.1. Caracterização do local | 7 |
| 2.2. Preenchimento dos lisímetros e caracterização do solo..... | 8 |
| 2.3. Caracterização da água de irrigação..... | 11 |
| 2.4. Obtenção e caracterização do efluente do tratamento preliminar da água residuária de suinocultura..... | 12 |
| 2.5 Tratamentos e delineamento experimental | 13 |
| 2.6. Condução do experimento | 15 |
| 2.7. Variáveis avaliadas..... | 17 |
| 2.8 Análise estatística | 17 |

| | |
|--|----|
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 3.1. Efeitos na condutividade elétrica e hidráulica do solo | 18 |
| 3.2. Potássio..... | 21 |
| 3.3. Cálcio e Magnésio | 24 |
| 3.4. Acidez ativa (pH) | 28 |
| 3.5. CTC efetiva (t) | 31 |
| 3.6. Índice de Saturação por sódio (ISNA) | 34 |
| 3.7. Fósforo | 36 |
| 3.8. Nitrogênio | 39 |
| 3.9. Efeitos na porosidade total, massa específica e microporosidade | 42 |
| 4. CONCLUSÕES | 47 |
| 5. REFERÊNCIAS | 49 |

CAPÍTULO II - EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO
TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE
SUINOCULTURA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO
TOMATE⁵⁶

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 56 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS..... | 58 |
| 2.1. Crescimento das plantas | 58 |
| 2.2. Desenvolvimento das plantas..... | 59 |
| 2.3. Produção e classificação dos frutos | 59 |
| 2.4. Qualidade dos frutos | 60 |
| 2.5. Matéria Seca | 60 |
| 2.6. Análise estatística | 61 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 61 |
| 3.1. Observações meteorológicas | 61 |
| 3.2. Crescimento das plantas | 63 |
| 3.2.1. Tempo de florescimento | 63 |
| 3.2.2. Altura, área foliar, diâmetro do caule e número de folhas totalmente expandidas | 64 |
| 3.3. Desenvolvimento das plantas | 66 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1. Acúmulo de nutrientes nas folhas | 66 |
| 3.3.2. Potencial de água na folha | 68 |
| 3.3.3. Fotossíntese | 70 |
| 3.4. Produção e classificação dos frutos | 71 |
| 3.5. Qualidade dos frutos | 74 |
| 3.6. Matéria seca | 80 |
| 4. CONCLUSÕES | 81 |
| 5. REFERÊNCIAS | 82 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 – Visão geral da área experimental, em fase de preenchimento, mostrando, à esquerda, os lisímetros e, à direita, a estação de coleta de efluente sob abrigo.....8
- Figura 2 – Curva de retenção de água do solo..... 10
- Figura 3 – Condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes) em função da condutividade elétrica da solução sobrenadante (CE 1:5)..... 11
- Figura 4 – Vista geral do sistema de filtragem da água residuária de suinocultura. 12
- Figura 5 - Esquema do sistema de aplicação utilizado. 16
- Figura 6 – Variação na concentração de K trocável no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).....23
- Figura 7 – Variação na concentração de Ca trocável no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).....26
- Figura 8 – Variação na concentração de Mg trocável no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).....27

| | |
|--|----|
| Figura 9 – Variação nos valores de pH, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 30 |
| Figura 10 – Variação nos valores de CTC efetiva, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 33 |
| Figura 11 – Variação nos valores de ISNa, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 35 |
| Figura 12 – Variação na concentração de P disponível no perfil do solo, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 38 |
| Figura 13 – Variação na concentração de N no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G)..... | 41 |
| Figura 14 – Variação na porosidade total, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 44 |
| Figura 15 – Variação na massa específica, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 45 |
| Figura 16 – Variação na microporosidade, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G). | 46 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Valores médios diários de temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar incidente (C), registrados no período de 09 de janeiro a 07 de maio de 2008. | 62 |
| Figura 2 – Altura (A), área foliar (B), diâmetro do caule (C) e número de folhas totalmente expandidas (D) em função do tempo (DAT), nos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados. | 65 |

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Características físicas do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros | 8 |
| Quadro 2 – Resultados das análises químicas do solo, antes e após ser efetuada a calagem | 9 |
| Quadro 3 - Características químicas da água de irrigação | 11 |
| Quadro 4 – Valores médios das características físicas, químicas e microbiológicas da água residuária de suinocultura filtrada (ARSF), utilizada na fertirrigação | 13 |
| Quadro 5 – Resultados das avaliações da condutividade elétrica da pasta do solo saturado (CEes, dS m^{-1}) e condutividade hidráulica do solo saturado (K_0 , cm h^{-1}), em diferentes períodos de avaliação, para a camada 0-0,20 m | 19 |
| Quadro 1 – Tempo médio de florescimento (dias) para cada racimo do tomateiro nos diferentes tratamentos avaliados | 64 |
| Quadro 2 – Concentrações médias de nutrientes nas folhas e resultado dos testes de médias entre tratamentos | 67 |
| Quadro 3 - Níveis adequados de nutrientes obtidos em análise foliar de tomateiro | 68 |
| Quadro 4 – Valores médios do potencial de água na folha no período antemanhã (kPa), em diferentes períodos de cultivo do tomateiro, submetidas aos diferentes tratamentos avaliados | 69 |
| Quadro 5 – Valores médios da taxa fotossintética (A), condutância estomatal (G), e transpiração (E), e respectivos testes de médias, em | |

| | |
|--|----|
| diferentes tempos, nos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados..... | 70 |
| Quadro 6 – Produtividade total de frutos sadios e comercial, relação diâmetro transversal/longitudinal e porcentagem de frutos por classes | 72 |
| Quadro 7 – Características físicas, químicas e sanitárias dos frutos de tomate produzidos segundo os diferentes tratamentos avaliados | 74 |
| Quadro 8 - Valores médios de matéria seca na planta (MS) e porcentagens de matéria seca nas folhas (PF) e no caule (PC) do tomateiro | 80 |

RESUMO

SOUZA, José Antonio Rodrigues, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2009. **Efeitos da fertirrigação com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura no solo e na produtividade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).** Orientador: Paulo Afonso Ferreira. Co-Orientadores: Antonio Teixeira de Matos e Derly José Henriques da Silva.

Neste estudo analisaram-se os efeitos da fertirrigação com água residuária da suinocultura filtrada (ARSF) no solo e nas variáveis fisiológicas, sanitárias e de produção de tomate, em condições de lisímetros de drenagem sob ambiente protegido. O experimento foi conduzido na estação lisimétrica da Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem, no campus da Universidade Federal de Viçosa, MG. Os tratamentos constituíram-se de testemunha (T1 - irrigação e adubação recomendada para o tomateiro) e fertirrigação com ARSF fornecendo 100, 150 e 200% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro sem complementação da adubação (T2, T3 e T4) e com complementação da adubação (T5, T6 e T7), respectivamente. As lâminas de ARSF foram calculadas conforme sugerido pela EPA (Environment Protection Department), considerando-se os riscos de contaminação de água subterrânea com nitrato. Foram analisadas variáveis físicas e químicas do solo, fisiológicas e de produção do tomateiro, bem como de qualidade e sanidade dos frutos de tomate. Diante dos resultados obtidos concluiu-se que: a adubação química foi mais efetiva na ionização da solução do solo do que a ARSF, apresentando maiores valores de CEes e ISNa; a aplicação de ARSF resultou em incrementos nas concentrações de potássio, cálcio e magnésio trocáveis, CTC efetiva, fósforo disponível, nitrogênio total e redução no valor do pH; as variações na porosidade total, microporosidade, massa específica e

condutividade hidráulica do solo foram decorrentes da reestruturação e acomodação do solo nos lisímetros; as fertirrigações com ARSF não alteraram significativamente o tempo de florescimento, diâmetro do caule, número de folhas expandidas, potencial de água na folha, taxa fotossintética, condutância estomática e respiração do tomateiro, mas proporcionaram aumento na área foliar e suprimento das necessidades nutricionais, resultando em frutos “saborosos” e saudáveis do ponto de vista sanitário; considerando-se aspectos ambientais e de custo de produção, o tratamento 4 mostrou ser a melhor alternativa de manejo da cultura, entretanto, a aplicação de 150% das necessidades de nitrogênio da cultura usando ARSF passa a ser uma recomendação técnica e ambientalmente mais adequada.

ABSTRACT

SOUZA, José Antonio Rodrigues, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2009. **Effects of fertirrigation with effluent of primary treatment of wastewater from swine on the soil and in the productivity and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. Adviser: Paulo Afonso Ferreira. Co-advisers: Antonio Teixeira de Matos and Derly José Henriques da Silva.

In this study was analyzed the effects of fertirrigation with filtrated wastewater from swine (FWS) on soil and the physiological, sanitary variables and of tomato production, in drainage lysimeters under protected environment. The experiment was carried out in the lysimeter station at the Hydraulic, Irrigation and Drainage Experimental Area, in campus of the Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais State. The treatments were constituted of witness (T1 - irrigation and fertilization recommended for tomato) and fertirrigation with FWS supplying 100, 150 and 200% of the nitrogen doses recommended for tomato without fertilization complementation (T2, T3 and T4) and with application of fertilizer complementation (T5, T6 and T7), respectively. The FWS doses were calculated as suggested by EPA (Environment Protection Department), considering the contamination risks of subterranean water with nitrate. Were analyzed physical and chemical variables of the soil, physiological and of tomato production, as well as of tomato fruits quality and sanity. The results showed: the chemical application of fertilizer was more effective in the soil solution ionization than FWS, presenting CEes' larger values and ISNa; FWS application resulted in increments in the potassium concentrations, calcium and exchangeability magnesium, effective CTC, available phosphorus and total nitrogen, and reduction in pH value; the variations in the total porosity, microporosity, specific mass and hydraulic conductivity were current of the soil restructuring and accommodation in lysimeters; fertirrigations with FWS did not change significantly time of bloom, stem diameter, number of expanded, pre-

dawn leaf-water potential, photosynthesis, stomatic conductance and tomato breathing, but provided increase in the leaf area and needs nutritional supply, resulting in flavored and healthy fruits of the sanitary point of view; considering environmental aspects and of production cost, the treatment 4 stands out as the best culture management option, however, the application of 150% of the needs to culture nitrogen with FWS application proceeds being a technical recommendation and environmentally more adequate.

INTRODUÇÃO GERAL

A importância da suinocultura, no contexto nacional, reside não só no grande número de criadores envolvidos, como também no volume de empregos gerados direta e indiretamente e pela capacidade de produzir grande quantidade de proteína, de alta qualidade, em reduzida área e curto espaço de tempo, em comparação com outras espécies de animais de médio e grande porte.

Para atender a demanda crescente da população por carne suína, a maioria dos produtores passou a adotar o regime de confinamento, resultando no aumento do volume de dejetos produzidos por unidade de área, os quais, na maior parte, passaram a representar fonte de impactos negativos ao meio ambiente e fator de risco para a saúde animal e humana.

Cientes da degradação ambiental causada pelo lançamento de águas residuárias nas coleções de água e diante da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, os suinocultores buscam soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar os resíduos (GOMES FILHO, 2000; BARROS, 2005).

Uma das alternativas que se tem apontado para a resolução do problema é o uso dessas águas em áreas agricultáveis, que pode favorecer tanto ao meio ambiente quanto ao produtor. O aproveitamento de águas residuárias ricas em nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas pode possibilitar aumento de produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (MELI et al., 2002; GONÇALVES, 2002; BARROS, 2005; MATOS, 2007). Entretanto, para que isso possa se tornar prática viável, é preciso aperfeiçoar as técnicas de tratamento, aplicação e manejo de águas residuárias de suinocultura.

A cultura do tomate ocupa lugar de destaque na economia brasileira, não somente pelo seu valor econômico, mas também por ser uma atividade geradora de grande número de empregos. Apesar do elevado índice de mecanização nas operações de preparo de solo, adubação, transplante, irrigação e pulverização; é necessário empregar cerca de 100 homens $\text{dia}^{-1} \text{ha}^{-1}$ na execução das tarefas de capinas e colheitas manuais (CARRIJO et al., 2004). A cultura abriga, em sua cadeia, mais de 10.000 produtores, com 60.000

famílias de trabalhadores correspondendo a um efetivo de mais de 200.000 pessoas (EPAMIG, 2007).

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

Dessa forma, em virtude da inexistência de dados conclusivos sobre uso da água residuária de suinocultura na produção de tomate, no que se refere aos aspectos fisiológicos, sanitários e de produção, e a necessidade de disponibilizar ao produtor de suínos alternativas de baixo custo para o tratamento desta água residuária, reduzindo os impactos ambientais, torna-se necessário a realização de estudos que enfoquem o comportamento agrônômico do tomateiro associado ao tratamento desses efluentes.

REFERÊNCIAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – **AGRIANUAL**. São Paulo: FNP, 2009. 497p.

BARROS, F. M. **Parametrização de modelos de mineralização do nitrogênio orgânico em solo tratado com água residuária da suinocultura**. Viçosa, MG. UFV: 69p. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola).

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA CNPSA, 2004. 13p. (EMBRAPA CNPSA. Circular técnica n.32).

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

GOMES FILHO, R. R. **Tratamento de águas residuárias as suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*)**. Viçosa, MG. UFV: 139p. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GONÇALVES, R. A. B. **Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**. Viçosa, MG. UFV: 65p. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S.A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The science of the total environment**. v.285, 2002, p.69-77.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa: AEAGRI/DEA/UFV, 2007, 140p. (Caderno Didático n. 38).

CAPÍTULO I

EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NO SOLO

CAPÍTULO I - EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NO SOLO

1. INTRODUÇÃO

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

O rebanho mundial de suínos, em 2008, foi de 833 milhões de animais, contribuindo com 97 milhões de toneladas de carne, sendo a China o maior produtor mundial, seguida pela União Européia, Estados Unidos e Brasil. Com um rebanho de 34 milhões de animais, distribuído em todo o país, o Brasil foi responsável, em 2008, por 3,20% da produção mundial de carne suína (ANUALPEC, 2008).

A capacidade poluente dos dejetos suínos, em termos comparativos, é muito superior à de outras espécies de animais. A demanda bioquímica de oxigênio de dejetos de suíno nas fases de gestação e lactação, com peso vivo médio de 196 kg, varia de 170 a 380 g dia⁻¹, e a humana oscila de 45 a 75 g dia⁻¹ (PERDOMO e LIMA, 1998; ASAE, 2005). De acordo Gonçalves (2002), o rebanho de suínos, no Brasil, gera de 32 a 51 milhões de kg ano⁻¹ de dejetos.

Nos dejetos de suínos, a concentração de nutrientes é elevada, devido à baixa eficiência alimentar dessa espécie animal. Estudos apresentados pelo NRC (1998) indicaram que 45 a 60% do nitrogênio, 50 a 80% do cálcio e fósforo e 70 a 95% do potássio, sódio, magnésio, cobre, zinco, manganês e ferro presentes nos alimentos são excretados.

Até a década de 70, os dejetos de suínos não constituíam maiores problemas para os criadores, pois a concentração de animais na propriedade era pequena e os solos tinham capacidade de absorvê-los (PERDOMO et al., 2001; ASSIS, 2006). No entanto, com a intensificação da produção, para atender a demanda da população por carne suína, a maioria dos produtores passou a adotar o regime de confinamento e, como consequência, aumentou-se o volume de dejetos produzidos por unidade de área, os quais, na maior

parte, passaram a ser lançados em curso de água, sem tratamento prévio, transformando-se em fonte poluidora dos mananciais e fator de risco para a saúde animal e humana (GOMES FILHO, 2000; DIESEL et al., 2002; BARROS, 2005; MEDEIROS, 2005; ASSIS, 2006; PALHARES e CALIJURI, 2007).

No estado de Minas Gerais o lançamento direto de efluentes em corpos de água receptores deve atender a padrões estabelecidos tanto pela legislação federal (Resolução CONAMA nº 357/2005), quanto pela estadual (Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 01/2008), que estabelecem normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nas coleções de água e da outras providências.

Cientes da degradação ambiental causada pelo lançamento de águas residuárias nas coleções de água e diante da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, os suinocultores buscam soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar os resíduos (GOMES FILHO, 2000; BARROS, 2005).

Uma das alternativas que se tem apontado para a redução da degradação ambiental decorrente da disposição inadequada destas águas residuárias é o aproveitamento destes efluentes, ricos em nutrientes, na fertirrigação de culturas agrícolas, que pode proporcionar aumento de produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (MELI et al., 2002; GONÇALVES, 2002; BARROS, 2005; MATOS, 2007).

Estudos efetuados em diversos países demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que estas culturas sejam adequadamente manejadas (CHATEAUBRIAND, 1988; SHENDE, 1985; MOTA, 2000; FREITAS et al., 2004).

Todavia, o uso incorreto pode trazer efeitos deletérios tanto ao solo quanto à cultura. A taxa de aplicação de águas residuárias deve estar baseada no nutriente que estiver em maior concentração relativa, que no caso da suinocultura é o nitrogênio, e na quantidade deste nutriente requerido pela cultura, pois, caso esses níveis sejam suplantados, além de comprometer a produtividade da cultura, podem provocar poluição do solo e das águas

superficiais e subterrâneas (BARROS, 2005; MEDEIROS, 2006; MATOS, 2007).

Embora sejam constatadas vantagens do uso de dejetos de suínos como fertilizante do solo e existam trabalhos que visam conhecer os efeitos químicos da disposição no solo, a maioria não se baseia em critérios agrônômicos para o cálculo da lâmina a ser aplicada. Considerando-se que a planta tem participação fundamental na viabilidade técnica e sustentabilidade do sistema de tratamento, objetivou-se, neste trabalho, avaliar os efeitos da fertirrigação com efluente do tratamento primário da água residuária de suinocultura nas características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico cultivado com tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização do local

O experimento foi conduzido na estação lisimétrica da Área Experimental de Hidráulica, Irrigação e Drenagem, no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada a 20^o 45' S e 42^o 45' W, no Estado de Minas Gerais, durante o período de setembro de 2007 a maio de 2008.

A estação lisimétrica é composta por um conjunto de 21 lisímetros de drenagem sob ambiente protegido (casa de vegetação) e um abrigo de coleta de efluente (Figura 1), com 9,50 m de largura por 23,00 m de comprimento, totalizando 218,50 m². Cada lisímetro é constituído por caixa de fibra de vidro com capacidade de 1,12 m³ (1,0 m de largura por 1,40 m de comprimento e 0,80 m de profundidade), enterradas a 0,75 m de profundidade, distanciadas de 1,00 m entre si, e são providas de sistema de drenagem, constituído de uma camada de brita zero, com espessura de aproximadamente 0,015 m, sobre a qual foi colocada uma camada de areia lavada de igual espessura. O sistema de drenagem de cada lisímetro é interligado à estação coletora do efluente, por meio de tubo de PVC de 0,019 m de diâmetro.



Figura 1 – Visão geral da área experimental, em fase de preenchimento, mostrando, à esquerda, os lisímetros e, à direita, a estação de coleta de efluente sob abrigo.

2.2. Preenchimento dos lisímetros e caracterização do solo

O preenchimento dos lisímetros foi feito com material de solo, retirado até a profundidade de 0,80 m, do perfil de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, cujas características físicas estão apresentadas no Quadro 1. Este solo foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira de 0,004 m de malha e, após análises química, submetido à calagem, por adição de calcário dolomítico, de acordo com as recomendações apresentadas em CFSEMG (1999).

Quadro 1 – Características físicas do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros

| Característica | Resultado |
|---|----------------|
| Classe textural | Muito Argilosa |
| Areia grossa (%) | 10 |
| Areia fina (%) | 10 |
| Silte (%) | 5 |
| Argila (%) | 75 |
| Massa específica do solo (kg dm^{-3}) | 0,98 |
| Massa específica das partículas (kg dm^{-3}) | 2,64 |
| Porosidade total ($\text{dm}^3 \text{dm}^{-3}$) | 0,63 |

No Quadro 2 estão apresentadas as análises químicas realizadas no solo, antes e após calagem.

A fim de construir um perfil homogêneo, o preenchimento dos lisímetros foi realizado em camadas de 0,20 m, misturando-se sempre a camada anterior com a subsequente, até espessura de 0,60 m.

Quadro 2 – Resultados das análises químicas do solo, antes e após ser efetuada a calagem

| característica | solo | | característica | solo | |
|---|---------|-----------|---|---------|-----------|
| | inicial | corrigido | | inicial | corrigido |
| pH | 4,75 | 7,01 | H+Al (cmol _c dm ⁻³) ^d | 5,90 | 0,80 |
| P (mg dm ⁻³) ^a | 0,20 | 0,90 | SB (cmol _c dm ⁻³) | 0,05 | 2,64 |
| K (mg dm ⁻³) ^a | 7,00 | 9,00 | t (cmol _c dm ⁻³) | 0,63 | 2,64 |
| Na (mg dm ⁻³) ^a | 0,70 | 5,50 | T (cmol _c dm ⁻³) | 5,95 | 3,44 |
| P-rem (mg dm ⁻³) ^e | 5,50 | 11,80 | V (%) | 0,80 | 76,72 |
| Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ^c | 0,01 | 2,02 | m (%) | 92,1 | 0,00 |
| Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ^c | 0,02 | 0,57 | ISNa (%) | 0,48 | 0,91 |
| Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ^c | 0,58 | 0,00 | CO (dag kg ⁻¹) ^b | 0,52 | 0,52 |
| N _T (mg kg ⁻¹) ^f | 817,00 | 817,00 | MO (dag kg ⁻¹) ^b | 0,90 | 0,90 |

*a - método Mehlich-1; b - método Walkley & Black; c - Método KCl 1 mol L⁻¹; d - método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹; e - concentração de fósforo em equilíbrio após agitar durante 1h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P, na relação 1:10; f - método do ácido salicílico.

*Sendo: pH - potencial hidrogeniônico, em água 1:2,5; P - fósforo disponível; K - potássio trocável; Na - sódio trocável; P-rem - fósforo remanescente; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ -magnésio trocável; Al³⁺ - acidez trocável; H+Al - acidez potencial; SB - soma de bases; t -capacidade de troca catiônica efetiva; T - capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V - índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; ISNa - índice de saturação por sódio; MO - matéria orgânica, N_T - Nitrogênio total.

A capacidade de armazenamento de água no solo foi determinada utilizando-se a curva de retenção. Considerou-se como limites máximo (capacidade de campo) e mínimo (ponto de murcha), respectivamente, 30 kPa e 1.500 kPa. O teor de água na capacidade de campo do solo foi estimado em 34,4% e, no ponto de murcha permanente, 25,9% .

Na Figura 2 está apresentada a curva de retenção de água no solo em equilíbrio com as pressões de 10, 30, 100, 500 e 1.500 kPa, ajustada conforme o modelo proposto por van Genuchten (1980) (Equação 1).

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \phi)^n]^m} \quad (1)$$

em que

θ - teor de água volumétrico, cm³ cm⁻³

θ_r - teor de água volumétrico residual, cm³ cm⁻³;

θ_s - teor de água volumétrico na saturação, cm³ cm⁻³;

ϕ - tensão de água no solo, kPa, e

m,n,α - são parâmetros de ajuste da equação, adimensional.

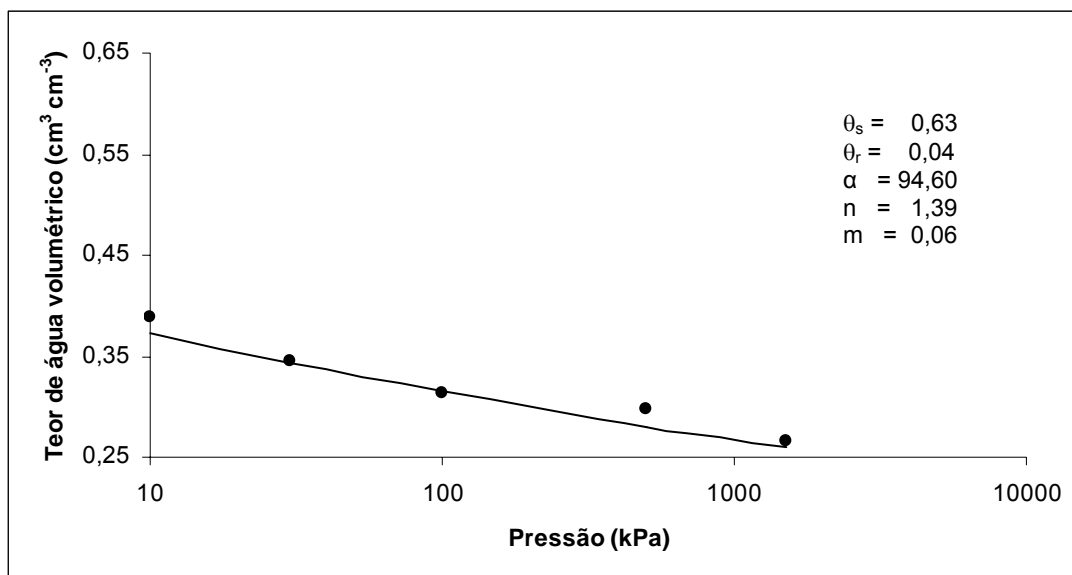


Figura 2 – Curva de retenção de água do solo.

Para expressar os valores da salinidade do solo, em termos de condutividade elétrica do extrato da pasta do solo saturado (CEes), esses valores foram correlacionados com a condutividade elétrica da solução sobrenadante da pasta 1:5 (CE 1:5). A calibração foi realizada, usando-se oito amostras do solo, preparadas com diferentes níveis de salinidade dentro do intervalo de 0 a 25 dS m⁻¹. O procedimento usado para correlacionar a CEes com a CE 1:5 foi o descrito por Loveday, citado por Slavich e Peterson (1993) e, a pasta do solo saturado foi preparada conforme o método-padrão proposto por Richards (1954).

A CEes foi estimada, aplicando-se o modelo linear.

$$y = 4,9651 x \quad (2)$$

$$R^2 = 0,991^{***}$$

em que

y = condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes), dS m⁻¹;

x = condutividade elétrica da solução sobrenadante (CE 1:5), dS m⁻¹.

*** = significativo a 0,1%

Na Figura 3, observa-se a relação entre a condutividade elétrica do extrato 1:5 e do extrato da pasta de saturação.

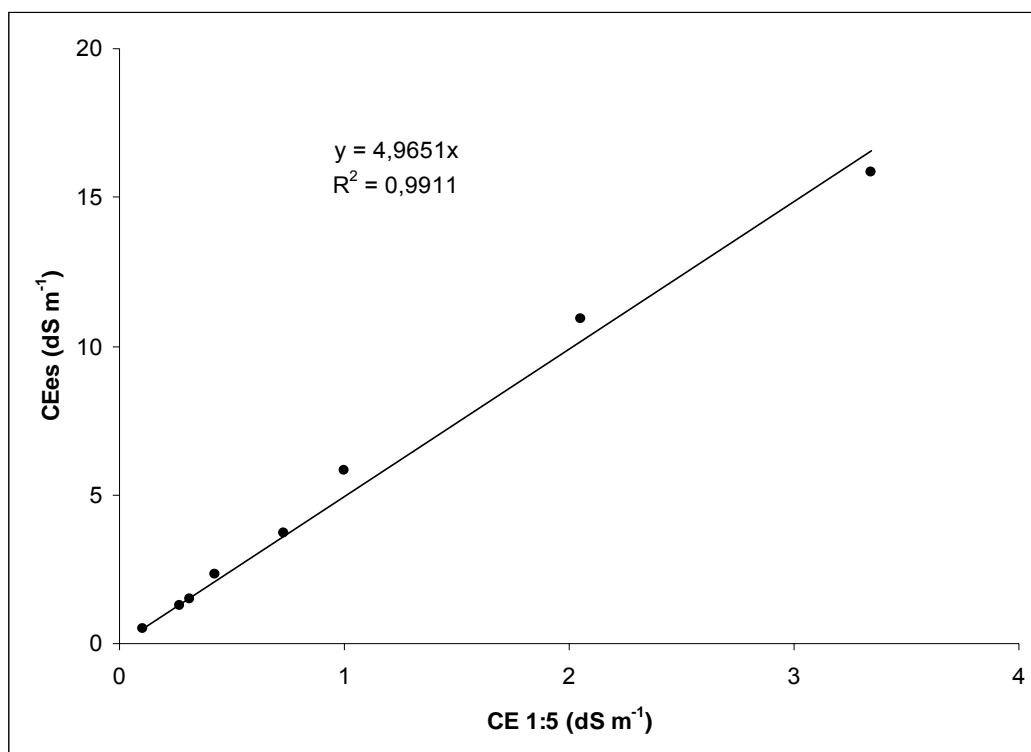


Figura 3 – Condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CEes) em função da condutividade elétrica da solução sobrenadante (CE 1:5).

2.3. Caracterização da água de irrigação

No Quadro 3 estão apresentadas as características químicas da água utilizada na irrigação das culturas.

Quadro 3 - Características químicas da água de irrigação

| pH | CE | DQO | N _T | K _T | Na | Cl | Alc | Ca+Mg | RAS | RAP |
|------|---------------------|--------------------------------|----------------|----------------|------|------|--|-----------------------------------|--|------|
| | μS cm ⁻¹ | ----- mg L ⁻¹ ----- | | | | | mg L ⁻¹ de CaCO ₃ | mmol _c L ⁻¹ | (mmol _c L ⁻¹) ^{-1/2} | |
| 7,44 | 70,40 | 9,80 | 3,47 | 2,63 | 3,83 | 1,00 | 26,00 | 0,58 | 0,31 | 0,13 |

*Sendo: pH - potencial hidrogeniônico; CE - condutividade elétrica; DQO - demanda química de oxigênio, N_T - nitrogênio total; K_T - potássio total; Na - sódio; Cl - cloreto; Alc - alcalinidade total, Ca+Mg - cálcio mais magnésio, RAS - relação de adsorção de sódio; RAP - relação de adsorção de potássio.

2.4. Obtenção e caracterização do efluente do tratamento preliminar da água residuária de suinocultura

Utilizou-se água residuária proveniente do Setor de Suinocultura, do Departamento de Zootecnia da UFV. A produção de efluente era de 36 L dia⁻¹ por animal, para um plantel médio de 420 suínos. Tal granja de suínos foi classificada como do tipo ciclo completo, por possuir matrizes destinadas à produção de suínos terminados.

A água residuária da suinocultura (ARS) produzida era conduzida para um tanque de tratamento com 8,40 m de largura por 14,00 m de comprimento e 1,80 m de profundidade, com tempo de detenção hidráulico médio de 339 h (Figura 4). A fim de remover os pêlos e partículas que pudessem causar entupimento do sistema de aplicação, o efluente do tanque de tratamento foi submetido a uma seqüência de filtragem, passando por duas telas de aço inox de 10 mesh e uma de 25 mesh, localizadas nas entradas de tanques de alvenaria. A água residuária da suinocultura filtrada (ARSF) era bombeada para os reservatórios de água residuária da estação lisimétrica, para serem utilizadas na fertirrigação.



Figura 4 – Vista geral do sistema de filtragem da água residuária de suinocultura.

No Quadro 4 estão apresentados os valores médios das características físicas, químicas e microbiológicas da ARSF, resultantes de avaliações quinzenais, durante o período experimental.

Quadro 4 – Valores médios das características físicas, químicas e microbiológicas da água residuária de suinocultura filtrada (ARSF), utilizada na fertirrigação

| Características | valores | Características | valores |
|---|---------|---|----------------------|
| pH | 7,43 | K _T (mg L ⁻¹) | 162 |
| CE (μS cm ⁻¹) | 3.403 | Na (mg L ⁻¹) | 40 |
| N _T (mg L ⁻¹) | 480 | COT (dag kg ⁻¹) | 0,12 |
| N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹) | 0,44 | MO (dag kg ⁻¹) | 0,20 |
| N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹) | 0,30 | Ca + Mg (mmol _c L ⁻¹) | 4,40 |
| Cl (mg L ⁻¹) | 181,40 | DBO (mg L ⁻¹) | 89 |
| Alcalinidade (mg L ⁻¹ de CaCO ₃) | 1954 | DQO (mg L ⁻¹) | 370 |
| P _T (mg L ⁻¹) | 139 | RAP ((mmolL ⁻¹) ^{-1/2}) | 2,81 |
| ST (mg L ⁻¹) | 1067 | RAS ((mmolL ⁻¹) ^{-1/2}) | 1,18 |
| SST (mg L ⁻¹) | 126 | CT (NMP/100 mL) | 13,4.10 ⁵ |
| SVT (mg L ⁻¹) | 381 | CF (NMP/100 mL) | 4,1.10 ⁵ |

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

Observa-se que os valores das características apresentadas no Quadro 4 são inferiores àqueles recomendados na literatura, podendo estar associados à elevada diluição e ao processo de peneiramento destes dejetos. Todavia, os resultados apresentados, à exceção das características físicas, estão de acordo com aqueles determinados por Batista (2007), ao analisar água residuária de suinocultura proveniente do mesmo tanque de tratamento.

2.5 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente ao acaso com sete tratamentos e três repetições, conforme descritos a seguir:

- 1- Testemunha – irrigação com água limpa e adubação recomendada para o tomateiro;
- 2- Fertirrigação com ARSF fornecendo-se 100% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro;
- 3- Fertirrigação com ARSF fornecendo-se 150% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro;

- 4- Fertirrigação com ARSF fornecendo-se 200% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro;
- 5- Fertirrigação com ARSF fornecendo-se 100% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro e adubação complementar;
- 6- Fertirrigação com ARSF fornecendo-se 150% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro e adubação complementar;
- 7- Fertirrigação com ARSF fornecendo-se 200% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro e adubação complementar.

Na fertirrigação do tomateiro com aplicação de ARSF, tomou-se o nitrogênio como nutriente referencial, cujas lâminas, necessárias à aplicação das diferentes doses de nitrogênio, foram calculadas por meio da Equação 3, recomendada pela EPA (1981).

$$L_w = \frac{C_p (PR - ET) + 10 U}{(1 - f) C_n - C_p} \quad (3)$$

em que

L_w - lâmina de aplicação anual, cm ano^{-1} ;

C_p - concentração de nitrogênio na água de percolação, mg L^{-1} ;

PR - precipitação local, cm ano^{-1} ;

ET - evapotranspiração da cultura no local, cm ano^{-1} ;

U - absorção de nitrogênio pela cultura, $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$;

C_n - concentração de nitrogênio na água residuária, mg L^{-1} ; e

f - fração do nitrogênio que é removido por desnitrificação e volatilização, adimensional.

Por este método de determinação da taxa a ser aplicada, o nitrogênio é usado como nutriente limitante para que não ocorra contaminação das águas subterrâneas com nitrato em níveis acima dos aceitáveis (10 mg L^{-1}) (CONAMA nº 357/2005; COPAM/CERH nº 01/2008). Utilizou-se, ainda, desnitrificação e volatilização do nitrogênio correspondente a 20%, conforme recomendado por Matos (2007).

A adubação química complementar foi calculada, subtraindo-se dos valores de P e K recomendados por CFSEMG (1999), a quantidade aportada destes nutrientes advindos das diferentes lâminas de ARSF aplicadas. Dessa forma, foram adicionados 261,10; 229,80 e 181,4 g cova⁻¹ de super-simples e,

49,70; 40,90 e 32,70 g cova⁻¹ de cloreto de potássio, aos solos dos tratamentos 5, 6 e 7, respectivamente. Nos solos submetidos ao tratamento testemunha foram adicionados 100 g cova⁻¹ de sulfato de amônio, 375 g cova⁻¹ de super-simples e 69 g cova⁻¹ de cloreto de potássio.

2.6. Condução do experimento

Utilizaram-se mudas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), híbrido Fanny TY, as quais foram transplantadas no dia 09 de janeiro de 2008, no espaçamento de 1,00 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, totalizando quatro plantas por lisímetro e 12 por tratamento.

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

A evapotranspiração de referência (ET₀) foi determinada utilizando-se dados coletados na estação automática da marca Davis, instalada dentro da casa de vegetação, conforme metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1977).

A reposição da demanda evapotranspirométrica do tomateiro foi determinada considerando-se a evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida a partir da multiplicação da ET₀ pelos coeficientes de cultivo (K_c) do tomateiro sugeridos por Moreira (2002), a porcentagem de área sombreada, o coeficiente de localização proposto por Keller e Bliesner (1990) e a eficiência do sistema de aplicação.

As aplicações da água de irrigação e da fertirrigação foram realizadas por gotejamento, por meio de mangueiras de polietileno de 0,016 m de diâmetro, cujos emissores eram integrados no espaçamento de 0,50 m (um emissor por planta) e apresentavam vazão de 1,90 L h⁻¹ para pressão de serviço de 10 MPa. O sistema de aplicação foi constituído por um conjunto motobomba da marca Scheneider de 0,25 cv, modelo BCR 2000, válvula reguladora de pressão, manômetro, filtro de disco, tubulação de linha principal, tubulação de linha de derivação com válvula e duas linhas de gotejamento por lisímetro, conforme apresentado na Figura 5.

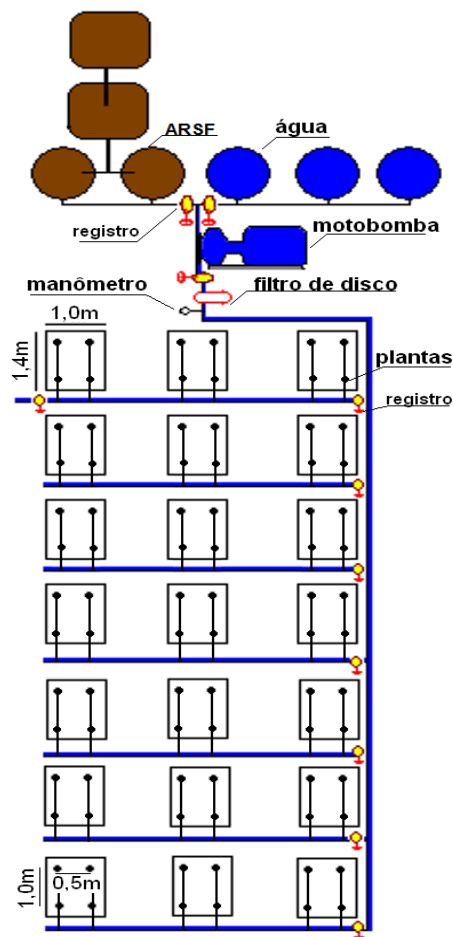


Figura 5 - Esquema do sistema de aplicação utilizado.

A fertirrigação foi iniciada após transplântio das mudas, por meio de aplicações diárias de lâminas de ARSF, as quais foram finalizadas aos 68 dias após transplântio (DAT), quando totalizaram 114,29; 171,43 e 228,58 mm, correspondentes a 100%, 150% e 200% do nitrogênio requerido pela cultura, calculadas pela Equação 3, sendo, após este período, aplicadas apenas água de irrigação, repondo-se a demanda evapotranspirométrica do tomateiro. Deste modo, conforme observado nos estudos realizados por Batista (2007), ao se evitar a passagem de água limpa nas linhas de polietileno durante o período de aplicação de ARSF, reduz-se a formação de biofilme e o conseqüente entupimento dos gotejadores.

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

2.7. Variáveis avaliadas

Por ocasião do transplântio (0 DAT), metade (60 DAT) e final (120 DAT) do ciclo do tomateiro, amostras de solo foram coletadas, com auxílio de um trado tipo holandês, a uma distância de 0,10 m do caule de uma planta, em cada lisímetro, nas faixas de profundidades 0,18-0,22; 0,38-0,42 e 0,56-0,60 m, à exceção das amostras para determinação da CEes, que foram coletadas na camada 0 0,20 m.

Essas amostras foram identificadas e enviadas aos Laboratórios de Fertilidade do Solo e Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos da UFV, para análises, segundo metodologias descritas em EMBRAPA (1997), das seguintes variáveis: microporosidade, macroporosidade, porosidade total, argila dispersa em água (ADA), massa específica do solo, condutividade elétrica do extrato da pasta do solo saturado (CEes), acidez ativa (pH), trocável (Al^{3+}) e potencial (H+Al), matéria orgânica (MO), capacidade de troca catiônica efetiva (t) e potencial (T), soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), por bases (V) e sódio (ISNa), teores trocáveis de Ca, K, Mg e Na, e disponível de P e nitrogênio total.

A condutividade hidráulica em meio saturado (K_0), avaliada no início e final do período experimental, foi determinada com a mesma água de irrigação e ARSF utilizadas na condução do experimento, pelo método do permeâmetro de coluna vertical e carga constante, conforme descrito em Ferreira (1987). Na determinação inicial, utilizaram-se amostras de solo retiradas com auxílio de um trado tipo holandês, enquanto na determinação final, foram utilizados os próprios lisímetros como permeâmetro.

2.8 Análise estatística

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos, nas subparcelas as profundidades no solo e nas subsubparcelas os tempos de avaliações, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de médias e análise de regressão. Na análise de variância, empregou-se o teste F em até 5% de probabilidade. As médias foram

comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As equações de regressão foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, aplicando-se o teste t em até 15%, no coeficiente de determinação e no processo em estudo. As análises estatísticas foram realizadas, empregando-se o software SAEG 7.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efeitos na condutividade elétrica e hidráulica do solo

As lâminas de ARSF necessárias ao fornecimento de 100, 150 e 200% do nitrogênio requerido pelo tomateiro, calculadas conforme Equação 3, foram, respectivamente, 114,29; 171,43 e 228,58 mm, enquanto a ET_c no período foi de 211,62 mm. Finalizadas as fertirrigações com ARSF, aos 68 DAT, aplicaram-se apenas lâminas de água de irrigação repondo-se a ET_c diária, totalizando 97,33 mm.

Não foram realizadas análises das águas de drenagem dos lisímetros, uma vez que, mesmo aplicando 200% da ET_c diária, as lâminas diárias aplicadas não foram suficientes para produzir efluentes nos lisímetros.

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

No Quadro 5 estão apresentados os resultados das avaliações da condutividade elétrica e hidráulica do solo, em diferentes períodos, na camada 0-0,20 m, para os diferentes tratamentos.

Quadro 5 – Resultados das avaliações da condutividade elétrica da pasta do solo saturado (CEes, dS m⁻¹) e condutividade hidráulica do solo saturado (K₀, cm h⁻¹), em diferentes períodos de avaliação, para a camada 0-0,20 m

| TRAT | CEes | | | K ₀ | |
|------|---------|---------|--------|----------------|----------|
| | DAT | | | DAT | |
| | 44 | 77 | 112 | 0 (zero) | 120 |
| 1 | 4,42Aa | 4,79Aa | 2,20Ab | 10,43Aa | 19,08Cb |
| 2 | 2,52Db | 3,90Ba | 1,76Ac | 10,40Aa | 19,72Cb |
| 3 | 2,64Db | 4,03Ba | 1,72Aa | 10,43Aa | 19,82Cb |
| 4 | 3,21Cb | 4,42ABa | 1,87Ac | 10,40Aa | 21,30ABb |
| 5 | 3,94ABb | 4,13Ba | 2,01Ac | 10,40Aa | 19,99BCb |
| 6 | 3,70BCa | 4,43ABa | 2,13Ab | 10,43Aa | 20,27BCb |
| 7 | 3,45BCb | 4,33ABa | 1,85Ac | 10,45Aa | 21,93Ab |

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

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

Pode-se observar, no Quadro 5, que a CEes aumentou com incrementos nas lâminas de ARSF aplicadas e, ao se adicionar adubação química, ocorreu comportamento inverso, apresentado maiores CEes os tratamentos que receberam as menores lâminas de ARSF, porém, maiores quantidades de adubação química complementar. Assim como observado no tratamento 1, verifica-se que a adubação química, em geral, foi mais efetiva em aumentar a CEes do solo do que a ARSF. Esse fato pode estar associado à presença de íons participantes de cadeias orgânicas ou complexados/quelados que, desta forma, não são detectados pelo eletrodo do condutivímetro.

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

A condição inicial do solo desestruturado, devido ao destorroamento e passagem em peneira de 0,004 m, pode ter contribuído para menor condutividade hidráulica medida no início do período experimental, em virtude

da obstrução da macroporosidade pelas partículas finas, cujos maiores agregados foram de 0,004 m. Ao se aportar íons e matéria orgânica por meio de irrigações, fertirrigações com ARSF e decomposição de partes aéreas do tomateiro, além do desenvolvimento de microrganismos e do sistema radicular, favorecem-se a reestruturação do solo, resultando no aumento da condutividade hidráulica em todos os tratamentos cujos valores, conforme valores citados por Ferreira (2003), passaram de moderadamente rápida a rápida.

A presença de sólidos em suspensão também pode ser agente para redução no valor da condutividade hidráulica, entretanto, este efeito depende da sua concentração na água, da taxa de aplicação, do tipo de solo e das condições climáticas (FONSECA, 2001). Assim, em virtude do sistema de filtragem e manejo adotado, os sólidos não ocasionaram problemas na condutividade hidráulica, conforme observado no Quadro 5.

Campelo (1999) e Oliveira et al. (2000), avaliando a influência da aplicação da ARS bruta nas taxas de infiltração em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo, constataram que a condutividade hidráulica foi mais influenciada pelos sólidos totais presentes na ARS bruta do que pela RAS e CE. Para os autores, o aumento na concentração de sólidos totais na ARS bruta provocou redução na capacidade de infiltração do solo, intensificada com aplicações sucessivas.

Segundo Matos (2007), a aplicação de águas residuária brutas, com concentrações elevadas de sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos provocará redução na condutividade hidráulica apenas quando aplicadas em intervalos insuficientes para que ocorra a destruição física (secagem e trincamento do material), química (alteração química dos compostos) ou microbiológica (degradação microbiana do material orgânico) do material responsável pela obstrução dos poros.

3.2. Potássio

O potássio é um dos nutrientes essenciais às plantas, sendo absorvido pelas raízes na forma iônica de K^+ . Desempenha várias funções na planta e, dentre elas, podem-se citar, a melhor eficiência do uso da água, em consequência do controle da abertura e fechamento dos estômatos, maior translocação de carboidratos produzidos nas folhas para outros órgãos da planta, maior eficiência enzimática, melhoria da qualidade comercial da planta (MALAVOLTA et al., 1997) e aumento da resistência natural das plantas às pragas e doenças fúngicas (LOPES, 1998).

Estes efeitos positivos do potássio foram observados nos tratamentos que receberam maiores lâminas de ARSF, tanto no que se refere à produção, quanto na supressão das doenças, uma vez que apenas os tomateiros cultivados nos lisímetros dos tratamentos 2 e 5 apresentaram sintoma de virose, resultando em menores absorções de nitrogênio e fósforo e, conseqüentemente, apresentando menores desenvolvimento e produção.

Na Figura 6 está apresentada a variação na concentração de potássio no perfil do solo em função da profundidade e do tempo. Pode-se observar que a concentração de potássio apresentou relação linear negativa com a profundidade e quadrática com o tempo, à exceção do tratamento 1, cujas relações foram linear negativa com a profundidade e linear positiva com o tempo. Verifica-se, também, que incrementos nas lâminas aplicadas de ARSF resultaram em maiores concentrações de potássio, sobretudo nas camadas superficiais do solo, sendo maiores nos tratamentos que receberam adubação complementar.

As maiores concentrações de potássio nas camadas mais superficiais do solo se devem principalmente à sua adsorção direta e com o deslocamento de outros cátions do complexo de troca do solo. Já, a baixa concentração inicial e as aplicações de lâminas diárias de ARSF até 68 DAT e sua supressão após este período, pode ter sido responsável pelo efeito quadrático no tempo, enquanto o incremento do potássio no tempo, observado no tratamento 1, pode ter sido conseqüente da adubação química aplicada quinzenalmente.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, foram observados incrementos na concentração de K trocável no solo, quando comparado ao solo do tratamento testemunha (47,29; 106,06; 17,02; 64,39;

124,08 e 308,04%, para os tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente). Assim, incrementos nas lâminas de ARSF proporcionaram maiores concentrações de potássio nos solos dos tratamentos que receberam adubação complementar, à exceção do tratamento 4 que, em virtude das altas produtividade e concentração de potássio nos frutos de tomate, apresentou menor concentração.

Queiroz et al. (2004), estudando o efeito da aplicação intensiva de dejetos de suínos nas características químicas de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo cultivado com quatro espécies forrageiras, durante quatro meses, também verificaram acúmulo de potássio no solo, nas camadas mais superficiais. Da mesma forma, Silva et al. (2004) e Oliveira (2006), avaliando alterações dos atributos químicos em solos cultivados com gramíneas, decorrente da aplicação de ARS, observaram incrementos na concentração do potássio nas camadas superficiais, sendo estes valores maiores quando se aplicaram maiores lâminas.

Em relação às classes de interpretação da disponibilidade de potássio sugerida por CFSEMG (1999), antes do período experimental, nos solos de todas as parcelas experimentais, a disponibilidade de potássio era muito baixa ($\leq 15 \text{ mg dm}^{-3}$) e, após este período, na profundidade 0,10 m, passaram a apresentar alta disponibilidade, à exceção do tratamento 1, que apresentou média disponibilidade.

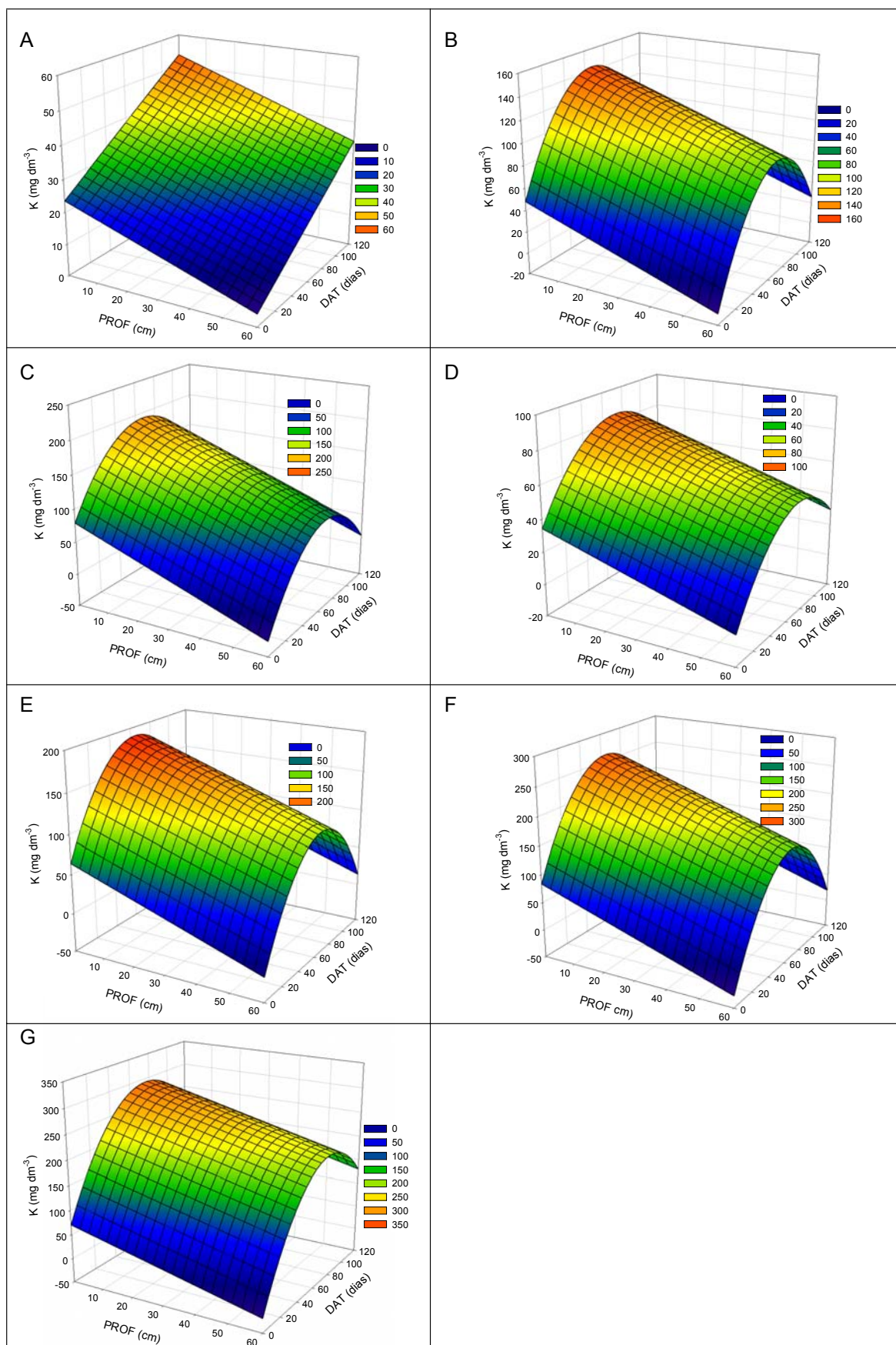


Figura 6 – Variação na concentração de K trocável no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7 (G).

3.3. Cálcio e Magnésio

A grande maioria dos solos de Minas Gerais e, notadamente, os da região de vegetação de cerrado, apresentam, em geral, características inadequadas ao cultivo, tais como elevada acidez, altos teores de alumínio trocável, e deficiência de nutrientes, especialmente de cálcio, magnésio e fósforo, sendo necessário, portanto, efetuar a calagem neles (CFSEMG, 1999).

Nas Figuras 7 e 8 estão apresentadas as variações nas concentrações de cálcio e magnésio trocáveis no perfil do solo em função da profundidade e do tempo, para os tratamentos avaliados. Observa-se que, tanto a concentração de cálcio quanto a de magnésio, apresentaram relação linear positiva com a profundidade e quadrática com o tempo, à exceção do tratamento 1, para o magnésio, que foi melhor representado pela média.

Observa-se, ainda, que as camadas mais superficiais do solo apresentaram as menores concentrações destes nutrientes, sobretudo no início do período experimental, possivelmente em virtude do deslocamento desses íons no perfil do solo, além do consumo destes nutrientes pelos tomateiros. As aplicações das lâminas ARSF até 68 DAT e sua supressão após este período foram responsáveis pela reposição destes nutrientes, resultando no efeito quadrático observado.

De acordo com Oliveira et al. (2002), os ânions SO_4^{2-} e NO_3^- , provenientes da mineralização dos resíduos orgânicos depositados na superfície do solo, assim como das adubações nitrogenadas e fosfatadas, quando são utilizados, por exemplo, sulfato de amônio e superfosfato simples como fontes de N e P, podem funcionar como pares iônicos, o que possibilita o carregamento de Ca^{2+} e Mg^{2+} para camadas mais profundas do solo.

King et al. (1985) e Oliveira (2006), aplicando ARS em solos cultivados com forrageiras e, Chateaubriand (1988), aplicando ARS em solo cultivado com milho, observaram incrementos destes nutrientes nas camadas mais superficiais do solo com aumento da lâmina aplicada. Todavia, as diferentes lâminas de ARS utilizadas nos referidos trabalhos não foram calculadas com base em critérios agronômicos, resultando em aportes destes nutrientes superiores às necessidades das culturas, diferente do proposto neste trabalho.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, apenas os tratamentos 1 e 2 apresentaram reduções nas concentrações desses nutrientes

em relação às condições iniciais (32,02 e 4,95% para o cálcio e 3,51 e 1,75% para o magnésio, respectivamente). Por outro lado, em relação ao solo submetido ao tratamento testemunha, foram observados acréscimos nas concentrações de cálcio de 45,65; 61,59; 65,94; 68,84; 51,45 e 55,07%, e nas concentrações do magnésio de 1,82; 7,27; 29,09; 18,18; 23,64 e 27,27%, nos solos submetidos aos tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

Apesar de um maior consumo nas camadas superiores e as lixiviações para camadas inferiores, de acordo com CFSEMG (1999), não houve mudança nas classes de interpretação, no que se refere à disponibilidade destes nutrientes, quando se compara as condições iniciais e finais, na profundidade de 0,10 m, mantendo-se a classificação do solo como de média disponibilidade para ambos os nutrientes.

A maior movimentação descendente de magnésio no solo, em comparação à de cálcio, pode ser explicada, segundo Raji (1991), pela energia de ligação existente entre as bases trocáveis e os colóides do solo, que segue a seguinte ordem $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. Nos trabalhos de Caires et al. (1999) e Caires et al. (2003), a lixiviação de magnésio ao longo do perfil do solo, de maneira geral, foi mais expressiva do que a do cálcio, evidenciando que o cátion bivalente Mg^{2+} movimentou-se, preferencialmente, de acordo com a teoria da série liotrópica. Além disso, há de se considerar o fator de atividade, ou seja, o efeito da concentração do cátion no meio. Em águas residuárias da suinocultura as concentrações de Ca^{2+} são várias vezes maiores que a de Mg^{2+} .

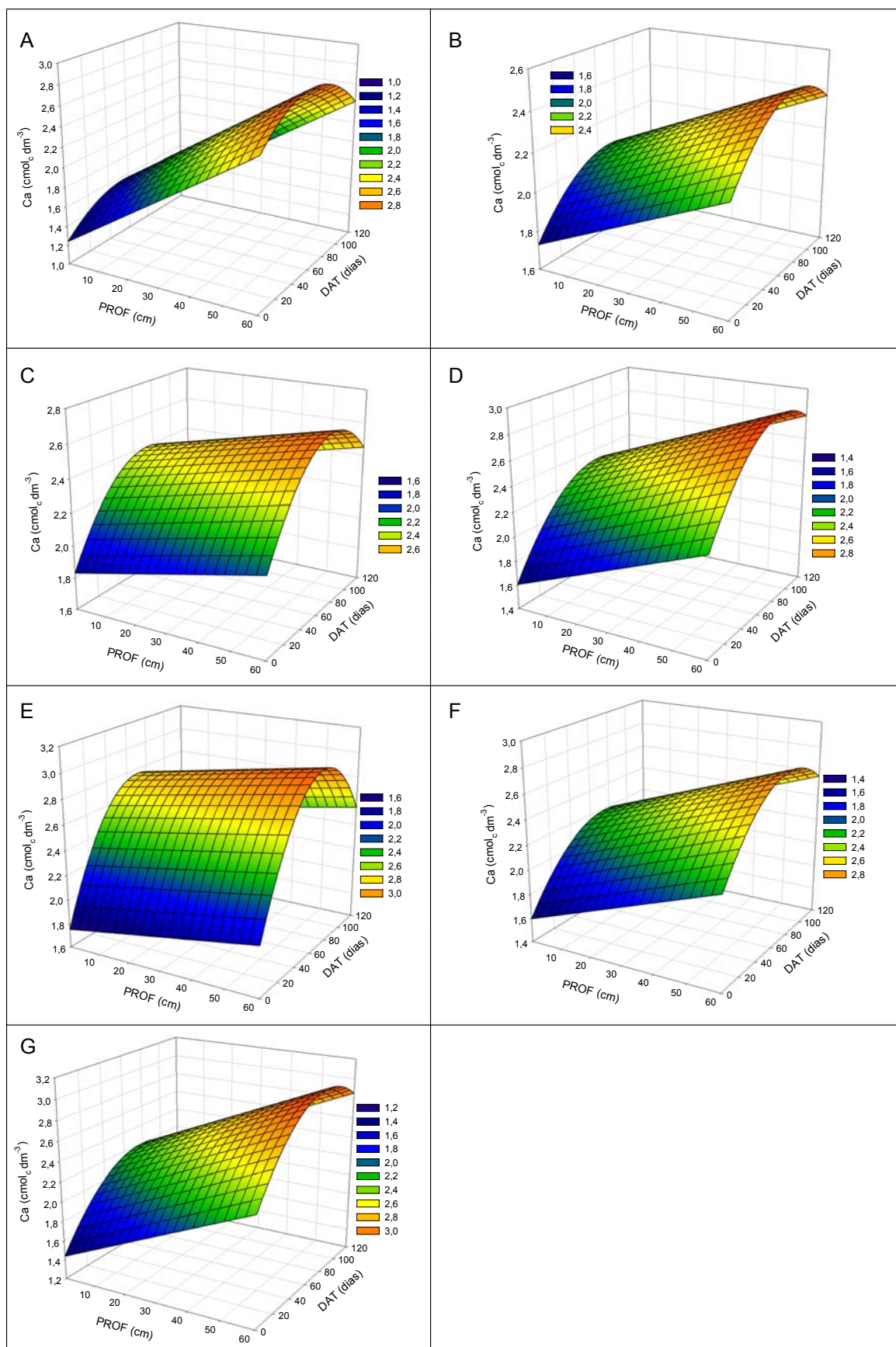


Figura 7 – Variação na concentração de Ca trocável no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7 (G).

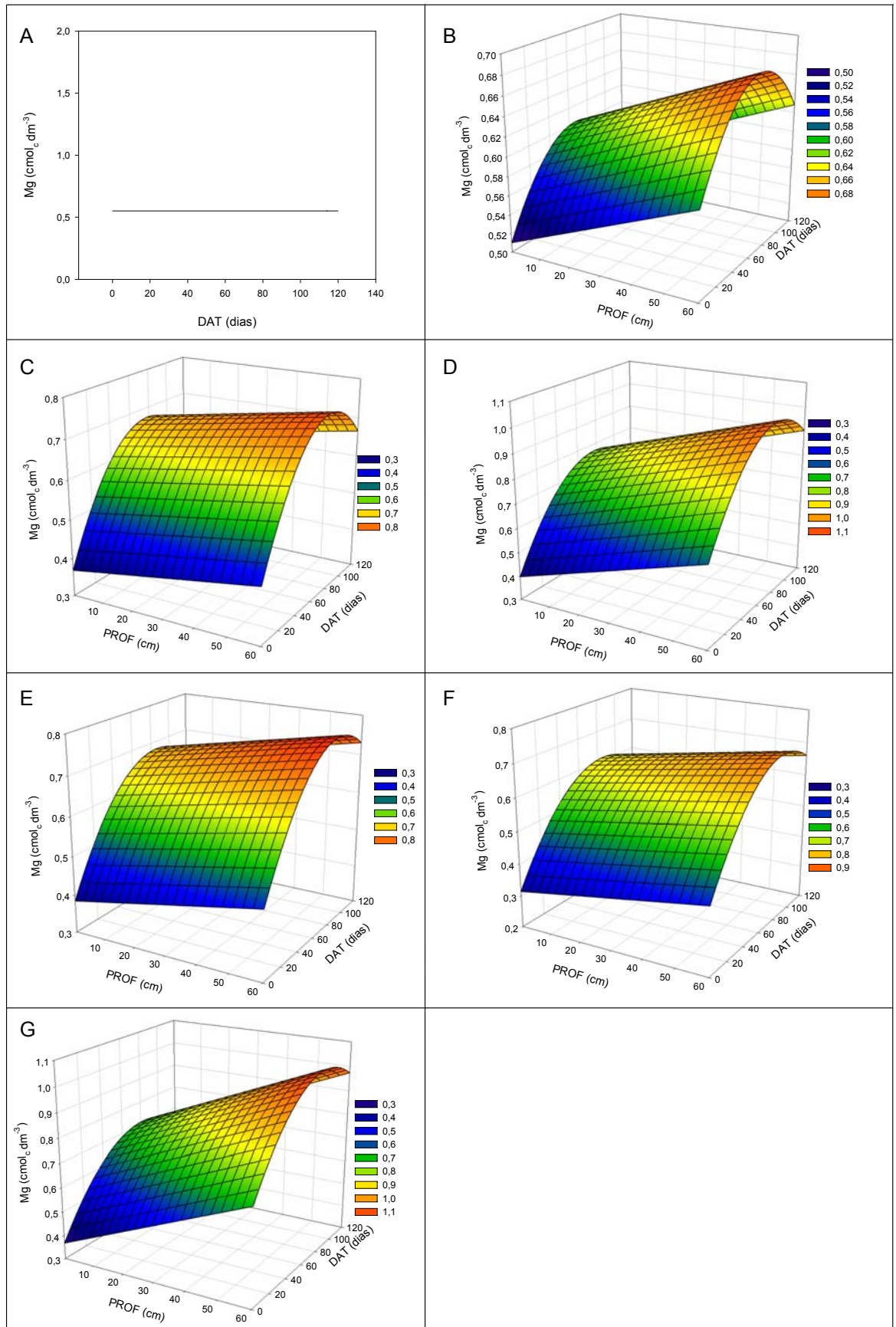


Figura 8 – Variação na concentração de Mg trocável no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7 (G).

3.4. Acidez ativa (pH)

A acidez do solo geralmente é um índice de extrema importância, pois possibilita a determinação da disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados, além da assimilação dos nutrientes pelas plantas. A grande maioria dos nutrientes como o K, Ca, Mg, N, S, B e P estão menos disponíveis em valores baixos de pH, enquanto outros como Fe, Cu, Mn e Zn apresentam comportamento inverso (LOPES, 1998).

Na Figura 9 está apresentada a variação do pH do solo com profundidade e o tempo, para os solos submetidos aos diferentes tratamentos avaliados. Pode-se observar que o pH apresentou relação linear positiva com a profundidade e quadrática com o tempo, à exceção dos solos submetidos ao tratamento 1, cuja relação foi linear negativa com o tempo, e tratamentos 2 e 5, que apresentaram relação quadrática com a profundidade e o tempo. Verifica-se, ainda, que em relação às condições iniciais do solo, na profundidade de 0,10 m, ao final do período experimental, os solos de todas as parcelas experimentais apresentaram reduções nos valores do pH.

A absorção de cálcio e magnésio pelo tomateiro e a mineralização da matéria orgânica aportada tanto pela aplicação de ARSF, quanto pelas partes aéreas do tomateiro, provavelmente foram os fatores responsáveis pela redução no valor do pH, enquanto as aplicações diárias de lâminas de ARSF até 68 DAT e sua supressão após este período, podem ter concorrido para o efeito quadrático, em virtude da maior mineralização de matéria orgânica neste período.

O comportamento quadrático do pH com o perfil do solo, observado nos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, podem estar relacionados com maiores concentrações de alumínio e acidez potencial obtidas nas camadas intermediárias dos solos submetidos a estes tratamentos, sendo maiores os valores submetido ao tratamento 5.

Segundo Alves (2001), a acidificação dos solos deve-se à substituição das bases trocáveis por íons H^+ e Al^{3+} no complexo de troca, resultante da percolação da água, absorção de cátions básicos pelas plantas e uso de fertilizantes de caráter ácido.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, foram observados incrementos nos valores de pH de 2,14; 6,58; 15,12; 22,42, 5,87;

15,30%, nos solos submetidos aos tratamentos 2, 3, 4, 5, 6, e 7, respectivamente, em relação à testemunha. À exceção dos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, cujos tomateiros apresentaram sintomas de virose, observou-se tendência de aumento no valor do pH com a adição de ARSF, havendo pouca variação entre os solos dos tratamentos que receberam ou não receberam adubação química complementar.

Dal Bosco et al. (2008), estudando os efeitos da aplicação de ARS por oito anos consecutivos em solo agricultável, e Oliveira (2006), aplicando ARS em diferentes espécies de forrageiras, observaram acréscimo do pH com adição de ARS e redução no valor com a profundidade no perfil do solo. Todavia, Coraucci Filho (1992) e Queiroz et al. (2004), observaram reduções no valor do pH com aplicação de ARS, que foram atribuídas à grande quantidade de matéria orgânica aplicada, redução na saturação por bases e o aumento da concentração de alumínio trocável.

Segundo Matos (2007), a incorporação de matéria orgânica no solo, dependendo da etapa de degradação que se encontra, pode contribuir para elevação ou redução nos valores de pH. Segundo o autor, na fase inicial de degradação da matéria orgânica, por ser ácida, contribui para abaixamento de pH, enquanto na decomposição sob condições aeróbias, são disponibilizados cátions de reação alcalina no meio, concorrendo para elevar o pH, pelo menos temporariamente.

Os valores extremos do pH variaram entre 5,00 a 8,22, permanecendo, conforme Matos (2004), na faixa adequada para crescimento da maioria das plantas. Segundo Malavolta (1985) e Matos (2004), o valor mínimo observado não afeta, sensivelmente, a disponibilidade de nutrientes no solo às plantas.

Conforme classificação química apresentada por CFSEMG (1999), antes do período experimental, o solo de todas as parcelas experimentais apresentava alcalinidade fraca e, após este período, na profundidade de 0,10 m, nos solos submetidos aos tratamentos 1, 2, 3 e 6, passaram a apresentar média acidez, enquanto para os solos submetidos aos tratamentos 4, 5 e 7 apresentaram acidez fraca.

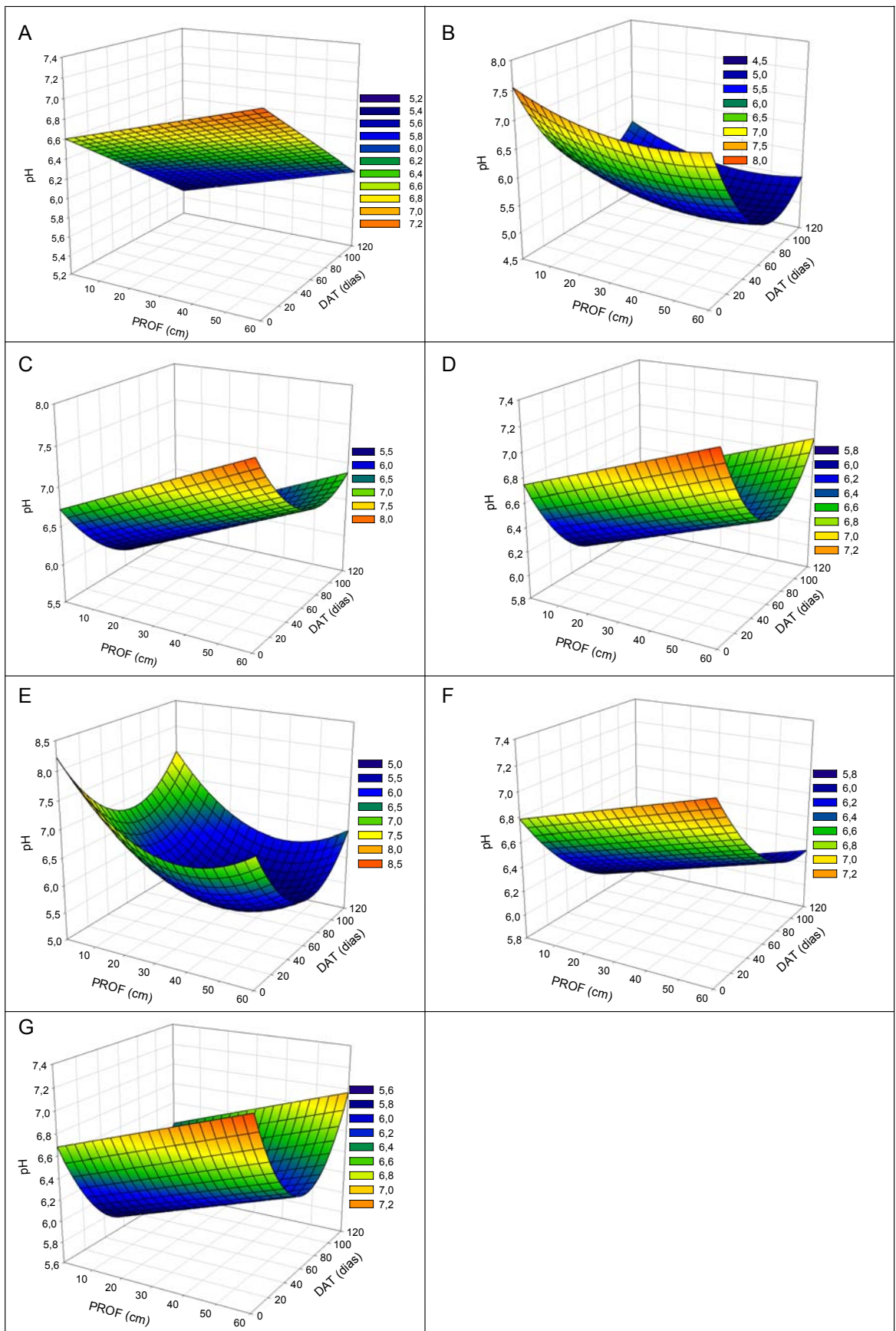


Figura 9 – Variação nos valores de pH, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).

3.5. CTC efetiva (t)

A capacidade de troca catiônica (CTC) é uma das propriedades físico-químicas mais importantes dos solos, pois é responsável pela retenção dos cátions nutrientes das plantas, tais como o cálcio, magnésio e o potássio, os quais ficam adsorvidos nos sítios de carga negativa dos colóides minerais e orgânicos dos solos (LOPES, 1998).

Na Figura 10 está apresentada a variação da CTC efetiva em função da profundidade do solo e do tempo, para os solos submetidos aos diferentes tratamentos avaliados. Pode-se observar que a CTC efetiva apresentou relação linear positiva com a profundidade e quadrática com o tempo.

Considerando a participação de cada elemento na CTC efetiva, verificou-se que o sódio, potássio, magnésio e o cálcio, representaram, em média, 2,69; 5,70; 19,38 e 70,36% da CTC efetiva, respectivamente, o que, conforme classificação apresentada por Malavolta et al. (1989), caracteriza os solos como tendo condições adequadas, no que se refere à disponibilidade desses nutrientes. Dessa forma, os comportamentos observados nos solos submetidos aos diferentes tratamentos seguiram a mesma tendência observada para o cálcio e magnésio, em virtude da maior participação na CTC efetiva.

Os menores valores de CTC efetiva foram obtidos nas camadas superficiais do solo, o que pode estar relacionado à maior absorção de cálcio e magnésio pelo tomateiro, ao seu maior deslocamento no complexo de troca por outros cátions e à lixiviação proporcionada pela irrigação, enquanto o comportamento quadrático no tempo, a efeito do que ocorreu com as bases, pode estar relacionado com a aplicação diária de lâminas de ARSF e sua supressão após 68 DAT.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, apenas nos solos submetidos ao tratamento 1 foi verificada redução no valor da CTC efetiva em relação às condições iniciais. Desta forma, verifica-se que a aplicação de ARSF resultou em incrementos na CTC efetiva. Em relação à testemunha, verificaram-se incrementos de 77,35; 76,24; 76,80; 76,80; 73,81 e 94,47% nos solos submetidos aos tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

Em relação às classes de interpretação da CTC efetiva, sugerida por CFSEMG (1999), ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m,

os solos dos tratamentos que receberam água residuária mantiveram média CTC efetiva, enquanto os solos submetidos ao tratamento 1, passaram a apresentar baixa CTC efetiva.

Segundo Scherer e Baldissera (1994), para que ocorresse efeito significativo na CTC, devido à aplicação de águas residuárias, seria necessária aplicação de lâminas elevadas, de modo a aumentar o conteúdo de material orgânico de difícil degradação (ácidos fúlvicos, húmicos e humina), o que não é o caso de águas residuárias submetidas ao tratamento prévio, como é o caso da ARSF. Dessa forma, não seria esperado que, pelo menos em curto prazo, ocorressem aumentos significativos nos valores de CTC do solo pela aplicação de águas residuárias (MATOS, 2007).

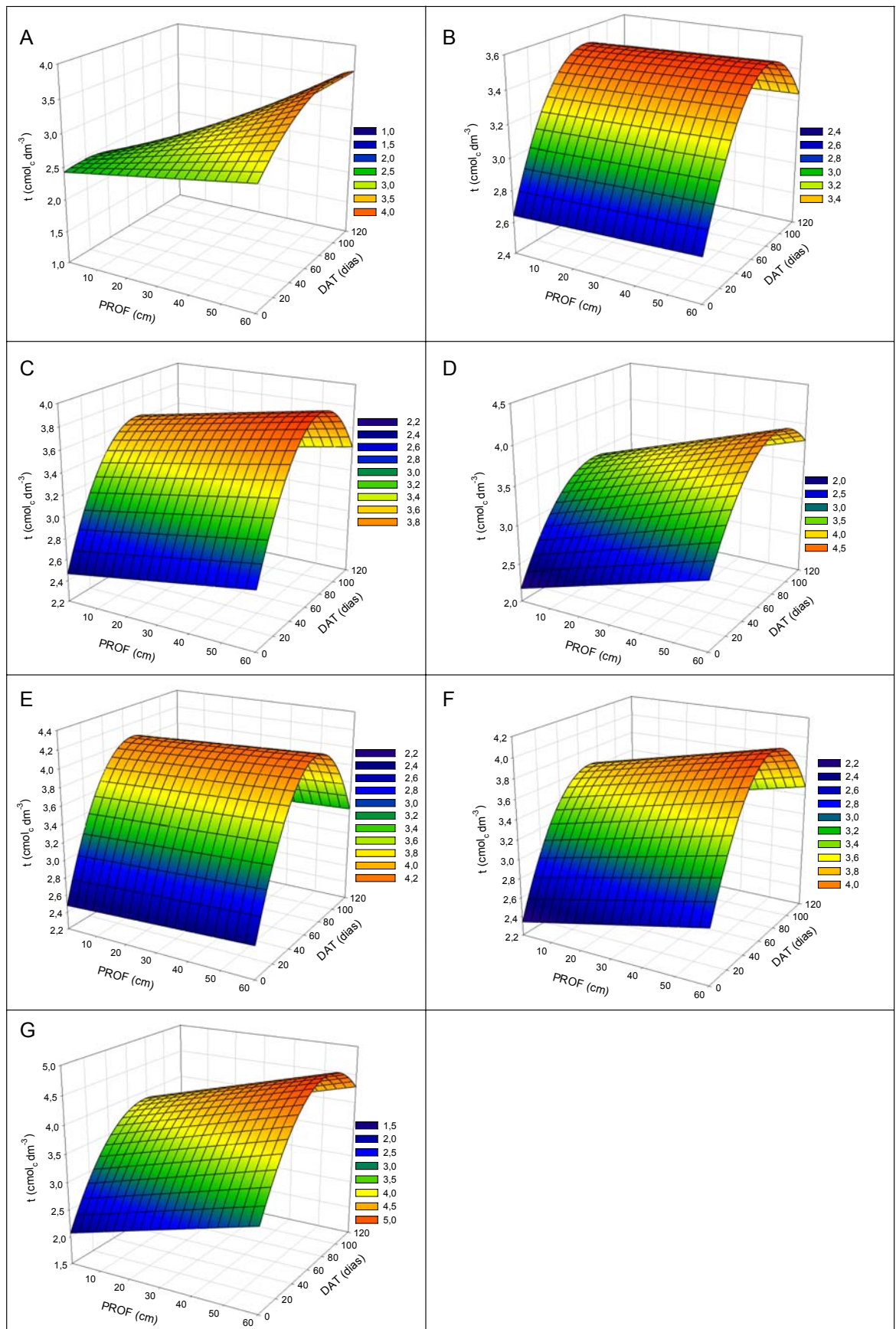


Figura 10 – Variação nos valores de CTC efetiva, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplanto (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).

3.6. Índice de Saturação por sódio (ISNa)

Salinidade, na forma de sódio, pode afetar diretamente as propriedades do solo, por meio de fenômenos conhecidos por floculação e dispersão (HALLIWELL et al., 2001), podendo concorrer para significativa diminuição na condutividade hidráulica do solo (TOZE, 2006). Na Figura 11 está apresentada a variação do índice de saturação por sódio (ISNa) em função da profundidade do solo e do tempo, nos solos submetidos aos diferentes tratamentos.

Pode-se observar, na Figura 11, que no solo de todos os tratamentos, o ISNa apresentou relação linear negativa com a profundidade e quadrática com tempo. Possivelmente, a disposição das adubações nas camadas superficiais, as aplicações diárias de lâminas de ARSF e de água de irrigação, além da maior densidade de raízes foram responsáveis pela maior concentração do ISNa nestas camadas. Por outro lado, o efeito quadrático pode ter sido decorrente do aporte de sais pela fertirrigação com ARSF e adubação química, sendo incorporado pela cultura e/ou lixiviados após este período pela água de irrigação.

Observa-se, ainda, que o maior valor de ISNa foi obtido nos solos submetidos ao tratamento 1 (5,43% na superfície, aos 114 DAT), corroborando com os resultados de que a adubação química contribuiu significativamente para elevação da salinidade. Todavia, conforme Pizarro Cabello (1990), valores de ISNa inferiores a 7%, em geral, não causam problemas de dispersão de argilas (Apêndice 1), o que pôde ser confirmado pelas análises de dispersão de argilas, cujo valor máximo obtido foi 1,44%, obtido nos solos submetidos ao tratamento 1, que por sua vez não apresentaram problemas na infiltração de água no solo.

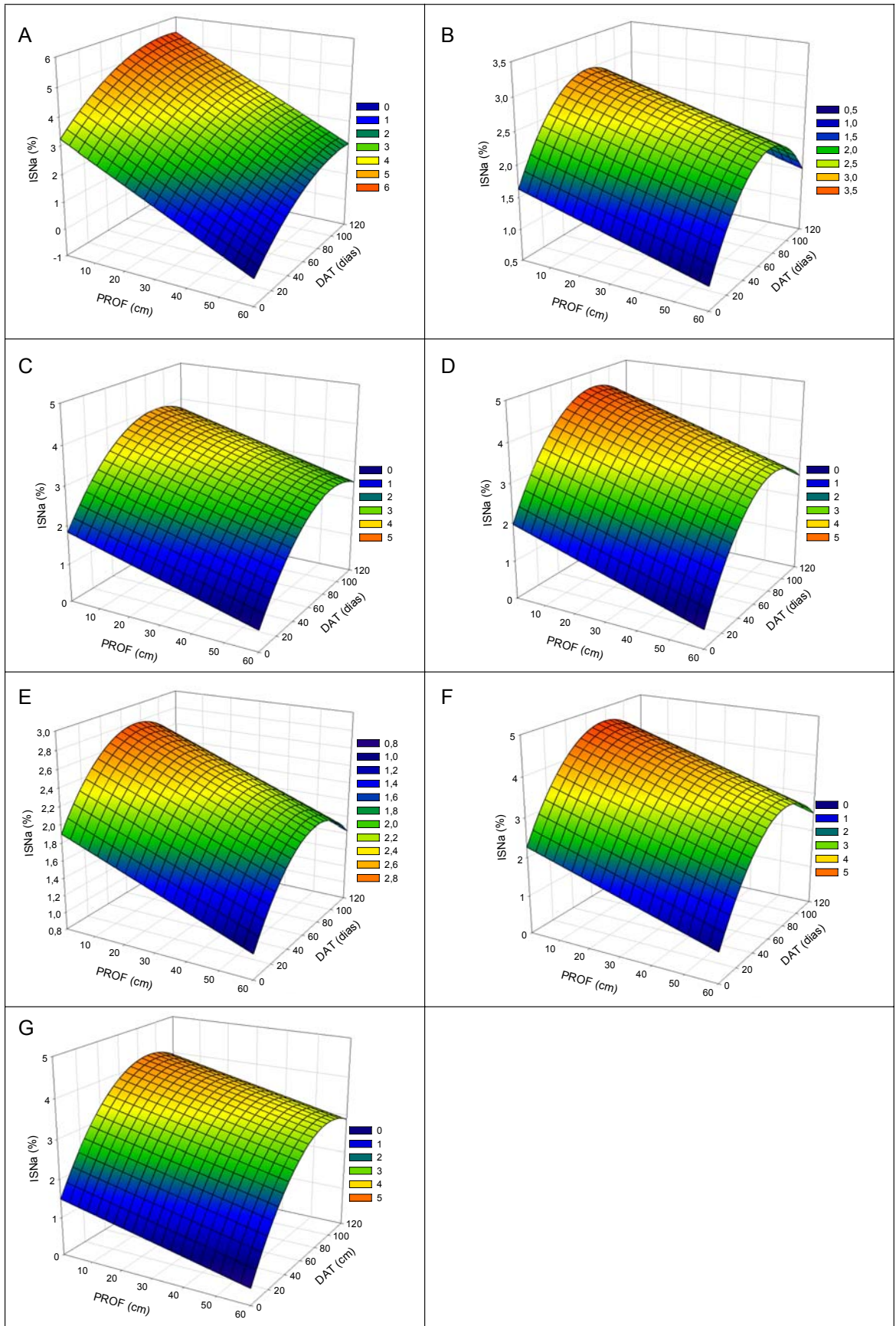


Figura 11 – Variação nos valores de ISNa, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplanto (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7 (G).

3.7. Fósforo

O fósforo é fundamental no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (LOPES, 1998). É também componente estrutural dos ácidos nucléicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. As limitações na disponibilidade de fósforo no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de fósforo até alcançar níveis adequados (GRANT et al., 2001).

Na Figura 12 está apresentada a variação do fósforo disponível com a profundidade e o tempo, nos solos submetidos aos diferentes tratamentos. Pode-se observar que a concentração de fósforo apresentou relação linear negativa com a profundidade e quadrático com o tempo, a exceção dos solos submetidos aos tratamentos 1, 2 e 5, cuja relação foi linear positiva. Observa-se, ainda, que em comparação com as condições iniciais, houve acréscimo na concentração de fósforo disponível, sobretudo nas camadas superficiais.

Segundo Scaloppi e Baptistella (1986) e Ceretta et al. (2005), baixas concentrações de fósforo disponível nas camadas inferiores devem-se à baixa mobilidade deste nutriente no solo, sendo, provavelmente, este adsorvido pelas partículas do solo, absorvido pelas plantas e o restante precipitado. Para Tomé Júnior (1997), o teor de fósforo disponível tende, normalmente, a diminuir com a profundidade, acompanhando o teor de matéria orgânica do solo.

A aplicação de lâminas diárias de ARSF no período correspondente do transplântio até 68 DAT e sua supressão após este período foi, provavelmente, responsável pelo efeito quadrático no tempo, enquanto o comportamento linear positivo, observado nos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, pode ter sido consequência dos sintomas de viroses apresentados pelos tomateiros cultivados nestes solos, que prejudicaram seu desenvolvimento e produção e, conseqüentemente, menor absorção deste nutriente.

Chateaubriand (1988), estudando os efeitos da aplicação de diferentes lâminas de ARS em solo cultivado com milho e, King et al. (1985), Motavalli e Miles (2002), Ceretta et al. (2003), Queiroz et al. (2004), Oliveira (2006) e Berwanger (2006), em solos cultivados com forrageiras, também observaram

acrécimos na concentração de fósforo disponível nas camadas superficiais, obtendo maiores valores, quando se aplicaram as maiores lâminas.

Ao final do período experimental, na profundidade de 0,10 m, foram observadas reduções nas concentrações de fósforo disponível em relação à testemunha, tendo sido obtidas reduções de 10,85; 30,98; 17,05; 54,20 e 59,20% nos solos submetidos aos tratamentos 2, 3, 4, 6 e 7, respectivamente, e acréscimo de 25,63% nos solos submetidos ao tratamento 5. Assim, à exceção dos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, em virtude dos sintomas de doenças, observou-se que maiores lâminas de ARSF proporcionaram incrementos na absorção do fósforo pela cultura, que foram intensificadas pelo balanceamento dos nutrientes com a complementação da adubação.

Em relação às classes de interpretação da disponibilidade de fósforo sugerida por CFSEMG (1999), antes do período experimental, o solo de todas as parcelas experimentais apresentavam muito baixa disponibilidade de fósforo e, após este período, na profundidade 0,10 m, os solos apresentaram baixa (tratamentos 6 e 7), média (tratamento 3), boa (tratamentos 1, 2 e 4) e muito boa (tratamento 5) disponibilidade de fósforo.

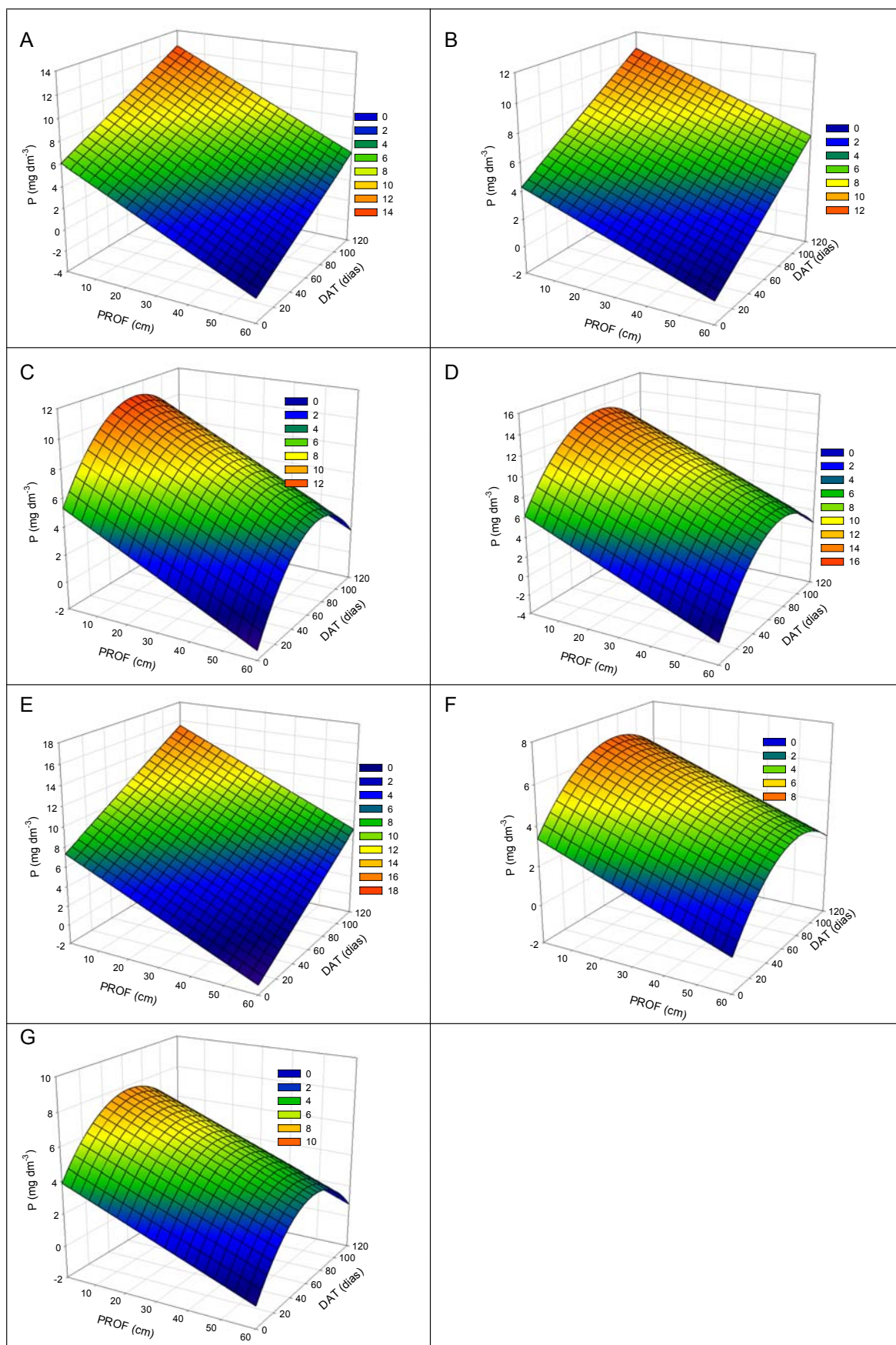


Figura 12 – Variação na concentração de P disponível no perfil do solo, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplântio (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).

3.8. Nitrogênio

O nitrogênio é considerado elemento essencial às plantas, pois está presente na composição das mais importantes biomoléculas, tais como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas e inúmeras enzimas (HARPER, 1994). Em muitos sistemas de produção, a disponibilidade de nitrogênio é quase sempre fator limitante, influenciando o crescimento da planta mais do que qualquer outro nutriente. Segundo Primavesi (1986) e Lopes (1998), as plantas geralmente absorvem a maior parte de suas exigências de nitrogênio na forma de amônio (NH_4^+) e de nitrato (NO_3^-), sendo a última forma preferencial para grande parte das culturas.

Na Figura 13 está apresentada a variação da concentração de nitrogênio total com a profundidade do solo e o tempo. Pode se observar que, nos solos dos tratamentos que receberam aplicação de ARSF, a concentração de nitrogênio apresentou relação linear negativa com a profundidade e quadrática com o tempo, à exceção dos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, cuja relação foi linear positiva. Já, para o solo submetido ao tratamento 1, observou-se relação quadrática com a profundidade e linear positiva com o tempo.

A predominância da forma orgânica do nitrogênio (99%), adicionado aos tratamentos por meio da aplicação de ARSF, foi, provavelmente, responsável pelo aumento na concentração deste nutriente nas camadas superficiais, enquanto o efeito quadrático no tempo pode estar relacionado com a aplicação ARSF até 68 DAT e sua supressão após este período.

O comportamento linear positivo no tempo, observados nos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, provavelmente estão relacionados com os sintomas de virose apresentados pelos tomateiros cultivados nestes lisímetros, que resultaram em menor desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, menores crescimentos, produção de matéria seca, menor concentração do nutriente nos frutos e menores produções.

Nos solos submetidos ao tratamento 1, a adição de sulfato de amônio como fonte de nitrogênio, sabidamente de grande mobilidade no solo, a calagem realizada e a aplicação de lâminas de irrigação, podem ter sido responsáveis pelo efeito quadrático observado com a profundidade no perfil do solo, favorecendo o deslocamento do NH_4^+ e NO_3^- . A variação no tempo deve-

se, provavelmente, à aplicação parcelada do nitrogênio, conforme recomendações para a cultura do tomate sugeridas por CFSEMG (1999).

Ceretta et al. (2003), analisando alterações devido aplicação de ARS em solo cultivado com pastagem natural e, Dal Bosco et al. (2008), aplicando ARS em solo agricultável, por oito anos consecutivos, também observaram baixa mobilidade do nitrogênio no perfil do solo, obtendo maiores valores nas camadas superficiais, incrementadas com adição de ARS.

Pode-se observar, ainda, que os valores máximos da concentração de nitrogênio no solo, no solo receptores de ARSF, ocorreram nas camadas superiores, após aplicação da totalidade das lâminas, exceção ocorreu no caso dos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, nos quais os valores máximos ocorreram no final do período experimental. Nos solos submetidos ao tratamento 1, o valor máximo também ocorreu ao final do período experimental, porém, nas camadas inferiores, indicando maior propensão à contaminação do lençol freático.

No final do período experimental, verificou-se que, em relação às condições iniciais, na profundidade de 0,10 m, ocorreram incrementos na concentração de nitrogênio de 11,00; 36,17; 13,83; 26,00; 27,21; 4,41 e 9,77%, nos solos submetidos aos tratamentos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente. Assim, pode-se observar que, à exceção dos solos submetidos aos tratamentos 2 e 5, maiores lâminas de ARSF proporcionaram maiores incrementos na concentração de nitrogênio no solo, sendo menores os valores quando realizada a adubação complementar que, devido ao balanceamento dos nutrientes, favoreceram maior absorção pela cultura.

Segundo Lopes (1998), um dos problemas na adubação das culturas é uso não balanceado do nitrogênio e do potássio, o que compromete, sobremaneira, a produção agrícola.

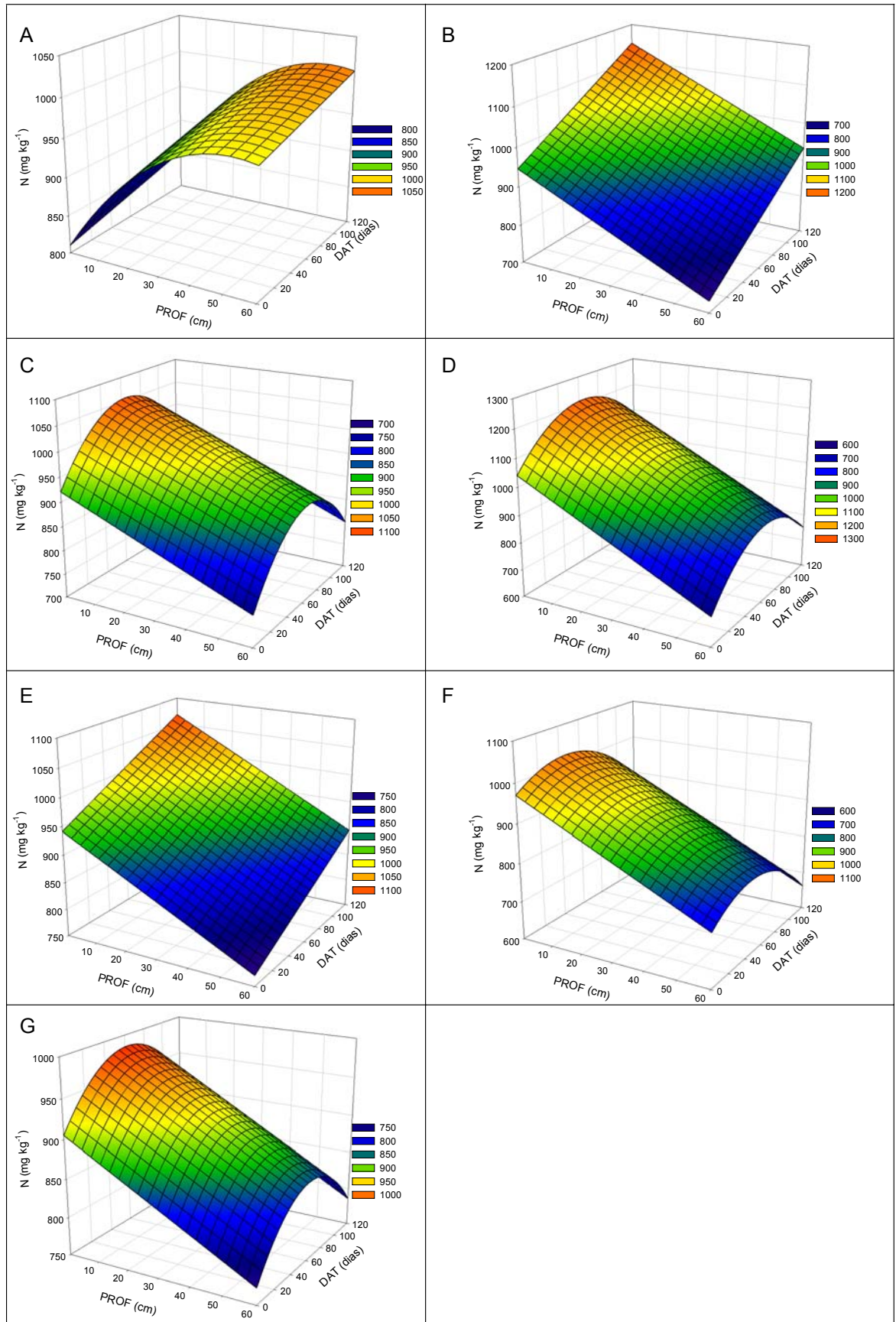


Figura 13 – Variação na concentração de N no perfil, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7 (G).

3.9. Efeitos na porosidade total, massa específica e microporosidade

A matéria orgânica apresenta apreciável influência sobre as propriedades físicas do solo, tais como modificações na estrutura do solo, aumento na capacidade de retenção de água, redução da plasticidade e coesão e uniformização da temperatura (KIEHL, 1985; MATOS, 1997).

Estudos realizados por Felton (1992) mostraram que a incorporação de matéria orgânica no perfil do solo, resultou em aumento na condutividade hidráulica, da capacidade de retenção de água e da porosidade e redução na densidade do solo. Para Kiehl (1985), os efeitos proporcionados pela matéria orgânica nas propriedades físicas, por si só, já justificariam a aplicação de dejetos de suínos no solo.

Todavia, conforme análises de variâncias (Apêndice 1) dos dados obtidos neste trabalho, não foram observadas diferenças significativas no conteúdo de matéria orgânica dos solos submetidos aos diferentes tratamentos, tampouco nos parâmetros físicos, porém, observaram-se variações ao longo do perfil do solo e do período experimental (Figuras 14, 15 e 16). Segundo Matos (2007), as principais alterações decorrentes da aplicação de águas residuárias, em geral, costumam ser químicas, o que pode, inclusive, vir a proporcionar alterações físicas no solo.

Segundo Reddy et al. (1979), o efeito de águas residuárias no acréscimo de matéria orgânica do solo é pequeno, pois além de ser relativamente baixo este conteúdo, os componentes orgânicos são de fácil mineralização e podem desaparecer em questão de dias ou semanas. Para Scherer e Baldissera (1994), seria necessária a aplicação de doses elevadas de material orgânico de difícil degradação para que conteúdo de matéria orgânica no solo aumente, o que não acontece com a maioria das águas residuárias, como, por exemplo, da suinocultura.

Na Figura 14 está apresentada a variação da porosidade total do solo em função da profundidade e do tempo, para os solos submetidos aos diferentes tratamentos avaliados. Pode-se observar que a porosidade total apresentou relação linear negativa com a profundidade do solo e quadrática com o tempo.

Possivelmente, as condições iniciais de desestruturação do solo e sua acomodação, foram responsáveis pela menor porosidade total e o conseqüente aumento na massa específica observados nas camadas inferiores (Figura 15).

Já o crescimento de raízes, o aporte de matéria orgânica pela decomposição de partes aéreas do tomateiro e adição de ARSF, o desenvolvimento de microrganismos e adição de água contendo íons, foram responsáveis pela reestruturação do solo, resultando em aumento da porosidade total e redução na massa específica, os quais, posteriormente, foram modificados, devido à acomodação do solo nos lisímetros, reduzindo a porosidade total e aumentando a massa específica, proporcionando o efeito quadrático observado.

Na Figura 16 está apresentada a variação da microporosidade do solo em função da profundidade e do tempo. Observa-se que, em virtude da acomodação do solo em camadas e aporte de íons pela água de irrigação e ARSF, contribuíram para estruturação do solo, sobretudo nas camadas superficiais, resultando em aumento da macroporosidade e da microporosidade, concorrendo para aumento da porosidade total e redução da massa específica do solo.

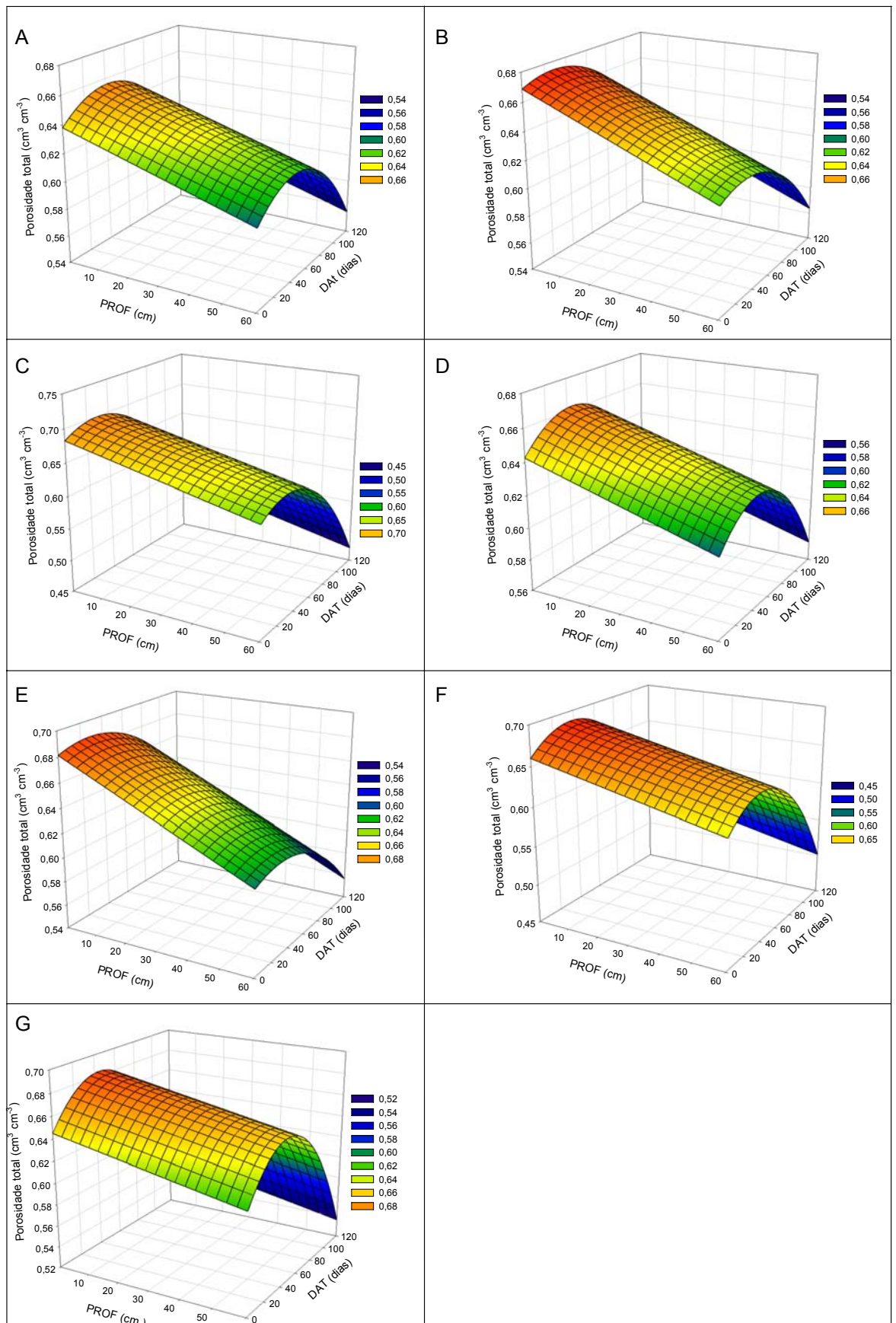


Figura 14 – Variação na porosidade total, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).

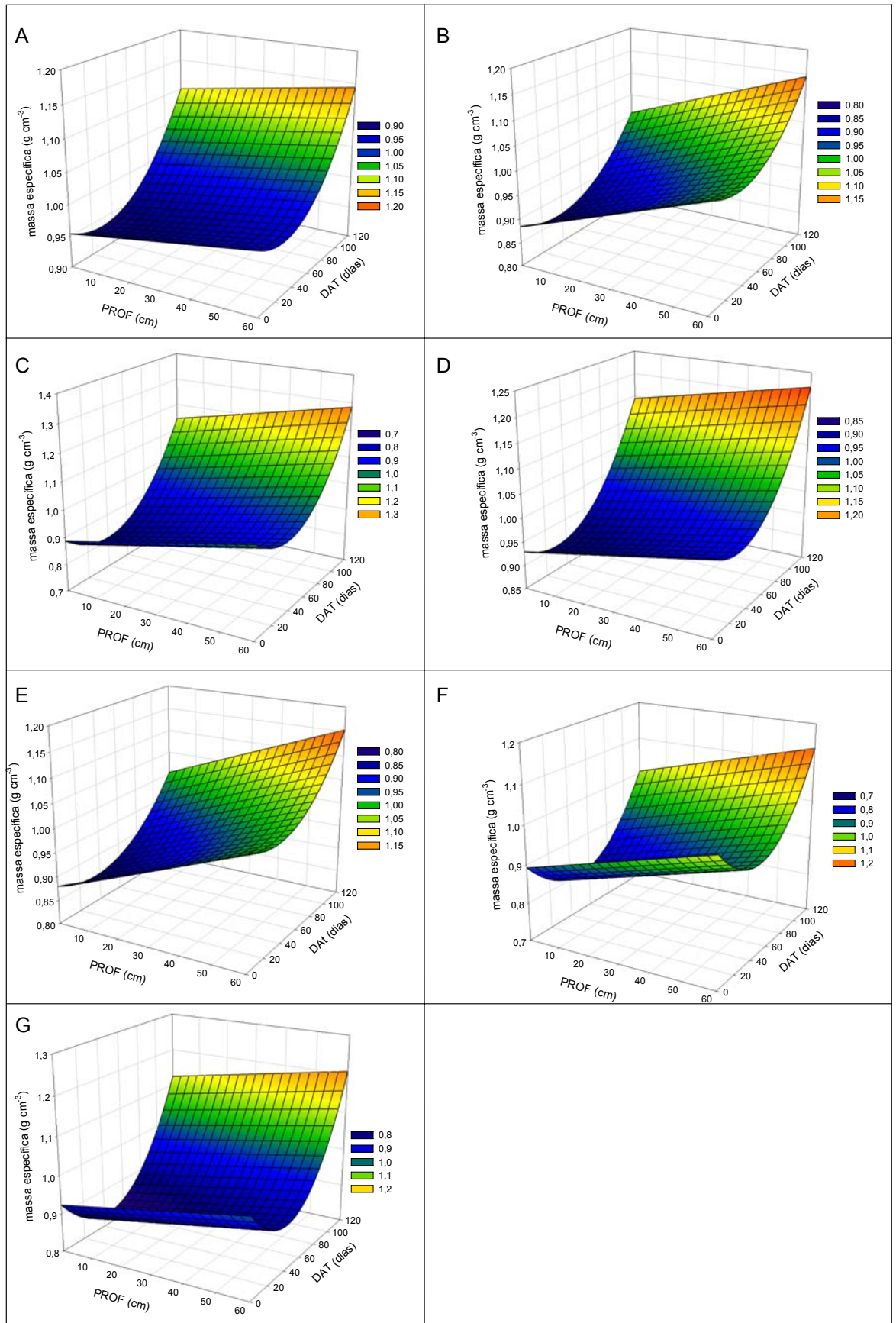


Figura 15 – Variação na massa específica, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).

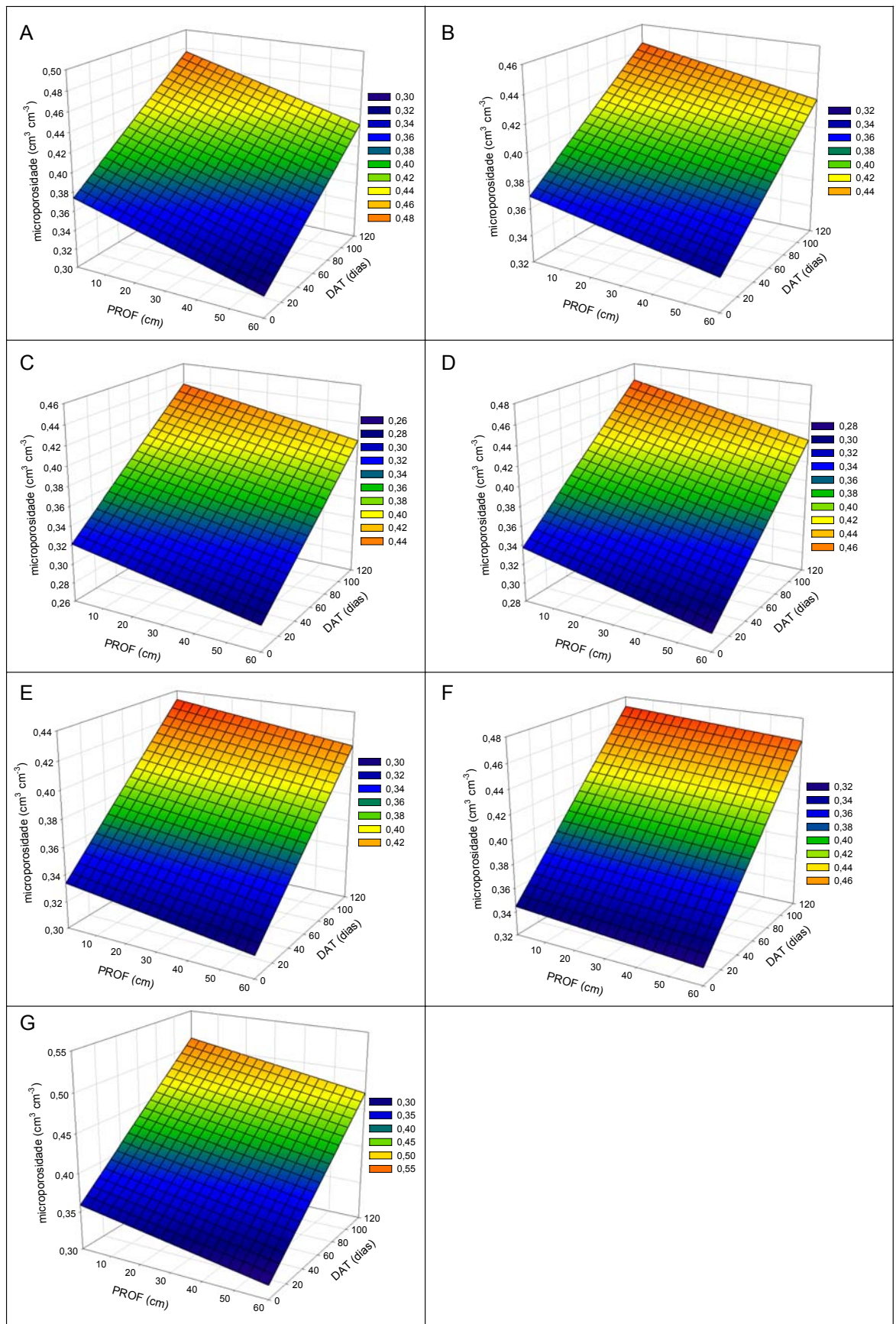


Figura 16 – Variação na microporosidade, em função da profundidade (PROF) e dias após o transplante (DAT), nos solos submetidos aos tratamentos 1 (A), 2 (B), 3 (C), 4 (D), 5 (E), 6 (F) e 7(G).

4. CONCLUSÕES

- Adubação química foi mais efetiva na ionização da solução do solo do que a água residuária da suinocultura filtrada (ARSF), apresentando maiores valores de CEes os tratamentos que receberam menores lâminas de ARSF e maiores quantidades de adubação química;
- A condutividade hidráulica do solo aumentou em virtude do aporte de sais e matéria orgânica, decorrentes da adubação química, irrigações e fertirrigação com ARSF, que provocaram a reestruturação do solo;
- A aplicação de ARSF resultou em incrementos na concentração de K trocável, sobretudo nas camadas superficiais do perfil do solo,
- Incrementos nas lâminas de ARSF resultaram em aumento nas concentrações de cálcio e magnésio trocáveis, sendo menores os valores nos solos que receberam adubação complementar;
- Os valores do pH variaram entre 5,00 a 8,22, permanecendo, na faixa adequada para crescimento da maioria das culturas. De modo geral, o pH do solo reduziu com aplicação de ARSF;
- A CTC efetiva apresentou o mesmo comportamento observado em relação à concentração de cálcio e magnésio trocáveis. A aplicação de ARSF resultou em incrementos na CTC efetiva, entretanto, não houve alteração quanto à classe de interpretação de fertilidade;
- Os solos submetidos à aplicação de ARSF apresentaram valores de ISNa inferiores ao solo testemunha, todavia, as diferentes parcelas experimentais não apresentaram problemas de dispersão de argilas;
- Em comparação com as condições iniciais, houve acréscimo na concentração de fósforo disponível, sobretudo nas camadas superficiais. Incrementos nas lâminas de ARSF resultaram em aumento na absorção do fósforo pela cultura, que foi intensificado com adequado balanceamento dos nutrientes proporcionado pela complementação da adubação química;
- A adição de ARSF resultou em incrementos na concentração do nitrogênio nas camadas superficiais, enquanto a adubação química resultou em maior deslocamento no perfil do solo;

- Maiores absorções do nitrogênio ocorreram quando foi feito o balanceamento dos nutrientes, pela complementação da adubação, no solo;
- Não houve diferença significativa nos valores de porosidade total, microporosidade e massa específica do solo entre os diferentes tratamentos avaliados. As modificações observadas foram decorrentes da reestruturação do solo em virtude do aporte de íons e matéria orgânica aos lisímetros;

5. REFERÊNCIAS

ANUÁRIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA – **ANUALPEC**. São Paulo: FNP, 2008. 380p.

ALVES, I. R. **Constituição, propriedades e classificação de solos – SOL 250**. UFV, Viçosa. 2001. 35p.

ASAE D384.2 – Manure Production and Characteristics. **ASAE Standards**, St. Joseph, 2005, p.1-20.

ASSIS, F. O. **Poluição hídrica por dejetos de suínos: um estudo de caso na área rural do município de quilombo, Santa Catarina**. Curitiba – PR. UFP: 182p, 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

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

BARROS, F. M. **Parametrização de modelos de mineralização do nitrogênio orgânico em solo tratado com água residuária da suinocultura**. Viçosa, MG. UFV: 69p, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

BERWANGER. A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos**. Santa Maria, SC. UFSM: 99p. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CAMPELO, P. L. G. **Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características físico-hídricas e químicas de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo**. Viçosa, MG. UFV: 55p. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.27, 2003, p.275-286.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23, 1999, p.315-327.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: I – perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**. v. 35, 2005, p.1296-1304.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, L. A. R. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, 2003, p.729-735.

CFSEMG - **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H., editores. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

CHATEAUBRIAND, A. D. **Efeito de dejetos de suínos, aplicados na irrigação por sulco, na cultura do milho (*Zea mays L.*)**. 1988. Viçosa, MG. UFV: 61p, 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=2747>>. Acesso em: 04 out. 2008.

CORAUCCI FILHO, B. **Tratamento de esgoto doméstico por escoamento superficial**. São Paulo, SP. USP: 400p. 1992. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo.

DAL BOSCO, T. C.; SAMPAIO, S. C.; IOST, C.; SILVA, L. N.; CARNELLOSI, C. F.; EBERT, D. C.; SCHREINER, J. S. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, 2008, p.139-144.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA – CNPSA/EMATER-RS, 2002. 31 p. (Boletim informativo, 14)

DOORENBOS, J., PRUITT, J.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage, 24)

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997, 247p.

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

FELTON, G. K. Hydraulic parameter response to incorporated organic mater in the B-horizon. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.4, 1992, p.1153-1160.

FERREIRA, P. A. Drenagem. ABEAS. **Curso de Engenharia de Irrigação**. Módulo 11, 1987, 88p.

FERREIRA, P. A. **Drenagem de Terras Agrícolas**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Apostila da Disciplina de ENG-644. UFV, Viçosa. 2003. 188p.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. Viçosa, MG. UFV: 2001. 110p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias da suinocultura na produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n 1, 2004, p.120-125.

GENUCHTEN, M.T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v.44, 1980, p.892-898.

GOMES FILHO, R. R. **Tratamento de águas residuárias as suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*)**. Viçosa, MG. UFV: 139p, 2000. (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GONÇALVES, R. A.B. **Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**. Viçosa, MG. UFV: 65p, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. 95.ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 2001, p.1-5.

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

HALLIWELL D.J., BARLOW K.M., NASH D.M. (2001): A review of the effects of wastewater sodium on soil physical properties and their implications for irrigation systems. **Aust. Journal Soil Resource**. 2001, p.1259–1267.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J., BENNETT, J. M., SINCLAIR, T. R., et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994, p.285-302.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 482 p.

KING, L. D. et al. Swine lagoon effluent applied to 'Coastal' Bermudagrass: II. Effects on soil. **Journal of Environmental Quality**, v.14, n.1, 1985, p.14-21.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2° ed. Instituto da Potassa & Fosfato. Piracicaba, 1998.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: E. MALAVOLTA (ed.), **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Piracicaba, Fundação CARGILL, 1985. p. 3-64.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 1997. 319p. Funções, cap.3, p.76-77.

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

MATOS, A. T. **Qualidade do meio físico ambiental**. Viçosa-MG: AEAGRI, 2004. 136p (Caderno Didático n 37).

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, S. P.; VIDIGAL, S. M.; GARCIA. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.44, n.254, 1997, p. 399-410.

MEDEIROS, S. S. **Alterações física e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**. v.285, 2002, p.69-77.

MONTAVALLI, P. P.; MILES, R. J. Soil phosphorus fractions after 111 years of animal manure and fertilizer applications. **Biologic Fertility Soils**. v.36, 2002, p.35-42.

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

MOTA, S. Aplicação de esgoto doméstico em irrigação. In: reuso de águas: a experiência da Universidade Federal do Ceará. **Anais...** Fortaleza: UFC, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of swine**. 10 ed. Washington, D. C.; 1998, 190 p.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.2, 2002, p.393-486.

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

OLIVEIRA, R. A.; CAMPELO, P. L. G.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; CECON, P. R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, 2000, p.263-267.

OLIVEIRA, W. **Uso de água residuária da suinocultura em pastagens da *Brachiária Decumbens* e Grama Estrela *Cynodom Plectostachyum***. Piracicaba, SP. ESALQ: 104p. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PALHARES, J. C. P.; CALIJURI, M. C. Caracterização dos afluentes e efluentes suínolas em sistemas de crescimento/ terminação e qualificação de seu impacto ambiental. **Ciência Rural**, v.37, n.2, 2007, p.502-509.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: EMBRAPA – SPI, 1998, p.209-235.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado, RS, EMBRAPA – CNPSA, 2001, p.8-24.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frequência (RLAF) gotejo, microaspersión, exudación**. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1990. 471p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9 ed. São Paulo: Nobel, 1986. 543p

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, 2004, p.1487-1492.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, **POTAFOS**, 1991. 343p.

REDDY, K. R.; KHALEEL, R.; OVERCASH, M. R.; WESTERMAN, P. W. A Nonpoint Source Model for Land Areas Receiving Animal Waste: II. Ammonia volatilization. **Transactions of the ASAE**, v.22, n.6, 1979, p.1398-1405.

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

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: US Department of agriculture, 1954. 160p

SCALOPI, E. J.; BAPTISTELA, J. R. Considerações sobre aplicação de efluentes ao solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, n.7, 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: ABID, 1986. p.1049-1066.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T. Aproveitamento dos dejetos de suínos como fertilizantes. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, Concórdia, 1994. **Anais...** Concórdia, SC: EMBRAPACNPSA, 1994. 47p. (EMBRAPA-CNPSA, Documento, 32).

SHENDE, G. B. Status of wastewater treatment and agricultural reuse with special reference to Indian experience and research and development needs. In: **FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Irrigation**. Rome: FAO, 1985, p.157-182.

SILVA, A. A; COSTA, A. M.; REZENDE; D. A; BORGES, E. N; LANA, R. M. Q. Avaliação de atributos químicos do solo sob pastagem de *Brachiária Decumbens* após aplicação de dejetos líquidos de suínos e fertilizantes minerais 2- Fósforo e Potássio. In: X ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO. **Anais...** Universidade do Vale do Paraíba. 2004, p.2821-2824.

SLAVICH, P. G; PETERSON, G. H. Estimating a electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil: water suspensions and texture. **Australian Journal Soil Research**, Collingwood, v.31, n.1, p.73-81, 1993.

TOMÉ JUNIOR, J. B. **Manual para a interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

TOZE, S. Reuse of effluent water - benefits and risks. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 80, 2006, p.147-159.

CAPÍTULO II

EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO TOMATE

CAPÍTULO II - EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DO TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO TOMATE

1. INTRODUÇÃO

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

A capacidade poluente dos dejetos suínos, em termos comparativos, é muito superior à de outras espécies de animais. De acordo Gonçalves (2002), o rebanho de suínos, no Brasil, gera de 32 a 51 milhões de kg ano⁻¹ de dejetos. Utilizando-se o conceito de equivalente populacional, um suíno, em média, equivale a 3,5 pessoas (DIESEL et al., 2002).

Cientes da degradação ambiental causada pelo lançamento de águas residuárias nas coleções de água e diante da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, os suinocultores buscam soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar os resíduos (GOMES FILHO, 2000; BARROS, 2005).

Uma das alternativas que se tem apontado para a resolução do problema é o uso dessa água em áreas agricultáveis, que pode favorecer tanto ao meio ambiente quanto ao produtor. O aproveitamento de águas residuárias ricas em nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas pode possibilitar aumento de produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (MELI et al., 2002; GONÇALVES, 2002; BARROS, 2005; MATOS, 2007).

Todavia, o uso incorreto pode trazer efeitos deletérios tanto ao solo quanto à cultura. A taxa de aplicação de águas residuárias agroindustriais deve estar baseada na dose de nutrientes recomendada para as culturas agrícolas, pois, caso esses níveis sejam suplantados, além de comprometer a produtividade da cultura, podem provocar poluição do solo e das águas

superficiais e subterrâneas (BARROS, 2005; MEDEIROS, 2005; MATOS, 2004).

O nitrogênio é um dos principais constituintes dos dejetos de suínos, estando cerca de 50% dele na forma mineral e, ao ser aplicado, tem efeito imediato no crescimento das plantas (BARCELOS, 1992). A deficiência de nitrogênio reduz o crescimento e provoca clorose das folhas mais velhas, enquanto o excesso resulta num vigoroso crescimento vegetativo em detrimento da produção de frutos, intensifica a coloração verde, afeta negativamente a qualidade do fruto e faz com que as plantas fiquem mais suscetíveis ao ataque de insetos e doenças (CARRIJO et al., 2004). Entretanto, a adequada utilização de água residuária da suinocultura pode vir a se constituir como fonte de nutrientes para a produção de tomate.

A cultura do tomate ocupa lugar de destaque na economia brasileira, não somente pelo seu valor econômico, mas também por ser uma atividade geradora de grande número de empregos. Apesar do elevado índice de mecanização nas operações de preparo de solo, adubação, transplântio, irrigação e pulverização; é necessário empregar cerca de 100 homens $\text{dia}^{-1} \text{ha}^{-1}$ na execução das tarefas de capinas e colheitas manuais (CARRIJO et al., 2004). A cultura abriga em sua cadeia produtiva mais de 10.000 produtores, com 60.000 famílias de trabalhadores correspondendo a um efetivo de mais de 200.000 pessoas (EPAMIG, 2007).

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

Em vista da inexistência de dados sobre uso da água residuária de suinocultura na produção de tomate, no que se refere à variação fisiológica, sanitária e de produção, e a necessidade de disponibilizar ao produtor de suínos alternativas de baixo custo para o tratamento desta água residuária, reduzindo os impactos ambientais, torna-se necessário a realização de estudos que permitam analisar o comportamento agrônômico do tomateiro associado

ao tratamento dessas águas residuárias. No presente trabalho, objetivou-se analisar os efeitos da fertirrigação com efluente do tratamento preliminar da água residuária da suinocultura nas variáveis fisiológicas, sanitárias e de produção de tomate, em condições de lisímetros de drenagem sob ambiente protegido.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização do delineamento experimental, da estrutura e materiais empregados no experimento está detalhada no capítulo I, referente aos efeitos no solo.

Para estudar os efeitos da fertirrigação com água residuária filtrada da suinocultura nas características fisiológicas, sanitárias e de produção de tomate, em condições de lisímetros de drenagem, foram analisadas as variáveis relacionadas ao crescimento, desenvolvimento, produção e classificação dos frutos, qualidade dos frutos e matéria seca do tomateiro.

2.1. Crescimento das plantas

Para monitorar o desenvolvimento das plantas, diariamente, foi mensurado o tempo de florescimento e, quinzenalmente, a altura das plantas, diâmetro da haste, número de folhas totalmente expandidas e área foliar.

O tempo de florescimento, para cada racimo, foi determinado computando-se o número de dias transcorridos desde o transplântio das mudas até o aparecimento de pelo menos uma flor aberta em cada racimo da planta.

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

2.2. Desenvolvimento das plantas

O desenvolvimento das plantas foi acompanhado pela realização de medições de nutrientes nas folhas, potencial hídrico na folha no período antemanhã e taxa fotossintética.

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

As medições do potencial hídrico na folha e taxa fotossintética foram realizadas nos períodos de enchimentos do primeiro (44 DAT) e sexto racimos (77 DAT) e fase final do ciclo (112 DAT) do tomateiro, em folíolos da última folha totalmente expandida, por meio de uma câmara de Scholander e de um IRGA (ADC BioScientific LCpro+), respectivamente.

2.3. Produção e classificação dos frutos

As colheitas foram iniciadas aos 54 DAT e realizadas semanalmente, sendo os frutos colhidos no estágio completamente maduro, quando apresentavam 100% da superfície com coloração vermelha intensa. Após a colheita, os frutos foram pesados e classificados, conforme BRASIL (1995), obtendo-se a produção total e comercial.

A produção total refere-se ao somatório da massa de frutos colhidos em todas as colheitas, independente da presença de defeitos ou do tamanho. Na produção comercial, desconsideraram-se os frutos com defeitos e frutos com diâmetro transversal menor que 0,05 m. Para a avaliação do tamanho dos frutos, mediu-se o diâmetro de todos os frutos colhidos, e o diâmetro de cada fruto correspondeu à média de duas leituras perpendiculares entre si, efetuadas na região central do fruto onde ocorre o maior diâmetro.

2.4. Qualidade dos frutos

A análise da qualidade dos frutos foi realizada por ocasião das colheitas, determinando-se os sólidos solúveis totais, acidez total titulável, ácido ascórbico, pH, “sabor” e concentração de nutrientes (N, N-NO³⁻, P e K).

Os sólidos solúveis totais foram determinados utilizando-se um refratômetro digital (Quimis Q-107D147) e os resultados corrigidos para 20°C (BRASIL, 2005). A determinação da acidez titulável, do teor de ácido ascórbico e o do pH foi realizada no Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, de acordo com as técnicas descritas por BRASIL (2005). O “sabor” foi determinado pela relação sólidos solúveis totais/acidez titulável, proposta por Kader et al. (1978). A concentração de nutrientes foi realizada no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Solos da UFV, segundo metodologia proposta por EMBRAPA (1999).

Os padrões e critérios para análise do aspecto sanitário seguiram a legislação vigente para hortaliças (BRASIL, 2001), já que não existe padrão para o tomate. Foram analisadas as concentrações de coliformes totais e termotolerantes, realizadas no Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, e de *Salmonella* sp, realizada no Laboratório de Microbiologia, do Departamento de Biologia Animal da UFV.

2.5. Matéria Seca

Ao final do período produtivo, as plantas foram colhidas e separadas em folhas e haste mais cachos, tomando-se a massa verde e seca de cada componente. As produções de matéria seca de folhas (MSF) e hastes mais cachos (MSHC) foram avaliadas, bem como as suas respectivas porcentagens (PMSF e PMSHC). A MSHC compreendeu a análise da matéria seca da haste da planta mais a matéria seca dos cachos onde os frutos eram produzidos, uma vez que apenas os frutos eram retirados nas colheitas, permanecendo os cachos na planta.

Para a determinação da produção de matéria seca da planta, os componentes avaliados foram secos em estufa de ventilação forçada a 60°C até atingirem massa constante.

2.6. Análise estatística

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas as variáveis avaliadas, em delineamento inteiramente casualizado.

Para análises dos parâmetros de crescimento, foram realizadas 12 leituras, em todas as plantas cultivadas, em nove períodos de avaliações. Nos parâmetros de desenvolvimento, foram realizadas sete leituras do potencial de água na folha no período antemanhã, 15 leituras da taxa fotossintética, sendo cinco consecutivas numa mesma planta por lisímetro, e três leituras do estado nutricional das folhas, sendo esta realizada por amostragem composta do lisímetro, em três períodos de avaliações. Na avaliação da produção e classificação foram analisados todos os frutos de cada tomateiro, enquanto para análise de qualidade, foram realizadas três avaliações, correspondendo a amostragens compostas dos frutos, por lisímetro. Na determinação da matéria seca, foram avaliadas todas as plantas do lisímetro.

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de médias e análise de regressão. Na análise de variância, empregou-se o teste F num nível de até 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As equações de regressão foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, aplicando-se o teste t a um nível de até 15%, no coeficiente de determinação e no processo em estudo. As análises estatísticas foram realizadas, empregando-se o software SAEG 7.1 (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Observações meteorológicas

As condições climáticas ocorrentes durante o período experimental revestiram-se de importância para auxiliar nas análises dos resultados, pois as respostas morfofisiológicas das culturas dependem dessas condições. Os dados diários de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar incidente foram registrados durante o ciclo da cultura, no período compreendido entre o transplântio e o final do ciclo da cultura do tomateiro (Figuras 1 A, B e C).

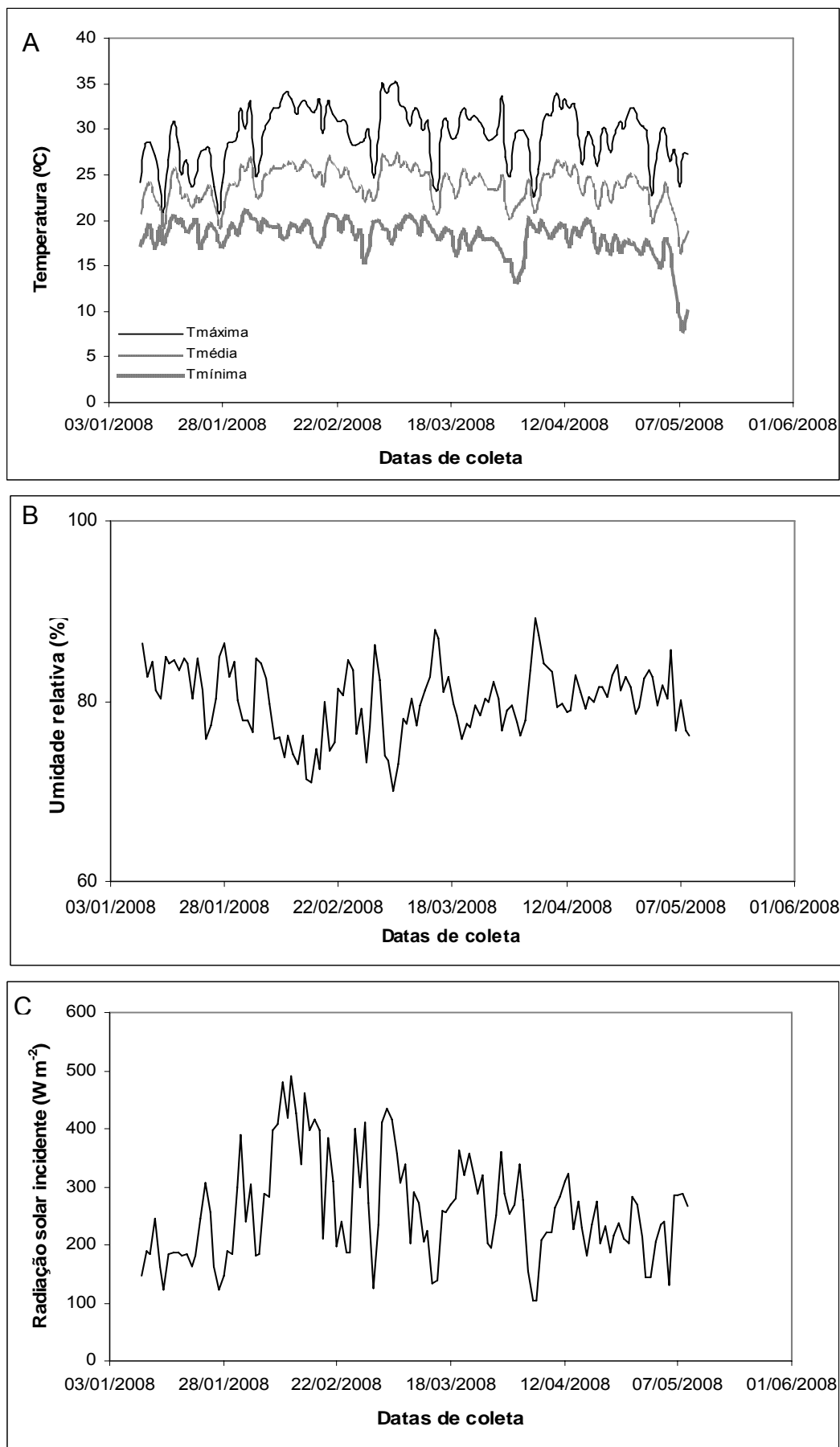


Figura 1 – Valores médios diários de temperatura (A), umidade relativa do ar (B) e radiação solar incidente (C), registrados no período de 09 de janeiro a 07 de maio de 2008.

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

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

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

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

3.2. Crescimento das plantas

3.2.1. Tempo de florescimento

As plantas foram conduzidas de modo a apresentar seis racimos por planta. Verifica-se que o tempo de florescimento apresentou pouca variação e não foi influenciado pela aplicação de ARSF, independentemente da complementação da adubação (Quadro 1).

Quadro 1 – Tempo médio de florescimento (dias) para cada racimo do tomateiro nos diferentes tratamentos avaliados

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

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

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

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

Na Figura 2 estão apresentadas as curvas ajustadas das variáveis relacionadas ao crescimento em função do tempo, para os diferentes tratamentos avaliados, estando os testes de médias apresentados no Apêndice 2.

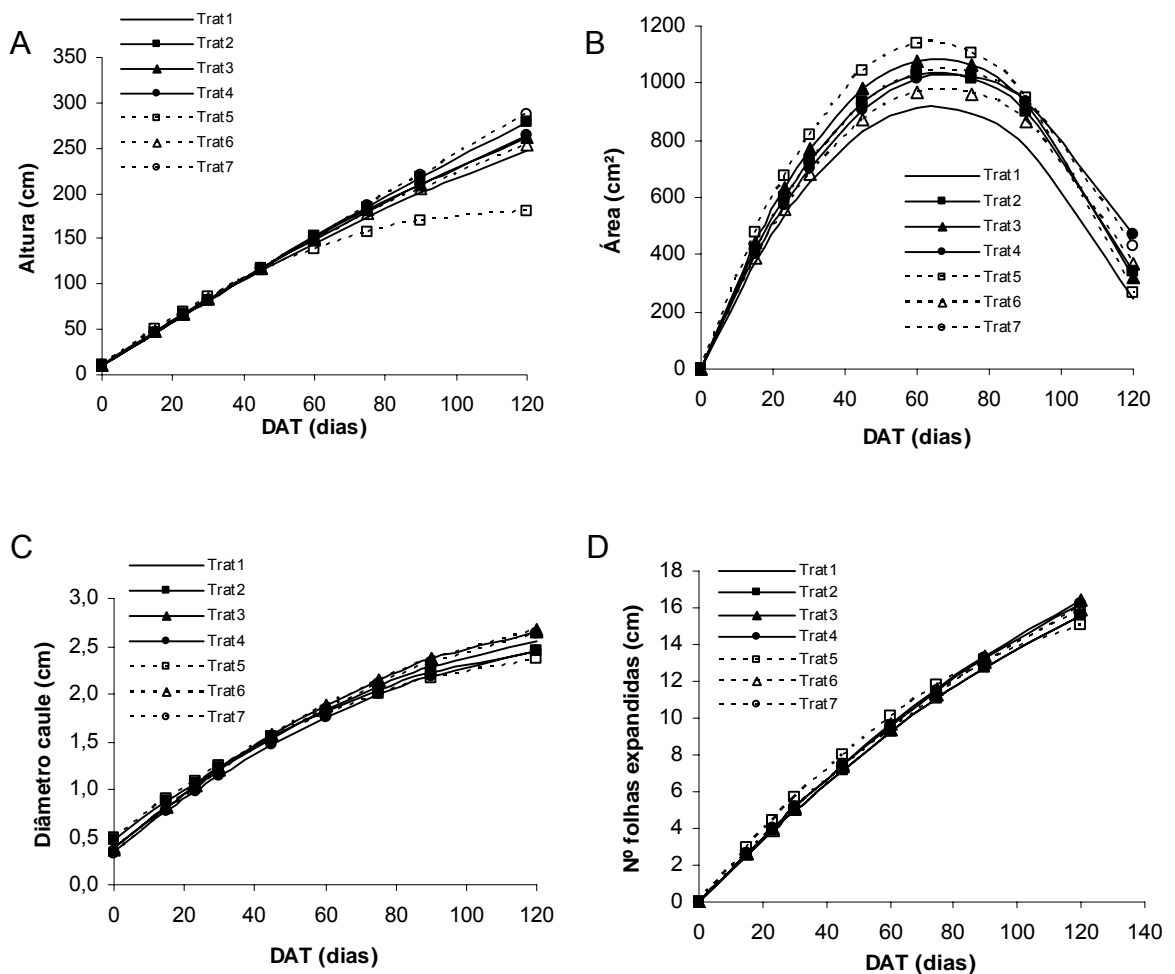


Figura 2 – Altura (A), área foliar (B), diâmetro do caule (C) e número de folhas totalmente expandidas (D) em função do tempo (DAT), nos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados.

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

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

O nitrogênio geralmente promove aumento no vigor da planta (ADAMS, 1978; PAPADOPOULOS, 1991), o qual está associado à altura da planta e ao diâmetro da haste (NAVARRETE et al., 1997). No entanto, de forma semelhante ao que foi observado por Blanco (2004), no presente trabalho não

se observou efeito significativo das lâminas de ARSF sobre esta variável, possivelmente devido à maior absorção deste elemento pelos frutos quando se aplicou maiores lâminas de ARSF.

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

Conforme discutido no Capítulo I, incrementos nas lâminas de ARSF proporcionaram aumentos na salinidade do solo, sendo a adubação química mais efetiva na salinização do solo. Segundo Ehret e Ho (1986), Blanco (2004) e Maggio et al. (2004), condições mais salinas contribuem para redução do consumo de água, reduzindo a área foliar. Assim, menor área foliar foi obtida nas plantas submetidas ao tratamento 1. Com a supressão da aplicação de ARSF, aos 68 DAT, e da adubação química, aos 90 DAT, os solos submetidos aos diferentes tratamentos não apresentaram diferenças significativas, relativamente à salinidade, contribuindo para as plantas das parcelas experimentais apresentassem, estatisticamente, mesma área foliar.

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

3.3. Desenvolvimento das plantas

3.3.1. Acúmulo de nutrientes nas folhas

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

A concentração de nutrientes nas folhas não foi significativamente diferente, ao longo das avaliações realizadas, nas plantas submetidas aos diferentes tratamentos. No Quadro 2 estão apresentados os valores médios da concentração de nutrientes nas folhas e o resultado dos testes de médias entre tratamentos.

Quadro 2 – Concentrações médias de nutrientes nas folhas e resultado dos testes de médias entre tratamentos

| Nutrientes | Tratamentos | | | | | | |
|------------|-------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| N | 4,33A | 4,14A | 4,10A | 4,26A | 4,12A | 4,09A | 4,22A |
| P | 0,40A | 0,28A | 0,25A | 0,26A | 0,38A | 0,33A | 0,32A |
| K | 2,60AB | 2,30CD | 2,21D | 2,55ABC | 2,71A | 2,58AB | 2,43BCD |
| Ca | 2,06E | 2,60D | 3,14AB | 2,75CD | 3,34A | 2,61D | 2,94BC |
| Mg | 0,41A | 0,60A | 0,59A | 0,60A | 0,51A | 0,54A | 0,58A |
| S | 0,98A | 0,62B | 0,67B | 0,70B | 0,67B | 0,71AB | 0,85AB |
| B | 97,50A | 69,50F | 75,13D | 83,30C | 71,00E | 81,93C | 93,67B |
| Cu | 12,64A | 13,73A | 12,94A | 17,24A | 16,19A | 13,05A | 14,19A |
| Mn | 316,07G | 323,40F | 343,37D | 404,70B | 326,37E | 354,80C | 431,10A |
| Fe | 161,50A | 142,60F | 147,03E | 154,40D | 156,37C | 156,97BC | 158,10B |
| Zn | 33,90D | 26,27F | 31,80E | 36,07BC | 34,77CD | 36,90B | 43,87A |

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

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

No Quadro 3 estão apresentados os intervalos de níveis adequados de nutrientes, obtidos em análise foliar de tomateiro, conforme os autores citados. Baseando-se nestes valores, verifica-se a aplicação de ARSF, mesmo sem complementação da adubação, supriu adequadamente as necessidades nutricionais do tomateiro. Assim, se a menor dose de ARSF foi satisfatória, em termos de nutrição das plantas, ela deve ser recomendada, já que sob o ponto de vista ambiental é a mais segura. Entretanto, na definição da dose de ARSF mais adequada, a produtividade da cultura também deve ser considerada.

Quadro 3 - Níveis adequados de nutrientes obtidos em análise foliar de tomateiro

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

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

3.3.2. Potencial de água na folha

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

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

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

No Quadro 4 estão apresentados o potencial de água na folha no período antemanhã, em diferentes períodos de avaliação. Observa-se que as diferentes lâminas de ARSF, independentemente de haver complementação da adubação ou não, não alteraram significativamente o potencial de água na folha em relação ao que foi medido nas plantas submetidas ao tratamento testemunha.

Quadro 4 – Valores médios do potencial de água na folha no período antemanhã (kPa), em diferentes períodos de cultivo do tomateiro, submetidas aos diferentes tratamentos avaliados

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

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

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

Diversos autores têm relatado diminuição do potencial de água na folha com aumento da salinidade do solo (MAGGIO et al., 2004; GAVAD et al., 2005; HANSON et al., 2006; WAN et al., 2007). Assim, verifica-se que o aporte contínuo de ARSF e da adubação, embora não tenham sido identificadas diferenças significativas entre os tratamentos, resultaram na diminuição do potencial de água na folha do tomateiro com o tempo de cultivo, conforme avaliação feita aos 77 DAT. Finalizada as aplicações de ARSF, aos 68 DAT, e da adubação, aos 90 DAT, observou-se elevação no valor do potencial de água na folha, conforme avaliação realizada aos 112 DAT, acompanhado, desta forma, o comportamento da salinidade do solo, conforme apresentado no capítulo I.

3.3.3. Fotossíntese

Não foram observados efeitos das diferentes lâminas de ARSF sobre a fotossíntese, condutância estomática e transpiração, quando se compara os valores obtidos nas plantas que receberam água residuária com as do tratamento testemunha (Quadro 5). Apenas na primeira medição realizada, a taxa fotossintética e a condutância estomatal dos tomateiros submetidos ao tratamento testemunha foi superior às plantas submetidas aos tratamentos que receberam ARSF, contudo apresentaram igual transpiração.

Quadro 5 – Valores médios da taxa fotossintética (A), condutância estomatal (G), e transpiração (E), e respectivos testes de médias, em diferentes tempos, nos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados

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

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

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

Conforme Taiz e Zeiger (1991), os principais fatores ambientais que afetam a fotossíntese são: luz, CO₂ e temperatura, além da disponibilidade de água e de nutrientes, cujos efeitos são mais indiretos sobre o processo. Assim, como as plantas de todos os tratamentos estavam submetidas às mesmas

condições ambientais e não houve déficit hídrico, em virtude do turno de rega diário, sendo, ao que tudo indica, a disponibilidade nutricional, a variável de maior referência na taxa fotossintética. Como não houve deficiências nutricionais nas folhas das plantas submetidas aos diferentes tratamentos, a maior taxa fotossintética observada nas condições iniciais pode ter sido decorrente da adição de nutrientes via adubação, que os colocaram mais prontamente disponíveis às plantas submetidas ao tratamento testemunha.

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

3.4. Produção e classificação dos frutos

No Quadro 6 estão apresentadas as variáveis relacionadas à produtividade e classificação dos frutos dos tomateiros submetidos aos diferentes tratamentos avaliados.

Verifica-se que, à exceção dos tratamentos 2 e 5, em virtude dos sintomas de virose, a aplicação de ARSF proporcionou maiores produtividades de frutos em relação ao tratamento testemunha, sendo as plantas submetidas aos tratamentos 4, 6 e 7, as mais produtivas. Pode-se observar, ainda, ocorrência de incrementos na produtividade com aumento da lâmina de ARSF, exceto quando se fez complementação da adubação. Segundo Lopes (1998), um dos problemas na adubação das culturas é uso não balanceado do nitrogênio e do potássio e, ao se aumentar as doses de nitrogênio sem serem balanceadas com potássio e outros nutrientes, as produções podem ser reduzidas.

Quadro 6 – Produtividade total de frutos sadios e comercial, relação diâmetro transversal/longitudinal e porcentagem de frutos por classes

| TRAT | Características | | | | | | | | | |
|------|-----------------|--------|--------|-------|--------|---------|-------|---------|---------|--------|
| | PT | PSD | PCO | DTL | PS | PC | PGI | PG | PM | PP |
| 1 | 47,09C | 44,53B | 38,64C | 1,30A | 94,55B | 82,05D | 0,07A | 17,54B | 34,71E | 47,75B |
| 2 | 38,28E | 37,27C | 34,34D | 1,26A | 97,35A | 89,71C | 0,07A | 3,65D | 45,42B | 50,56A |
| 3 | 65,34B | 65,16A | 60,79B | 1,73A | 99,73A | 93,03B | 0,64A | 20,77A | 40,99CD | 37,59C |
| 4 | 66,91A | 65,99A | 64,40A | 1,19A | 98,63A | 96,15A | 0,07A | 20,09AB | 52,50A | 27,29E |
| 5 | 42,81D | 37,86C | 32,44D | 1,33A | 88,44C | 75,76E | 0,07A | 9,92C | 39,12D | 50,87A |
| 6 | 66,89A | 66,54A | 61,72B | 1,25A | 99,48A | 92,27BC | 1,12A | 17,60B | 42,15C | 39,13C |
| 7 | 66,98A | 66,82A | 65,00A | 1,26A | 99,75A | 97,14A | 0,07A | 22,78A | 46,58B | 30,51D |

*Sendo: PT - produção total, t ha⁻¹; PSD - produção de frutos sadios, t ha⁻¹; PCO - produção comercial, t ha⁻¹; DTL - relação entre diâmetro transversal e longitudinal, adimensional; PS - porcentagem de frutos sadios, %; PC - porcentagem de frutos comerciais, %; PGI - porcentagem de frutos gigantes, %; PG - porcentagem de frutos grandes, %; PM - porcentagem de frutos médios, %; PP - porcentagem de frutos pequenos, %.

As maiores reduções na produção comercial em relação à produção total de frutos foram observados nas plantas submetidas aos tratamentos 1, 2 e 5, com reduções 17,05; 10,29; e 24,25%, respectivamente. As causas da desclassificação dos frutos da categoria comercial foram associadas a podridão estilar e lóculos abertos (4,45; 2,62 e 11,56%), e diâmetro não comercial (12,69, 7,67 e 12,60%), obtidos, respectivamente, na plantas submetidas aos tratamentos 1,2 e 5.

Durante a fase de florescimento, ocorreram temperaturas do ar superiores a 30°C e umidade relativa elevada, causando grande quantidade de abortamento floral (GEISENBERG e STEWART, 1986; SILVA e GIORDANO, 2000; MOREIRA, 2002; GUIMARÃES et al., 2007) que, associado a níveis de salinidade do solo superiores a 2,5 dS m⁻¹ (AYERES e WESTCOT, 1999), foram responsáveis pela baixa produtividade de frutos, quando comparada à 137,6 t ha⁻¹, obtida por Gualberto et al. (2007), para a mesma cultivar. Todavia, os valores se encontram próximos à media de produtividade nacional, que é de 62 t ha⁻¹ (AGRIANUAL, 2009).

Observa-se que, nas plantas submetidas aos tratamentos 1, 2 e 5, a maior porcentagem de frutos ocorreu na classe pequeno (diâmetro transversal maior entre 50 a 65 mm), enquanto nas plantas submetidas aos demais tratamentos, a maior porcentagem foi classificada como médio (diâmetro transversal maior entre 65 a 80 mm), não sendo observadas variações

significativas no número de frutos gigantes (diâmetro transversal maior que 100 mm).

Gualberto et al. (2007), estudando o desempenho de diferentes cultivares obteve, para a cultivar Fanny, a relação diâmetro transversal/longitudinal médio de 1,36, valor este próximo aos encontrados neste trabalho.

Blanco (2004) observou redução no tamanho dos frutos de tomate com incremento de salinidade, em decorrência do aporte de nitrogênio, principalmente quando o tomateiro era exposto por maiores períodos de tempo à salinidade do meio. Provavelmente, devido à lixiviação dos sais proporcionada pela aplicação de água de irrigação depois de finalizada a aplicação de ARSF, tenha contribuído para não ocorrência deste efeito.

Observa-se que a aplicação de ARSF fornecendo quantidade igual ou maior que 150% da recomendação de nitrogênio para a cultura proporcionou aumento na produção de tomate, em comparação à obtida nas plantas submetidas ao tratamento testemunha. Trabalhos têm demonstrado aumento de produtividade do tomateiro com o aumento da dose de nitrogênio aplicada (ADAMS et al., 1978; WINSOR e ADAMS, 1987; FERREIRA et al., 2003), embora a ausência de resposta a este nutriente também tenha sido verificada (PILL et al., 1978; BOJÓRQUEZ et al., 2001).

Considerando-se redução de custos de produção e aspectos ambientais, o tratamento 4, por receber apenas ARSF na maior lâmina estudada e apresentar a maior porcentagem de frutos na classe média, destaca-se como a melhor alternativa de manejo da cultura. Porém, a aplicação de ARSF na dose de 150% das necessidades de nitrogênio parece ser suficiente para a obtenção de boas produtividades. Assim, tomando-se o conjunto de variáveis de qualidade e de produtividade, pode-se considerar que a aplicação de 150% das necessidades de nitrogênio da cultura com aplicação de ARSF passa a ser uma recomendação técnica e ambientalmente mais adequada.

3.5. Qualidade dos frutos

No Quadro 7 estão apresentadas as características físicas, químicas e sanitárias dos frutos de tomate em relação aos diferentes tratamentos avaliados.

Quadro 7 – Características físicas, químicas e sanitárias dos frutos de tomate produzidos segundo os diferentes tratamentos avaliados

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

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

*Sendo: pH - potencial hidrogeniônico; SS - sólidos solúveis, °Brix; AT - acidez titulável, % de ácido cítrico; SB - "sabor"; PM - peso médio, g; AA - ácido ascórbico, mg 100g⁻¹; PM - peso médio, g; Na - sódio, mg 100g⁻¹; P - fósforo, mg 100g⁻¹; N - nitrogênio, dag kg⁻¹; N-NO₃ - nitrato, mg kg⁻¹; K - potássio, dag kg⁻¹; CT - coliformes totais, NMP 25g⁻¹; CF - coliformes termotolerantes, NMP 25g⁻¹; SM - *salmonella* sp., UFC g⁻¹, NMP - número mais provável; Aus -ausente.

Os valores de pH dos frutos produzidos em todas as parcelas experimentais estão na faixa encontrada por Stevens e Rick (1986) e Alvarenga (2004), que relataram valores entre 4,2 a 4,8 para diferentes cultivares. Segundo Jones Júnior (1999) e Carvalho (1980), não existem padrões de pH para tomate de mesa, enquanto aqueles destinados ao processamento industrial deve estar entre 4,0 e 4,5, para inibir o crescimento de microrganismos nocivos à conservação do produto. Conforme Gould (1974) e Pazinato e Galhardo (1997), os frutos produzidos nos tratamentos 1, 6 e 7 podem ser considerados ácidos, por apresentarem pH abaixo de 4,5.

Verificou-se que os frutos produzidos nas parcelas que receberam ARSF apresentaram valores de pH superiores aos dos frutos produzidos na parcela testemunha, todavia, não se observou influência das doses de ARSF no valor do pH. Pandey et al. (1998), Singh (2003), Warner et al. (2004), Macedo e Alvarenga (2004) e Ferreira et al. (2006) também não encontraram variação do pH com o aumento da taxa de fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo, enquanto May e Gonzales (1994) constataram que doses altas de nitrogênio proporcionaram redução nos valores de pH dos frutos.

A porcentagem de sólidos solúveis, que é representada pelo °Brix, inclui os açúcares e os ácidos e tem influência sobre o rendimento industrial. Quanto maior o teor de sólidos solúveis, maior é o rendimento quando se trata de tomate industrial e menor gasto de energia no processo de concentração de polpa. Em termos práticos, para cada grau °Brix de aumento na matéria-prima há um incremento de 20% no rendimento industrial (SILVA e GIORDANO, 2000).

Os sólidos solúveis nos frutos produzidos nas parcelas experimentais que receberam ARS foram inferiores aos obtidos nos frutos produzidos na parcela testemunha, não havendo diferença entre os tratamentos que receberam diferentes lâminas de ARSF. Wight et al. (1962), Pandey et al. (1998), Singh (2003), Warner et al. (2004) e Ferreira et al. (2006), também não encontraram variação dos sólidos solúveis com o aumento da taxa de fertilizantes nitrogenados aplicados no solo. Por outro lado, Anaç et al. (1994) e Valencia et al. (2003) verificaram aumento da concentração de sólidos solúveis em frutos de tomate com o aumento na quantidade de fertilizante nitrogenado, enquanto Ravinder-Singh et al. (2001) e Duraisami e Mani (2002) verificaram efeito inverso, ou seja, diminuição do valor dessa variável com o aumento da taxa de nitrogênio no solo.

A maioria das cultivares de tomateiro produz frutos que contêm °Brix variando de 5,0 a 7,0 (FERREIRA et al., 2006). Para Mencarellil e Salveit Jr. (1988), frutos de alta qualidade devem possuir °Brix superior a 3%, enquanto Morgan (1997), sugere valores acima de 5%.

O nitrogênio desempenha importante papel na biossíntese de açúcares nas folhas, os quais podem ser translocados para os frutos, aumentando a concentração de sólidos solúveis (FERREIRA et al., 2006). Como houve resposta da produção total de frutos ao incremento das doses de nitrogênio,

possivelmente os açúcares produzidos nas folhas tenham sido destinados para o aumento na massa e no número de frutos por planta, conforme constatações feitas por Ferreira et al. (2003).

A acidez titulável é um importante parâmetro na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Geralmente, o processo de decomposição do alimento, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, altera quase sempre a concentração de íons de hidrogênio (BRASIL, 2005) e, conseqüentemente a sua acidez (SILVA e GIORDANO, 2000). Segundo Giordano et al. (2000), frutos contendo concentrações de ácidos totais tituláveis abaixo de $0,35\text{g } 100\text{g}^{-1}$ da massa fresca requerem maior tempo e temperatura extra para serem processados, resultando em maior custo de produção.

Verificou-se que acidez titulável não foi alterada com aumento na dose de nitrogênio, concordando com as observações feitas por Pandey et al. (1998), Durasaimi e Mani (2002), Oberly et al. (2002), Warner et al. (2004) e Ferreira et al. (2006).

Os valores de acidez estão na faixa determinada por Stevens e Rick (1986), que relataram valores de porcentagem de ácido cítrico variando de 0,40 a 0,91 % para diferentes cultivares de tomate, e Loures (2001), que obtiveram valores de 0,46 e 0,49%, para o híbrido Carmen cultivados em estufa e em campo, respectivamente.

Conhecendo-se o teor de sólidos solúveis totais e de acidez titulável pode-se estabelecer a relação SS/AT, que é um indicativo do “sabor” dos frutos (KADER et al., 1978). Alto valor na relação indica uma excelente combinação de açúcar e ácido que se correlacionam com sabor suave, enquanto que valores baixos, com sabor ácido (ZAMBRANO et al., 1996).

De acordo com Kader et al. (1978) e Mencarelli e Saltveit Jr. (1988), o fruto é considerado de excelente “sabor” quando apresenta relação sólidos solúveis totais/acidez titulável, superior a 10. Assim, todos os tratamentos avaliados apresentaram valores superiores a 10 para a relação mencionada, estando, portanto, adequados ao consumo “in natura”, apresentando excelente sabor.

Com base nos resultados apresentados, observou-se que os frutos de tomate produzidos pelas plantas submetidas ao tratamento testemunha apresentaram tendência a maior acidez (menor pH e maior acidez titulável), característica negativa para o produto, pois fruto que se revela excessivamente

ácido é rejeitado para o consumo, principalmente pela população brasileira, cujo hábito, parece priorizar o consumo de alimentos não ácidos.

Os teores de ácido ascórbico dos frutos de tomate avaliados no presente trabalho estão de acordo com os dados apresentados por Davies e Hobson (1981) e Caliman (2003), que relataram teores de ácido ascórbico variando entre 15 e 22 mg 100 g⁻¹ de fruto fresco, considerando cultivo protegido de diferentes genótipos. Observa-se que as aplicações de ARSF proporcionaram maiores teores de ácido ascórbico nos frutos do tomateiro.

Incrementos nas lâminas de ARSF resultaram em maiores concentrações de sódio no fruto. Todavia, apenas quando se aplicou 200% de nitrogênio, via ARSF, a concentração foi superior à verificada nos frutos produzidos com o tratamento testemunha. Blanco (2004) e Campos et al., (2006), também obtiveram incrementos na concentração de sódio com aumento da salinidade da água de irrigação.

Os valores de fósforo estão de acordo com os valores apresentados por Alvarenga (2004), que relatam valores entre 17,37 a 43 mg 100 g⁻¹ de fruto fresco, e Borguini (2002), que obteve valores de 21,88 e 23,36 mg 100 g⁻¹ para as cultivares Débora e Carmen, respectivamente. Torna-se importante ressaltar que os frutos obtidos no tratamento testemunha apresentaram valores superiores aos obtidos nos frutos dos tratamentos que receberam ARSF.

Os teores de potássio dos frutos analisados variaram 3,18 a 4,04 dag kg⁻¹ da matéria seca, valores próximos aos mencionados por Ho e Hewitt (1986), Caliman (2003) e Blanco (2004). Verifica-se que os tratamentos que receberam ARSF apresentaram teores de potássio superiores aos obtidos nos frutos produzidos no tratamento testemunha, ocorrendo incrementos com aumento das lâminas aplicadas e complementação da adubação. Entretanto, Blanco (2004) não obteve efeito significativo do incremento de nitrogênio no aumento do potássio no fruto.

Dentre os compostos nitrogenados, os nitratos e nitritos são os mais perigosos em termos ambientais e para a saúde humana e animal. Em excesso, o nitrato, que é uma das formas de nitrogênio absorvido, armazena-se nos vacúolos das células dos talos e folhas das plantas, podendo contribuir para o surgimento de distúrbios no homem, visto que a quantidade excessiva de nitrato na dieta, com sua posterior conversão a nitrito, pode causar danos ao organismo. Entre outros, a alteração metabólica conhecida como

metahemoglobinemia, que leva a deficiência na absorção e transporte de oxigênio no sangue (AFSSA, 2003; BORGUINI, 2002).

Outro aspecto toxicológico da ingestão de nitrato é a formação de composto N-nitroso, decorrente da reação do nitrato com aminas e amidas, podendo originar nitrosaminas que são agentes carcinogênicos e, provavelmente, teratogênicos (AFSSA, 2003; BORGUINI, 2002). Segundo Toyohara (1989), a ingestão diária aceitável de nitrato para o homem é de 5 mg kg⁻¹ de peso corporal.

Os valores dos nitratos foram inferiores àqueles determinados por Lisiewska e Kmiecik (2000) (32 mg kg⁻¹), para a cultivar Micra RS no estágio vermelho de maturação, ou os 20 mg kg⁻¹, obtido por Lyons et al. (1994). Por outro lado, Ferreira et al. (2006) obtiveram valores de nitrato de 1,7 a 2,82 mg kg⁻¹ para os cultivares Raisa e Santa Clara, sendo menores os valores quando as plantas foram cultivadas organicamente. Apenas os frutos produzidos nas plantas submetidas aos tratamentos 2 e 5 apresentaram valores de nitrato superiores aos obtidos nos frutos produzidos no tratamento testemunha, possivelmente, devido a distúrbios fisiológicos advindos do sintoma de virose, apresentadas pelo tomateiros cultivados nestes lisímetros.

Ferreira et al. (2006) observaram incrementos no teor de nitrogênio com aumento das lâminas de ARS, que variaram de 1,66 a 2,09 dag kg⁻¹. Todavia, Blanco (2004) e Bojórquez et al. (2001) não observaram efeito significativo das doses de nitrogênio no teor de nitrogênio no fruto, cujo valor médio foi de 3,2 dag kg⁻¹.

Quanto aos critérios microbiológicos, está em vigor a Resolução nº12/01 que não estabelece padrões microbiológicos específicos para tomate de mesa *in natura*, no entanto, para comparação, pode ser adotado o padrão de hortaliças, que prevê ausência de *salmonella* sp em 25 gramas e até 10² g⁻¹ para coliformes termotolerantes, após ter sido a amostra incubada a 45 °C (BRASIL, 2001).

No Quadro 7, observa-se que, em todos os tratamentos, os frutos apresentaram condições satisfatórias para o consumo, com ausência de coliformes termotolerantes e *salmonella* sp, exigidos pela norma. A contagem de coliformes totais esteve abaixo do que é estabelecido pela legislação vigente para coliformes termotolerantes, o que é mais um indicativo de alto padrão sanitário do produto.

Verificou-se que a contagem de coliformes totais foi influenciada pela proximidade dos frutos em relação ao reservatório de ARSF e não pelas lâminas aplicadas. Dessa forma, mesmo sem receber ARSF, os frutos produzidos nas parcelas submetidas ao tratamento testemunha apresentaram maior contagem de coliformes termotolerantes, enquanto às produzidas com tratamento 7, por estar na parte mais interna da casa de vegetação, apresentaram menor valor. Na outra extremidade, os frutos produzidos nas parcelas submetidas ao tratamento 5, por estar mais distanciados do reservatório, porém, relativamente próximos do sistema de tratamento de ARSF, apresentaram o segundo maior valor, que, também decresceu a medida que se deslocava para a parte mais interna da casa de vegetação.

Al-Lahhan et al. (2003), estudando efeitos da aplicação de esgoto urbano tratado, em tomateiros, via gotejamento, também obteve produção de frutos saudáveis, com coliformes totais e termotolerantes de 160 e 3 NMP g⁻¹, respectivamente. Sandri (2003) também conseguiu produzir alface com condições sanitárias adequadas, quando utilizou esgoto urbano tratado, aplicado via gotejamento. Porém, Baumgartner et al. (2007) não obteve o mesmo êxito ao utilizar ARSF, via gotejamento, na produção de alface.

O perfil microbiológico de alimentos vegetais depende de diversos fatores que vão desde as etapas de produção primária até o seu preparo para o consumo final (BRACKETT, 1987). O solo parece ser o responsável pela maioria das contaminações, seguido da utilização de água não tratada para irrigação e condições impróprias de lavagem e estocagem (ODUMERU et al., 1997).

Palú et al. (2002), em estudo de avaliação microbiológica de frutas e hortaliças frescas, servidas em restaurantes *self-service*, encontraram 80,0% das amostras de hortaliças analisadas em condições insatisfatórias. Takayanagui et al. (2007), avaliando a contaminação de hortas em Ribeirão Preto - SP, verificou contaminação em 40,9% das 88 hortas produtivas, sendo que das 103 águas de irrigação analisadas, 15,5% estavam em desacordo com a legislação em vigor.

Oron et al. (1991) observaram que o gotejamento é o método que proporciona o menor índice de contaminação do produto vegetal. Sandri (2003) verificou que aplicação de esgoto urbano tratado por gotejamento subsuperficial e superficial não contaminaram as folhas de alface, o mesmo

não ocorrendo quando se utilizou irrigação por aspersão. Segundo Armon et al. (1994), a irrigação por aspersão aumenta os efeitos contaminantes nas culturas devido ao grande contato entre o efluente e o vegetal.

3.6. Matéria seca

No Quadro 8 estão apresentados os valores médios de matéria seca, porcentagens de matéria seca nas folhas e no caule, e os resultados do teste de médias, obtidas nas plantas submetidas a cada tratamento avaliado.

Os valores de matéria seca dos tomateiros estão próximos ao observados por Novo et al. (2004) e Ribeiro (2004) para diferentes cultivares de tomateiro. Verifica-se que as diferentes lâminas de ARSF aplicadas, apesar de não proporcionarem nutrição diferencial das plantas, foram suficientes para suprir as necessidades para a formação de matéria seca igual à obtida nas plantas submetidas ao tratamento testemunha.

Blanco (2004), avaliando a influência da salinidade devido à adição de nitrogênio, também não observou respostas da matéria seca total às doses aplicadas. Segundo a AFSSA (2003), tomates cultivados nos sistemas convencional e orgânico não apresentaram diferença significativa na produção de matéria seca.

Quadro 8 - Valores médios de matéria seca na planta (MS) e porcentagens de matéria seca nas folhas (PF) e no caule (PC) do tomateiro

| TRAT | características | | |
|------|-----------------|---------|---------|
| | MS (g) | PF (%) | PC (%) |
| 1 | 505,19B | 16,49CD | 17,80F |
| 2 | 586,73B | 17,48CD | 25,49B |
| 3 | 529,64B | 19,36A | 25,25BC |
| 4 | 573,74B | 17,64C | 22,68D |
| 5 | 544,29B | 16,25D | 20,73E |
| 6 | 784,24A | 18,80AB | 24,85C |
| 7 | 661,22AB | 16,68CD | 28,74A |

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

4. CONCLUSÕES

Para as condições do experimento e de acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que:

- Não houve diferença significativa no tempo de florescimento dos racimos, diâmetro do caule e número de folhas expandidas nos diferentes tratamentos avaliados;
- As plantas submetidas aos tratamentos com água residuária de suinocultura filtrada (ARSF) apresentaram área foliar superior às obtidas nas plantas do tratamento testemunha, sendo que a aplicação de 200% da dose de nitrogênio recomendada e adubação complementar, proporcionou maior crescimento aos tomateiros;
- As análises foliares comprovaram que ARSF supriu, em quaisquer lâminas aplicadas, as necessidades nutricionais do tomateiro;
- A aplicação de ARSF não proporcionou diferenças no potencial de água na folha, taxa fotossintética, condutância estomática e respiração do tomateiro;
- Os tratamentos 4 (fertirrigação com ARSF fornecendo 200% da dose de nitrogênio recomendada para o tomate), 6 (fertirrigação com ARSF fornecendo 150% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro e adubação complementar) e 7 (fertirrigação com ARSF fornecendo 200% da dose de nitrogênio recomendada para o tomateiro e adubação complementar) proporcionaram as maiores produtividades e, tendo-se em vista aspectos ambientais e de custo de produção, o tratamento 4 destaca-se como a melhor alternativa de manejo da cultura. No entanto, tomando-se o conjunto de variáveis de qualidade e de produtividade, pode-se considerar que a aplicação de 150% das necessidades de nitrogênio da cultura com aplicação de ARSF passa a ser uma recomendação técnica e ambientalmente mais adequada;
- A aplicação de ARSF não alterou as características dos frutos do tomateiro com relação aos valores recomendados na literatura e resultou em frutos “saborosos” e saudáveis do ponto de vista sanitário.

5. REFERÊNCIAS

ADAMS, P.; GRAVES, C. J.; WINSOR, G.W. Tomato yields in relations to the nitrogen, potassium and magnesium status of the plants and of the peat substrate. **Plant and Soil**, v.49, n.1, 1978, p.137-148.

AFSSA - AGENCE FRANÇAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS. **Evaluation nutritionnelle et sanitaire des alimentis issus de l'agriculture biologique**. Republique Française. Juillet, 2003.

AL-LAHHAM, O.; EL ASSI, N. M.; FAYYAD, M. Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit. **Agricultural Water Management** , n.61, 2003, p.51-62.

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

ANAÇ D; ERIUCE N; KILINÇ R. Effect of N, P, K fertilizer levels on yield and quality properties of processing tomatoes in Turkey. **Acta Horticulturae**. n.376, 1994, p.243-250.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – **AGRIANUAL**. São Paulo: FNP, 2009. 497p.

ARMON, R.; DOSORETZ, C. G.; AZOV, Y.; SHELEF, G. Residual Contamination os Crops Irrigated with Effluent of Different Qualities: A field Study. **Water Science and Technology**, v.30, n.9, 1994, p.239-248.

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

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARCELLOS, L. A. R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. Santa Maria, SC. UDSM: 108p. 1992. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

BARROS, F. M. **Parametrização de modelos de mineralização do nitrogênio orgânico em solo tratado com água residuária da suinocultura**. Viçosa, MG. UFV: 69p. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)

BAUMGARTNER, D., SAMPAIO, S. C., SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A; VILAS BOAS, M. A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Revista Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v.27, n.1, 2007, p.152-163.

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

BOJÓRQUEZ, A. D. A.; CASTILLO, G. A. B.; GONZÁLEZ, G. A. Nitrate and potassium ratios in a drip fertigation system on production, quality and nutrient uptake in tomato. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v.7, n.1, 2001, p.61-75.

BORGUINI, R. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor.** Piracicaba, SP. ESALQ: 2002. 120p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BRACKETT, R. E. Antimicrobial effect of chlorine on *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection**, Ames, v.50, n.12, 1987, p.999-1003.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria nº 553 de 30 de agosto de 1995. Dispõe sobre a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate *in natura*, para fins de comercialização e Revoga as especificações de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate, estabelecidas pela Portaria nº. 76, de 25 de fevereiro de 1975. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, set. 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, jan. 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos**/Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 118p .

CALIMAN, F. R. B. **Produção e qualidade de frutos de genótipos de tomateiro em ambiente protegido e no campo.** Viçosa, MG. UFV: 72p. 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAMPOS, C. A. B; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; BLANCO, F. F; GONÇALVES, C. B.; CAMPOS, S. A. F. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. **Sciencia Agrícola**. Piracicaba, v.63, n.2, 2006, p.146-152.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de hortaliças.** Brasília: EMBRAPA CNPSA, 2004. 13p. (EMBRAPA CNPSA. Circular técnica n.32).

CARVALHO, V. D. Características químicas e industriais do tomate. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n. 6. v. 66, p. 63-68, 1980.

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit – the influence of environment, nutrition, and genotype. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 15, 1981, p. 205-280.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA,CNPSA, 2002. 31p. (EMBRAPA,CNPSA. Boletim Informativo).

DURASAMI, V. P; MANI, A. K. Effect of major nutrients on yield and fruit quality of tomato under rainfed condition in Entisol. **South Indian Horticulture** 50. 2002. p. 56-64.

EHRET, D. L.; HO, L. C. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture, **Journal Horticulture Science**. 61 (1986) 361–372.

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

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

FERREIRA, M. M. M; FERREIRA, G. B; FONTES, P. C. R; DANTAS, J. P. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**. n.21. p.468-476. 2003.

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** n.24. 2006, p.141-145.

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

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org.) **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, CNPH. 2000, p.36-59.

GOMES FILHO, R. R. **Tratamento de águas residuárias as suinocultura utilizando o cultivo hidropônico de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e aveia forrageira (*Avena strigosa*)**. Viçosa, MG. UFV: 139p. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GONÇALVES, R. A. B. **Diagnóstico da aplicação de águas residuárias da suinocultura na cafeicultura irrigada das regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG**. Viçosa, MG. UFV: 65p. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOULD, W. A. Tomato production, processing and quality evaluation. **Westport: The AVI**, 1974, 445 p.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A. M. G. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. **Revista Horticultura Brasileira**. v.25. n.2, 2007, p102-109.

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

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

HO, L. C., HEWITT, J. D. Fruit development. In: ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. **The tomato crop**. A scientific basis for improvement. Chapman & Hall, New York, 1986, p.201-239.

JONES JUNIOR, J.B. **Tomato plant culture. In the field, greenhouse, and home garden**. CRC Press. Boca Raton. 1999, 199p.

KADER, A. A., MORRIS, L. L., STEVENS, M. A., ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 5, 1978, p.742-745.

LISIEWSKA, Z.; KMIECIK, W. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. **Food Chemistry**, v. 70, 2000, p.167-173.

LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2° ed. Instituto da Potassa & Fosfato. Piracicaba, 1998.

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

LOURES, J. L. **Estabelecimento e avaliação do sistema de produção denominado Fito, em estufa e campo**. Viçosa: UFV, 2001. 105p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LYONS, D. J.; RAYMENT, G. E.; NOBBS, P. E.; MACCALLUM, L. E. Nitrate e nitrite in fresh vegetables from Queensland. **Journal the Science of Food and Agriculture**, v. 64, n. 3, 1994, p.279-281.

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

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

MACÊDO, L. A.; ALVARENGA, M. A. R. Efeitos de lâminas de água e fertirrigação potássica sobre o crescimento, produção e qualidade do tomate em ambiente protegido. **Ciência Agrotecnica**, v.29, n.2, 2005, p.296-304.

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

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C, OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, **POTAFOS**, 1989, 201p.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 2nd ed. New York, Academic Press, 1995, 889p.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa: AEAMG/DEA/UFV, 2007, 140p. (Caderno Didático n. 38).

MATOS, A. T. **Qualidade do meio físico ambiental**. Caderno Didático, Viçosa: AEAGR/DEA/UFV, 2004, 136p. (Caderno Didático n. 37).

MAY, D. M; GONZALES, J. Irrigation and nitrogen management as they affect fruit quality and yield of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, n.376, 1994, p.227-234.

MEDEIROS, S. S. **Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. Viçosa, MG. UFV: 114p. 2005. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S.A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**. v.285, 2002, p.69-77.

MENCARELLI, F., SALTVEIT JR., M. E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society Horticultural Science**, v. 113, n.5, 1988, p. 742-745.

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

MORGAN, L. Fruit flavour and hydroponics. **Practical Hydroponics & Greenhouses**, n. 33, 1997, p. 21-31.

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

NOVO, A. L. C; FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. R.; CECON, P. R. Crescimento do tomateiro e qualidade do fruto em diferentes substratos. **Bioscience Journal**, v.20, n.3, 2004, p.75-82.

OBERLY, A.; KUSHAD, M.; MASIUNAS, J. Nitrogen and tillage effects on the fruit quality and yield of four tomato cultivars. **Journal of Vegetable Crop Production**, n.8., 2002, p.65-79.

ODUMERU, J. A.; MITCHELL, S. L.; ALVES, D. M.; LYNCH, J. A.; YEE, A. J.; WANG, S. L.; STYLIAOIS, S.; FARBER, J. M. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for the health-care food services. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 60, v.8, 1997, p.954-960.

OLIVEIRA, P. A. V. Sistema de produção de suínos em cama sobreposta: In: Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, 9., 2001, Gramado. **Anais...** Gramado, 2001. 12p.

ORON, B. G.; DEMALACH, J.; HOFFMAN, Z.; CIBOTARU, R. Subsurface microirrigation with effluent. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.117, n.1, 1991, p.115-26.

PALÚ A. P.; TIBANA, A.; TEIXEIRA, L. M.; MIGUEL, M. A. L.; PYRRHO, A. S.; LOPES, H. R. Avaliação microbiológica de frutas e hortaliças frescas, servidas em restaurantes *self-service* privados, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 16, n. 100, 2002, p.67-74.

PANDEY, R. P.; SARAF, R. K.; PARIHAR, M. S. Effect of nitrogen, phosphorus and varieties on quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Punjab Vegetable Grower**. n.33. 1998, p.15-18.

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

PAZINATO, B. C. ; GALHARDO, R. C. **Processamento artesanal do tomate**. 2ed. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1997. 30 p.

PILL, W.G.; LAMBETH, V.N.; HINCKLEY, T.M. Effects of nitrogen form and level on ion concentrations, water stress, and blossom-end rot incidence in tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.103, n.2, 1978, p.265-268.

RAVINDER-SINGH; KOHLI UK; KANWAR HS; SINGH R. Tomato fruit quality as influenced by different nutrient regimes. **Himachal Journal of Agricultural Research**. n.25, 2001, p.37-42.

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

RIBEIRO, J. M. O. **Produção e qualidade de tomate em substrato contendo diferentes proporções de subsolo e areia - fito 3**. Viçosa, MG. UFV: 96p. 2004. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANDRI, D. **Irrigação da cultura da alface com água residuária tratada com leitos cultivados com macrófita**. Campinas, SP. UNICAMP: 207p. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade de Campinas, Campinas.

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

SINGH, R. V. Response of rainy-season tomato to N and P fertilizers, and plant spacing in the eastern plateau region. **Indian Journal of Horticulture** n.60, 2003, p.79-83.

STEVENS, M. A.; RICK, C. M. Genetics and breeding. In: ATHERTON, J. G.; RUDICH, J. **The Tomato Crop: A scientific basis for improvement**. New York: Chapman and Hall, 1986, p.35-110.

TAIZ, L.; ZEIGER. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, 1991.

TAKAYANAGUI, O. M.; CAPUANO, DIVANI. M.; OLIVEIRA, C. A. D.; BERGAMINI, A. M. M.; OKINO, M. H. T.; CASTRO E SILVA, A. A. M. C.; OLIVEIRA, M. A.; RIBEIRO, E. G. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Avaliação da contaminação de hortas produtoras de verduras após a implantação do sistema de fiscalização em Ribeirão Preto, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. n.2, v.40, 2007, p. 20-27.

TOYOHARA, O. Q. **Determinação de nitrato, nitrito e N-nitrosaminas em linguças**. Campinas, SP. UNICAMP: 85p. 1989. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade de Campinas, Campinas.

VALENCIA, J.; BIECHE, B.; BRANTHOME, X. Effect of fertilizers on fruit quality of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**. n.613, 2003, p.89-93.

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

WARNER J; ZHANG TQ; HAO X. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. **Canadian Journal of Plant Science**. n.84, 2004, p.865-871.

WIGHT, J. R; LINGLE, J. C; FLOCKER, W. J.; LEONARD, S. J. The effects of irrigation and nitrogen fertilization treatments on the yield, maturation, and quality of canning tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**. n.81, 1962, p.451-457.

WINSOR, G.; ADAMS, P. **Diagnosis of mineral disorders in plants: glasshouse crops**. London: MAFF/AFRC. v.3, 1987, 168p.

YEO, A.R.; FLOWERS, T.J. Selection for physiological characters - examples from breeding for salt tolerance. In: JONES, H.G.; FLOWERS, T.J.; JONES, M.B. (Ed.). **Plants under stress**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989, p.217-234.

ZAMBRANO, J.; MOYEJA, J.; PACHECO, L. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. **Agronomía Tropical**, v.46, n.1, 1996, p.61- 72.

APÊNDICE

APÊNDICE CAPÍTULO I

Quadro 1A - Resumo ANOVA para os parâmetros de física de solo.

| Fonte de Variação | Graus de Liberdade | Quadrado médio | | | | |
|---------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | MACRO | MICRO | PTOTAL | MES | ADA |
| TRAT | 6 | 1,06E-02 ^{ns} | 1,63E-02 ^{ns} | 2,72E-03 ^{ns} | 7,45E-02 ^{ns} | 4,21E-01 ^{***} |
| Resíduo (a) | 14 | 7,86E-02 | 9,00E-02 | 9,00E-02 | 9,00E-02 | 9,00E-02 |
| PROF | 2 | 2,24E-03 ^{***} | 6,82E-03 ^{***} | 1,69E-02 ^{***} | 8,37E-02 ^{***} | 3,00E-01 ^{***} |
| PROF x TRAT | 12 | 6,89E-04 ^{***} | 2,11E-04 ^{***} | 2,24E-04 ^{***} | 1,66E-03 ^{***} | 3,95E-01 ^{***} |
| Resíduo (b) | 28 | 1,06E-33 | 2,28E-33 | 3,43E-33 | 1,27E-24 | 1,51E-32 |
| DAT | 2 | 4,35E-01 ^{***} | 1,57E-01 ^{***} | 1,35E-01 ^{***} | 5,03E-01 ^{***} | 3,27E+00 ^{***} |
| DAT x TRAT | 12 | 9,15E-03 ^{***} | 5,61E-03 ^{***} | 5,22E-03 ^{***} | 5,58E-02 ^{***} | 1,12E-01 ^{***} |
| DAT x PROF | 4 | 3,23E-08 ^{***} | 3,23E-08 ^{***} | 1,25E-32 ^{ns} | 1,68E-24 ^{ns} | 4,36E-01 ^{***} |
| DAT x TRAT x PROF | 24 | 3,23E-08 ^{ns} | 3,23E-08 ^{***} | 1,58E-32 ^{ns} | 5,17E-24 ^{ns} | 6,65E-01 ^{***} |
| Resíduo (c) | 84 | 4,76E-04 ^{ns} | 2,37E-18 ^{***} | 8,26E-19 | 2,64E-18 | 1,06E-16 |
| CV(%) parcela | | 1,20E+02 | 7,95E+01 | 4,95E+01 | 2,98E+01 | 2,39E+01 |
| CV(%) subparcela | | 1,39E-14 | 1,27E-14 | 9,67E-15 | 1,12E-10 | 2,41E-14 |
| CV(%) subsubparcela | | 9,34E+00 | 4,08E-07 | 1,50E-07 | 1,61E-07 | 5,18E-07 |

^{ns}, ^{***}, * F não significativo, significativos a 0,1% e 5%, respectivamente. TRAT = tratamentos, PROF = profundidade, DAT = dias após o transplante, CV = coeficiente de variação, MACRO = macroporidade, MICRO = microporidade, PTOTAL = porosidade total, MES = massa específica do solo, ADA = argila dispersa em água.

Quadro 2A - Resumo ANOVA para os parâmetros de fertilidade do solo.

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | |
|-----------------|----|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|------------------------|
| | | pH | N | P | K | Na | Ca | Mg | Al |
| TRAT | 6 | 1,71E+00*** | 2,95E+04*** | 3,30E+01*** | 2,89E+04*** | 3,28E+02*** | 3,57E-01*** | 1,69E-01 ^o | 3,46E-02 ^{ns} |
| erro (a) | 14 | 1,24E-01 | 5,34E+01 | 9,00E-02 | 8,98E-02 | 9,00E-02 | 9,00E-02 | 9,00E-02 | 3,30E-02 |
| PROF | 2 | 9,62E-01*** | 2,28E+05*** | 2,71E+02*** | 3,72E+04*** | 4,18E+02*** | 2,65E+00*** | 3,05E-01*** | 2,32E-02*** |
| PROF*TRAT | 12 | 1,94E-01*** | 1,74E+04*** | 4,99E+00*** | 1,50E+03*** | 9,09E+00*** | 1,57E-01*** | 1,51E-02*** | 1,98E-02*** |
| erro (b) | 28 | 7,31E-03 | 6,47E+01 | 1,67E-24 | 6,31E-09 | 1,08E-26 | 7,03E-32 | 4,97E-33 | 2,65E-04 |
| DAT | 2 | 2,33E+01*** | 1,27E+05*** | 4,67E+02*** | 1,97E+05*** | 6,13E+03*** | 5,54E+00*** | 4,43E-01*** | 2,86E-02*** |
| DAT*PROF | 4 | 5,85E-01*** | 3,33E+04*** | 7,07E+01*** | 1,45E+04*** | 1,74E+02*** | 4,71E-01*** | 6,29E-02*** | 8,55E-03*** |
| DAT*TRAT | 12 | 7,95E-01*** | 5,87E+04*** | 2,38E+01*** | 1,24E+04*** | 1,23E+02*** | 1,99E-01*** | 3,52E-02*** | 1,58E-02*** |
| DAT*TRAT*PROF | 24 | 1,47E-01*** | 6,70E+03*** | 2,95E+00*** | 1,67E+03*** | 1,68E+01*** | 8,56E-02*** | 1,12E-02*** | 2,78E-02*** |
| resíduo | 84 | 7,59E-03 | 5,33E+01 | 4,57E-15 | 2,33E-08 | 1,29E-14 | 5,29E-18 | 1,32E-18 | 2,12E-04 |
| Cvparcela | | 5,51E+00 | 8,44E-01 | 7,45E+00 | 4,73E-01 | 1,70E+00 | 1,30E+01 | 4,64E+01 | 3,29E+02 |
| Cvsubparcela | | 1,34E+00 | 9,29E-01 | 3,21E-11 | 1,25E-04 | 5,89E-13 | 1,14E-14 | 1,09E-14 | 2,95E+01 |
| Cvsubsubparcela | | 1,36E+00 | 8,43E-01 | 1,68E-06 | 2,41E-04 | 6,44E-07 | 9,93E-08 | 1,78E-07 | 2,64E+01 |

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | | |
|-----------------|----|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
| | | SB | CTC | T | V | m | ISNa | mo | H+Al | Prem |
| TRAT | 6 | 1,71E+00*** | 1,42E+00* | 1,65E+01*** | 7,59E+02*** | 1,62E+01*** | 3,20E+00*** | 2,42E-01 ^{ns} | 1,57E+01*** | 8,33E+01*** |
| erro (a) | 14 | 3,62E-01 | 5,90E-01 | 1,66E+00 | 4,36E+01 | 3,37E-02 | 2,50E-01 | 9,15E-02 | 3,91E-01 | 9,00E-02 |
| PROF | 2 | 2,55E+00*** | 2,16E+00*** | 6,64E+00*** | 1,61E+03*** | 2,73E+01*** | 1,60E+01*** | 1,88E-01*** | 1,59E+01*** | 2,12E+02*** |
| PROF*TRAT | 12 | 2,11E-01*** | 2,48E-01*** | 2,63E+00*** | 8,57E+01*** | 1,40E+01*** | 8,23E-01*** | 9,81E-02*** | 1,85E+00*** | 1,57E+01*** |
| erro (b) | 28 | 1,58E-29 | 2,65E-04 | 7,84E-02 | 1,20E+01 | 2,06E-03 | 1,35E-02 | 5,29E-05 | 8,14E-02 | 2,59E-28 |
| DAT | 2 | 2,00E+01*** | 2,09E+01*** | 3,86E+02*** | 2,13E+04*** | 1,40E+01*** | 6,87E+01*** | 1,58E+01*** | 2,96E+02*** | 1,42E+02*** |
| DAT*PROF | 4 | 4,41E-01*** | 3,54E-01*** | 2,47E+00*** | 3,99E+02*** | 7,55E+00*** | 3,79E+00*** | 1,06E-01*** | 4,30E+00*** | 6,81E+01*** |
| DAT*TRAT | 12 | 5,46E-01*** | 5,01E-01*** | 6,59E+00*** | 2,62E+02*** | 2,21E+01*** | 1,90E+00*** | 1,87E-01*** | 5,82E+00*** | 7,14E+01*** |
| DAT*TRAT*PROF | 24 | 1,12E-01*** | 1,51E-01*** | 1,83E+00*** | 9,65E+01*** | 1,69E+01*** | 6,02E-01*** | 1,11E-01*** | 1,63E+00*** | 3,11E+01*** |
| resíduo | 84 | 9,52E-17 | 2,12E-04 | 1,24E-01 | 2,12E+01 | 1,96E-03 | 9,82E-03 | 5,29E-05 | 1,24E-01 | 4,06E-15 |
| Cvparcela | | 1,88E+01 | 2,36E+01 | 2,16E+01 | 1,09E+01 | 3,28E+01 | 2,19E+01 | 2,05E+01 | 2,31E+01 | 2,95E+00 |
| Cvsubparcela | | 1,24E-13 | 4,99E-01 | 4,70E+00 | 5,75E+00 | 8,11E+00 | 5,10E+00 | 4,93E-01 | 1,05E+01 | 1,58E-13 |
| Cvsubsubparcela | | 3,05E-07 | 4,47E-01 | 5,92E+00 | 7,64E+00 | 7,90E+00 | 4,35E+00 | 4,93E-01 | 1,30E+01 | 6,27E-07 |

^{ns}, ***, * F não significativo, significativos a 0,1% e 5%, respectivamente. TRAT = tratamentos, PROF = profundidade, DAT = dias após o transplante, CV = coeficiente de variação, FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; pH – potencial hidrogeniônico, em água 1:2,5; N –nitrogênio total; P –fósforo disponível; K –potássio trocável; Na –sódio trocável; Ca –cálcio trocável; Mg –magnésio trocável; Al –acidez trocável; SB –soma de bases; t – capacidade de troca catiônica efetiva; T – capacidade de troca catiônica a pH 7; V –saturação por bases; m –saturação por alumínio; ISNa –índice de saturação por sódio; mo –matéria orgânica; H+Al – acidez potencial.; Prem – fósforo remanescente.

Quadro 3A – superfície de resposta para microporosidade (Micro, cm³ cm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | MICRO = 0,37380-0,00087**PROF+0,00085**DAT | 0,880 |
| 2 | MICRO = 0,36895-0,00041^PROF+0,00064**DAT | 0,786 |
| 3 | MICRO = 0,32105-0,00058^PROF+0,00097**DAT | 0,872 |
| 4 | MICRO = 0,33723-0,00065^PROF+0,00104**DAT | 0,721 |
| 5 | MICRO = 0,33366-0,00029^PROF+0,00083**DAT | 0,710 |
| 6 | MICRO = 0,34443-0,00017^PROF+0,00106**DAT | 0,780 |
| 7 | MICRO = 0,35863-0,00068^PROF+0,00128**DAT | 0,862 |

***, **, *, °, ^, significativos a 0,1%, 1%, 5%, 10% e 15%, respectivamente. TRAT – tratamentos; PROF – profundidade, cm; DAT – dias após o transplante, dias.

Quadro 4A – superfície de resposta para massa específica (DS, g cm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | DS = 0,95370+0,00074**PROF-0,00118*DAT+0,00002*DAT ² | 0,921 |
| 2 | DS = 0,88425+0,00229**PROF-0,00137°DAT+0,00002*DAT ² | 0,799 |
| 3 | DS = 0,88544+0,00236*PROF-0,00385**DAT+0,00005**DAT ² | 0,911 |
| 4 | DS = 0,92924+0,00127*PROF-0,00181**DAT+0,00003**DAT ² | 0,972 |
| 5 | DS = 0,87964+0,00251*PROF-0,00137°DAT+0,00002*DAT ² | 0,948 |
| 6 | DS = 0,89226+0,00219**PROF-0,00385**DAT+0,00004**DAT ² | 0,922 |
| 7 | DS = 0,92330+0,0014*PROF-0,00433**DAT+0,00005**DAT ² | 0,914 |

Quadro 5A – superfície de resposta para porosidade total (POROS, cm³ cm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | POROS = 0,63788-0,00067**PROF+0,00085**DAT-0,00001**DAT ² | 0,925 |
| 2 | POROS = 0,66874-0,00087**PROF+0,00040°DAT-0,000007**DAT ² | 0,700 |
| 3 | POROS = 0,68249-0,00106**PROF+0,00117**DAT-0,00002**DAT ² | 0,895 |
| 4 | POROS = 0,64257-0,00056**PROF+0,00089**DAT-0,00001**DAT ² | 0,920 |
| 5 | POROS = 0,68136-0,00120**PROF+0,00040°DAT-0,000007**DAT ² | 0,848 |
| 6 | POROS = 0,65991-0,00083°PROF+0,00150**DAT-0,00002**DAT ² | 0,915 |
| 7 | POROS = 0,64482-0,00054*PROF+0,00177**DAT-0,00002**DAT ² | 0,911 |

Quadro 6A – superfície de resposta para macroporosidade (MACRO, cm³ cm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | MACRO = 0,26382+0,00019**PROF+0,00084**DAT-0,00001**DAT ² | 0,924 |
| 2 | MACRO = 0,29979-0,00046°PROF-0,00024**DAT-0,00001**DAT ² | 0,869 |
| 3 | MACRO = 0,36144-0,00048*PROF-0,00008**DAT-0,00002**DAT ² | 0,821 |
| 4 | MACRO = 0,30534+0,00009*PROF-0,00015**DAT-0,00001**DAT ² | 0,789 |
| 5 | MACRO = 0,34770-0,00091*PROF-0,00043*DAT-0,00001**DAT ² | 0,786 |
| 6 | MACRO = 0,31548-0,00066°PROF+0,00016*DAT-0,00002**DAT ² | 0,915 |
| 7 | MACRO = 0,28619+0,00014*PROF+0,00021**DAT-0,00002**DAT | 0,895 |

Quadro 7A – superfície de resposta para potencial hidrogeniônico (pH)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $pH = 6,60000 + 0,00925 * PROF - 0,00933 * DAT$ | 0,858 |
| 2 | $pH = 7,54926 - 0,02708 * PROF + 0,00032 * PROF^2 - 0,04789 * DAT + 0,00029 * DAT^2$ | 0,993 |
| 3 | $pH = 6,71400 + 0,0175 * PROF - 0,0255 * DAT + 0,00015 * DAT^2$ | 0,915 |
| 4 | $pH = 6,74333 + 0,00918 * PROF - 0,02344 * DAT + 0,00017 * DAT^2$ | 0,922 |
| 5 | $pH = 8,22111 - 0,07175 * PROF + 0,00092 * PROF^2 - 0,04075 * DAT + 0,00029 * DAT^2$ | 0,894 |
| 6 | $pH = 6,78333 + 0,00717 * PROF - 0,01594 * DAT + 0,00007 * DAT^2$ | 0,782 |
| 7 | $pH = 6,68 + 0,00975 * PROF - 0,03008 * DAT + 0,00023 * DAT^2$ | 0,908 |

***, **, *, °, ^, significativos a 0,1%, 1%, 5%, 10% e 15%, respectivamente. TRAT – tratamentos; PROF – profundidade, cm; DAT – dias após o transplante, dias.

Quadro 8A – superfície de resposta para fósforo disponível (P, mg dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $P = 6,04444 - 0,13083 * PROF + 0,05389 * DAT$ | 0,792 |
| 2 | $P = 4,27500 - 0,07750 * PROF + 0,05403 * DAT$ | 0,880 |
| 3 | $P = 5,30000 - 0,11042 * PROF + 0,16208 * DAT - 0,00114 * DAT^2$ | 0,817 |
| 4 | $P = 6,13333 - 0,13250 * PROF + 0,20417 * DAT - 0,00139 * DAT^2$ | 0,796 |
| 5 | $P = 7,30833 - 0,13917 * PROF + 0,067917 * DAT$ | 0,798 |
| 6 | $P = 3,36667 - 0,05958 * PROF + 0,09042 * DAT - 0,00059 * DAT^2$ | 0,857 |
| 7 | $P = 3,86667 - 0,07541 * PROF + 0,11653 * DAT - 0,00087 * DAT^2$ | 0,786 |

Quadro 9A – superfície de resposta para potássio trocável (K, mg dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $K = 23,51111 - 0,32750 * PROF + 0,25000 * DAT$ | 0,886 |
| 2 | $K = 47,90000 - 0,96583 * PROF + 2,86000 * DAT - 0,02135 * DAT^2$ | 0,917 |
| 3 | $K = 78,83333 - 1,77250 * PROF + 3,38222 * DAT - 0,02524 * DAT^2$ | 0,820 |
| 4 | $K = 34,33333 - 0,59167 * PROF + 1,35833 * DAT - 0,00921 * DAT^2$ | 0,877 |
| 5 | $K = 63,76670 - 1,38083 * PROF + 3,88750 * DAT - 0,03013 * DAT^2$ | 0,820 |
| 6 | $K = 83,33333 - 1,87500 * PROF + 5,50000 * DAT - 0,04250 * DAT^2$ | 0,825 |
| 7 | $K = 70,06667 - 1,52083 * PROF + 5,83028 * DAT - 0,03809 * DAT^2$ | 0,889 |

Quadro 10A – superfície de resposta para sódio trocável (Na, mg dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $Na = 14,1667 - 0,19167 * PROF + 0,31667 * DAT - 0,00154 * DAT^2$ | 0,937 |
| 2 | $Na = 10,50000 - 0,09167 * PROF + 0,37000 * DAT - 0,00263 * DAT^2$ | 0,906 |
| 3 | $Na = 11,46670 - 0,13917 * PROF + 0,50944 * DAT - 0,00318 * DAT^2$ | 0,938 |
| 4 | $Na = 11,16670 - 0,13333 * PROF + 0,62833 * DAT - 0,00390 * DAT^2$ | 0,890 |
| 5 | $Na = 11,7330 - 0,09750 * PROF + 0,36833 * DAT - 0,00266 * DAT^2$ | 0,957 |
| 6 | $Na = 8,63333 - 0,09917 * PROF + 0,60917 * DAT - 0,00371 * DAT^2$ | 0,931 |
| 7 | $Na = 12,73333 - 0,12250 * PROF + 0,74056 * DAT - 0,00485 * DAT^2$ | 0,929 |

Quadro 11A – superfície de resposta para cálcio trocável (Ca, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $\hat{Ca} = 1,23667 + 0,02075^{**}PROF + 0,01150^{\circ}DAT - 0,00010^{\circ}DAT^2$ | 0,674 |
| 2 | $\hat{Ca} = 1,73000 + 0,00717^{*}PROF + 0,00894^{*}DAT - 0,00006^{*}DAT^2$ | 0,746 |
| 3 | $\hat{Ca} = 1,83000 + 0,00433^{\wedge}PROF + 0,01500^{**}DAT - 0,00010^{**}DAT^2$ | 0,819 |
| 4 | $\hat{Ca} = 1,603330 + 0,00992^{**}PROF + 0,01689^{***}DAT - 0,00010^{**}DAT^2$ | 0,953 |
| 5 | $\hat{Ca} = 1,75000 + 0,00433^{\wedge}PROF + 0,02847^{**}DAT - 0,00020^{***}DAT^2$ | 0,890 |
| 6 | $\hat{Ca} = 1,59333 + 0,00933^{*}PROF + 0,01539^{**}DAT - 0,00010^{**}DAT^2$ | 0,813 |
| 7 | $\hat{Ca} = 1,43667 + 0,01425^{*}PROF + 0,0191^{**}DAT - 0,00012^{*}DAT^2$ | 0,839 |

***, **, *, °, ^, significativos a 0,1%, 1%, 5%, 10% e 15%, respectivamente. TRAT – tratamentos; PROF – profundidade, cm; DAT – dias após o transplântio, dias.

Quadro 12A – superfície de resposta para magnésio trocável (Mg, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $\hat{Mg} = \bar{Mg} = 0,5511$ | |
| 2 | $\hat{Mg} = 0,51000 + 0,00133^{**}PROF + 0,00272^{**}DAT - 0,00002^{**}DAT^2$ | 0,899 |
| 3 | $\hat{Mg} = 0,36778 + 0,001308^{*}PROF + 0,00783^{**}DAT - 0,00005^{*}DAT^2$ | 0,934 |
| 4 | $\hat{Mg} = 0,39667 + 0,00392^{*}PROF + 0,00947^{**}DAT - 0,00006^{**}DAT^2$ | 0,840 |
| 5 | $\hat{Mg} = 0,48667 + 0,00250^{*}PROF + 0,00178^{**}DAT - 0,00002^{**}DAT^2$ | 0,746 |
| 6 | $\hat{Mg} = 0,31333 + 0,001600^{*}PROF + 0,00689^{**}DAT - 0,00004^{**}DAT^2$ | 0,733 |
| 7 | $\hat{Mg} = 0,36667 + 0,00550^{**}PROF + 0,00831^{**}DAT - 0,00005^{**}DAT^2$ | 0,844 |

Quadro 13A – superfície de resposta para acidez trocável (Al, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--------------------------------|----------------|
| 1 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,0730$ | |
| 2 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,1289$ | |
| 3 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,030$ | |
| 4 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,030$ | |
| 5 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,0507$ | |
| 6 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,0333$ | |
| 7 | $\hat{Al} = \bar{Al} = 0,0333$ | |

Quadro 14A – superfície de resposta para acidez potencial (H+Al, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $\hat{H+Al} = 2,23611 - 0,10472^{*}PROF + 0,00136^{\wedge}PROF^2 + 0,01912^{***}DAT$ | 0,849 |
| 2 | $\hat{H+Al} = 1,86111 - 0,02750^{*}PROF + 0,05472^{***}DAT$ | 0,945 |
| 3 | $\hat{H+Al} = 2,07500 - 0,04250^{*}PROF + 0,03669^{**}DAT$ | 0,809 |
| 4 | $\hat{H+Al} = 1,94667 - 0,02667^{*}PROF - 0,02561^{\circ}DAT + 0,00053^{**}DAT^2$ | 0,943 |
| 5 | $\hat{H+Al} = 2,60833 - 0,04292^{*}PROF + 0,04097^{**}DAT$ | 0,862 |
| 6 | $\hat{H+Al} = 2,48$ | |
| 7 | $\hat{H+Al} = 1,63722 - 0,02183^{*}PROF + 0,02392^{**}DAT$ | 0,844 |

Quadro 15A – superfície de resposta para soma de bases (SB, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $SB = 2,39090 + 0,00710^{\wedge}PROF + 0,00488^{\wedge}DAT - 0,00012^{**}DAT^2 + 0,00024^{**}DATPROF$ | 0,826 |
| 2 | $SB = 2,40847 + 0,00562^{*}PROF + 0,02061^{***}DAT - 0,00015^{***}DAT^2$ | 0,925 |
| 3 | $SB = 2,43199 + 0,00468^{\wedge}PROF + 0,03205^{**}DAT - 0,00022^{**}DAT^2$ | 0,876 |
| 4 | $SB = 2,13658 + 0,01174^{**}PROF + 0,03158^{***}DAT - 0,00020^{***}DAT^2$ | 0,975 |
| 5 | $SB = 2,39912 + 0,00287^{\wedge}PROF + 0,04382^{***}DAT - 0,00032^{**}DAT^2$ | 0,935 |
| 6 | $SB = 2,30788 + 0,00709^{*}PROF + 0,03603^{***}DAT - 0,00025^{***}DAT^2$ | 0,952 |
| 7 | $SB = 2,03835 + 0,01532^{*}PROF + 0,04559^{**}DAT - 0,00029^{**}DAT^2$ | 0,942 |

***, **, *, °, ^, significativos a 0,1%, 1%, 5%, 10% e 15%, respectivamente. TRAT – tratamentos; PROF – profundidade, cm; DAT – dias após o transplante, dias.

Quadro 16A – superfície de resposta para CTC efetiva (t, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $t = 2,42424 + 0,007096^{\wedge}PROF + 0,00389^{\wedge}DAT - 0,00010^{**}DAT^2 + 0,00024^{**}DATPROF$ | 0,826 |
| 2 | $t = 2,64292 + 0,00060^{\wedge}PROF + 0,02271^{***}DAT - 0,00015^{***}DAT^2$ | 0,931 |
| 3 | $t = 2,46533 + 0,00468^{\wedge}PROF + 0,03205^{**}DAT - 0,00022^{**}DAT^2$ | 0,876 |
| 4 | $t = 2,16992 + 0,01174^{**}PROF + 0,03158^{***}DAT - 0,00020^{***}DAT^2$ | 0,975 |
| 5 | $t = 2,47674 + 0,00156^{\wedge}PROF + 0,045560^{***}DAT - 0,00033^{**}DAT^2$ | 0,956 |
| 6 | $t = 2,34121 + 0,00709^{*}PROF + 0,03603^{***}DAT - 0,00025^{***}DAT^2$ | 0,952 |
| 7 | $t = 2,07169 + 0,01532^{*}PROF + 0,04559^{**}DAT - 0,00029^{**}DAT^2$ | 0,942 |

Quadro 17A – superfície de resposta para CTC potencial (T, cmol_c dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $T = 4,01287 - 0,07151^{\wedge}PROF + 0,00121^{\circ}PROF^2 + 0,02038^{***}DAT$ | 0,917 |
| 2 | $T = 4,68845 - 0,02690^{\circ}PROF + 0,05899^{***}DAT$ | 0,941 |
| 3 | $T = 7,72821 - 0,21303^{*}PROF + 0,00219^{\circ}PROF^2 + 0,041992^{***}DAT$ | 0,936 |
| 4 | $T = 3,71634 - 0,01493^{\wedge}PROF + 0,04593^{***}DAT$ | 0,901 |
| 5 | $T = 5,04341 - 0,041353^{*}PROF + 0,09070^{**}DAT - 0,00037^{*}DAT^2$ | 0,900 |
| 6 | $T = 2,94355 + 0,00968^{\wedge}PROF + 0,04063^{***}DAT$ | 0,972 |
| 7 | $T = 5,15463 - 0,08929^{*}PROF + 0,00103^{\wedge}PROF^2 + 0,06289^{**}DAT - 0,00024^{**}DAT^2$ | 0,954 |

Quadro 18A – superfície de resposta para saturação por bases (V, %)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $V = 73,75280 + 0,14197^{\wedge}PROF - 0,26137^{***}DAT$ | 0,868 |
| 2 | $V = 65,77220 + 0,18751^{*}PROF - 0,39001^{***}DAT$ | 0,959 |
| 3 | $V = 67,99860 + 0,33735^{\circ}PROF - 0,32160^{***}DAT$ | 0,796 |
| 4 | $V = 71,32100 + 0,21838^{\wedge}PROF - 0,28960^{**}DAT$ | 0,731 |
| 5 | $V = 60,76270 + 0,38070^{*}PROF - 0,32289^{**}DAT$ | 0,809 |
| 6 | $V = 76,86280 + 0,08170^{\wedge}PROF - 0,30713^{**}DAT$ | 0,904 |
| 7 | $V = 67,01940 + 0,25730^{*}PROF - 0,20326^{**}DAT$ | 0,727 |

Quadro 19A – superfície de resposta para saturação por alumínio (m, %)

| TRAT | Equações |
|------|------------------------------|
| 1 | $\hat{m} = \bar{m} = 1,3444$ |
| 2 | $\hat{m} = \bar{m} = 1,9519$ |
| 3 | $\hat{m} = \bar{m} = 0,0519$ |
| 4 | $\hat{m} = \bar{m} = 0,0407$ |
| 5 | $\hat{m} = \bar{m} = 0,4185$ |
| 6 | $\hat{m} = \bar{m} = 0,0704$ |
| 7 | $\hat{m} = \bar{m} = 0,0407$ |

***, **, *, °, ^, significativos a 0,1%, 1%, 5%, 10% e 15%, respectivamente. TRAT – tratamentos; PROF – profundidade, cm; DAT – dias após o transplante, dias.

Quadro 20A – superfície de resposta para índice de saturação por sódio (ISNa, %)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $\hat{ISNa} = 3,22735 - 0,05445^{**}PROF + 0,0410^{*}DAT - 0,00019^{*}DAT^2$ | 0,807 |
| 2 | $\hat{ISNa} = 1,62809 - 0,01270^{*}PROF + 0,03907^{**}DAT - 0,00028^{**}DAT^2$ | 0,848 |
| 3 | $\hat{ISNa} = 1,83316 - 0,021552^{*}PROF + 0,04836^{**}DAT - 0,00027^{**}DAT^2$ | 0,838 |
| 4 | $\hat{ISNa} = 1,95200 - 0,024566^{*}PROF + 0,06414^{**}DAT - 0,00039^{**}DAT^2$ | 0,869 |
| 5 | $\hat{ISNa} = 1,89894 - 0,01361^{**}PROF + 0,02378^{**}DAT - 0,00016^{**}DAT^2$ | 0,867 |
| 6 | $\hat{ISNa} = 1,48280 - 0,017659^{*}PROF + 0,05895^{**}DAT - 0,00032^{**}DAT^2$ | 0,920 |
| 7 | $\hat{ISNa} = 2,26306 - 0,02470^{*}PROF + 0,06084^{**}DAT - 0,00039^{**}DAT^2$ | 0,842 |

Quadro 21A – superfície de resposta para matéria orgânica (mo, dag Kg⁻¹)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $\hat{mo} = 1,22111 - 0,00775^{*}PROF + 0,01731^{**}DAT - 0,00010^{**}DAT^2$ | 0,870 |
| 2 | $\hat{mo} = 1,08333 - 0,00458^{**}PROF + 0,0205^{***}DAT - 0,00010^{***}DAT^2$ | 0,942 |
| 3 | $\hat{mo} = 1,04667 - 0,00367^{**}PROF + 0,02781^{***}DAT - 0,00017^{***}DAT^2$ | 0,990 |
| 4 | $\hat{mo} = 1,126667 - 0,005667^{**}PROF + 0,022639^{***}DAT + 0,000134^{***}DAT^2$ | 0,932 |
| 5 | $\hat{mo} = 1,08333 - 0,00458^{**}PROF + 0,019111^{***}DAT - 0,00009^{***}DAT^2$ | 0,951 |
| 6 | $\hat{mo} = 1,03000 - 0,003258^{*}PROF + 0,026361^{***}DAT - 0,00019^{***}DAT^2$ | 0,940 |
| 7 | $\hat{mo} = 1,03000 - 0,00367^{*}PROF + 0,02442^{**}DAT - 0,00016^{**}DAT^2$ | 0,978 |

Quadro 22 – superfície de resposta para fósforo remanescente (Prem, mg dm⁻³)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|---|----------------|
| 1 | $\hat{Prem} = \bar{Prem} = 10,1778$ | |
| 2 | $\hat{Prem} = \bar{Prem} = 11,6278$ | |
| 3 | $\hat{Prem} = 15,34440 - 0,06917^{*}PROF - 0,04333^{**}DAT$ | 0,724 |
| 4 | $\hat{Prem} = 15,66700 - 0,27042^{*}PROF + 0,00321^{*}PROF^2 + 0,07222^{*}DAT - 0,00206^{*}DAT^2$ | 0,868 |
| 5 | $\hat{Prem} = \bar{Prem} = 12,9722$ | |
| 6 | $\hat{Prem} = 14,00560 - 0,06583^{*}PROF - 0,05139^{**}DAT$ | 0,797 |
| 7 | $\hat{Prem} = 14,24440 - 0,07125^{*}PROF - 0,05917^{**}DAT$ | 0,868 |

Quadro 23A – superfície de resposta para argila dispersa em água (ADA, %)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|----------------------------------|----------------|
| 1 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,4444$ | |
| 2 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,3444$ | |
| 3 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,3333$ | |
| 4 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,2222$ | |
| 5 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,3333$ | |
| 6 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,2222$ | |
| 7 | $\hat{ADA} = \bar{ADA} = 1,1111$ | |

***, **, *, °, ^, significativos a 0,1%, 1%, 5%, 10% e 15%, respectivamente. TRAT – tratamentos; PROF – profundidade, cm; DAT – dias após o transplântio, dias.

Quadro 24A – superfície de resposta para nitrogênio total (N, mg Kg⁻¹)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $\hat{N} = 810,19330 + 6,10250 \cdot \text{PROF} - 0,05901 \cdot \text{PROF}^2 + 0,35383 \cdot \text{DAT}$ | 0,786 |
| 2 | $\hat{N} = 945,25900 - 3,60018 \cdot \text{PROF} + 1,69398 \cdot \text{DAT}$ | 0,799 |
| 3 | $\hat{N} = 920,24600 - 2,60044 \cdot \text{PROF} + 4,20159 \cdot \text{DAT} - 0,03253 \cdot \text{DAT}^2$ | 0,796 |
| 4 | $\hat{N} = 1040,07000 - 5,59318 \cdot \text{PROF} + 5,38079 \cdot \text{DAT} - 0,04169 \cdot \text{DAT}^2$ | 0,734 |
| 5 | $\hat{N} = 941,06700 - 2,86546 \cdot \text{PROF} + 1,05722 \cdot \text{DAT}$ | 0,783 |
| 6 | $\hat{N} = 969,79100 - 3,83629 \cdot \text{PROF} + 2,24191 \cdot \text{DAT} - 0,02406 \cdot \text{DAT}^2$ | 0,699 |
| 7 | $\hat{N} = 904,98700 - 2,22452 \cdot \text{PROF} + 2,55469 \cdot \text{DAT} - 0,02031 \cdot \text{DAT}^2$ | 0,702 |

APÊNDICE CAPÍTULO II

Quadro 1B – Valores médios da altura do tomateiro (cm) em diferentes tempos para os tratamentos avaliados

| TRAT | DAT | | | | | | |
|------|-------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|
| | 0 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 |
| 1 | 9,70A | 90,35ABC | 115,92A | 152,75B | 178,92B | 200,25C | 243,67D |
| 2 | 9,70A | 96,58AB | 119,17A | 151,00B | 181,00B | 217,67B | 279,58B |
| 3 | 9,70A | 91,63ABC | 121,25A | 160,75AB | 183,42B | 207,92BC | 260,00C |
| 4 | 9,70A | 86,21C | 118,33A | 159,00AB | 185,00B | 211,92B | 251,67CD |
| 5 | 9,70A | 100,50A | 125,92A | 137,08C | 150,17C | 159,33D | 187,92E |
| 6 | 9,70A | 86,96BC | 117,58A | 158,33AB | 183,42B | 210,58B | 243,75D |
| 7 | 9,70A | 90,00BC | 123,33A | 166,25A | 198,92A | 235,08A | 307,50A |

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

Quadro 2B – Valores médios da área foliar do tomateiro (cm²) em diferentes tempos para os tratamentos avaliados

| TRAT | DAT | | | | | | |
|------|-------|----------|------------|----------|----------|-----------|---------|
| | 0 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 |
| 1 | 2,03A | 1076,39A | 1053,90BC | 789,47B | 726,21B | 543,19C | 409,59A |
| 2 | 2,24A | 1057,23A | 1079,49ABC | 922,20AB | 801,42AB | 857,24AB | 432,59A |
| 3 | 2,03A | 1032,85A | 1236,77A | 993,72A | 946,64A | 755,09AB | 423,34A |
| 4 | 2,21A | 1011,40A | 1070,84ABC | 1008,49A | 941,82A | 695,74BC | 556,09A |
| 5 | 2,14A | 1181,60A | 1209,91AB | 961,30A | 876,29AB | 881,54A | 391,84A |
| 6 | 2,20A | 1001,16A | 1068,19ABC | 871,09AB | 804,69AB | 702,87ABC | 500,57A |
| 7 | 2,25A | 1151,17A | 991,00C | 974,49A | 919,99A | 784,32AB | 554,89A |

Quadro 3B – Valores médios do diâmetro do caule do tomateiro (cm) em diferentes tempos para os tratamentos avaliados

| TRAT | DAT | | | | | | |
|------|-------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 0 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 |
| 1 | 0,27A | 1,31ABC | 1,49A | 1,65A | 1,81A | 1,94AB | 2,15A |
| 2 | 0,27A | 1,37AB | 1,52A | 1,67A | 1,73A | 1,99AB | 2,19A |
| 3 | 0,27A | 1,33ABC | 1,55A | 1,73A | 1,80A | 1,94AB | 2,20A |
| 4 | 0,27A | 1,22C | 1,47A | 1,65A | 1,73A | 1,89B | 2,11A |
| 5 | 0,27A | 1,42A | 1,52A | 1,68A | 1,73A | 2,03A | 2,20A |
| 6 | 0,26A | 1,29BC | 1,53A | 1,69A | 1,81A | 1,91B | 2,09A |
| 7 | 0,27A | 1,29BC | 1,53A | 1,66A | 1,78A | 1,95AB | 2,10A |

Quadro 4B – Valores médios do número de folhas totalmente expandidas do tomateiro em diferentes tempos para os tratamentos avaliados

| TRAT | DAT | | | | | | |
|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|--------|
| | 0 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 |
| 1 | 0,00A | 5,33C | 8,67A | 9,67B | 11,00A | 13,00A | 16,00A |
| 2 | 0,00A | 6,17B | 8,17CD | 10,00A | 11,00A | 13,00A | 16,00A |
| 3 | 0,00A | 6,00B | 8,08CD | 10,00A | 11,00A | 13,00A | 16,00A |
| 4 | 0,00A | 5,92B | 8,58AB | 10,00A | 11,00A | 13,00AB | 16,00A |
| 5 | 0,00A | 6,75A | 8,00D | 10,00A | 11,00A | 13,00A | 16,00A |
| 6 | 0,00A | 5,92B | 8,33BC | 9,83AB | 11,00A | 13,00A | 16,00A |
| 7 | 0,00A | 5,08C | 8,00D | 9,92AB | 11,00A | 13,00A | 16,00A |

Quadro 5B - Resumo ANOVA para os parâmetros de crescimento

| FV | GL | DC | H | NE | AREA |
|--------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| TRAT | 6 | 1,70E-01*** | 6,68E+03*** | 7,85E+00*** | 2,32E+05*** |
| erro (a) | 77 | 4,09E-02 | 2,20E+02 | 1,03E-01 | 4,26E+04 |
| DAT | 8 | 2,98E+01*** | 5,87E+05*** | 2,48E+03*** | 1,25E+07*** |
| DATxTRAT | 48 | 2,67E-02*** | 2,70E+03*** | 3,26E+00*** | 6,13E+04*** |
| resíduo | 616 | 8,77E-03 | 7,16E+01 | 6,46E-02 | 2,30E+04 |
| CVparcela | | 1,45E-03 | 1,22E+01 | 4,20E+00 | 3,09E+01 |
| CVsubparcela | | 6,70E+00 | 6,94E+00 | 3,32E+00 | 2,27E+04 |

ns, ***, * F não significativo, significativos a 0,1% e 5%, respectivamente. TRAT = tratamentos, PROF = profundidade, GL – grau de liberdade, CV = coeficiente de variação DAT = dias após o transplante, DC- diâmetro do caule, H –altura, NE - número de folhas totalmente expandidas, AREA – área.

Quadro 6B - Resumo ANOVA para potencial de água na folha (POT) e condutividade elétrica do extrato de saturação (CE)

| FV | GL | Quadrado médio | |
|--------------|----|------------------------|------------------------|
| | | POT | CE |
| TRAT | 6 | 2,29E-01 ^{ns} | 2,73E+00*** |
| resíduo (a) | 42 | 1,37E-01 | 6,21E-01 |
| DAT | 2 | 5,71E+01*** | 6,93E+01*** |
| DATxTRAT | 12 | 3,37E-01** | 7,90E-01 ^{ns} |
| resíduo | 84 | 1,31E-01 | 5,95E-01 |
| CVparcela | | 1,39E+01 | 2,46E+01 |
| CVsubparcela | | 1,36E+01 | 2,40E+01 |

Quadro 7B - Resumo ANOVA para o tempo de florescimento

| FV | GL | Quadrado médio |
|---------------|-----|----------------|
| TRAT | 6 | 2,94E+02*** |
| resíduo (a) | 66 | 2,36E+01 |
| CACHO | 5 | 7,80E+03*** |
| CACHO x TRAT | 30 | 8,25E+00* |
| resíduo | 396 | 5,82E+00 |
| CV parcela | | 1,28E+01 |
| CV subparcela | | 6,38E+00 |

CHACHO = tempo de florescimento dos racimos.

Quadro 8B - Resumo ANOVA para transpiração (E), condutância estomatal (GS) e taxa fotossintética (A)

| FV | GL | E | GS | A |
|--------------|-----|-------------|-------------|-------------|
| TRAT | 6 | 4,21E+00*** | 1,25E+00*** | 7,56E+01*** |
| erro (a) | 98 | 5,47E-01 | 8,88E-02 | 7,26E+00 |
| DAT | 2 | 1,90E+02*** | 9,20E+00*** | 1,42E+04*** |
| DATxTRAT | 12 | 4,68E+00*** | 2,15E+00*** | 7,76E+01*** |
| resíduo | 196 | 2,51E-01 | 1,02E-01 | 9,05E+00 |
| CVparcela | | 1,93E-01 | 4,00E-01 | 1,45E-01 |
| CVsubparcela | | 1,15E-01 | 8,50E-01 | 2,04E-02 |

Quadro 9B - Resumo ANOVA para os parâmetros de qualidade do fruto

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | pH | SS | AT | SB | PM | AA | Na | P | N | N-NO3 | K | CT |
| TRAT | 6 | 2,86E-02* | 1,35E-01*** | 6,87E-03*** | 4,85E+00*** | 1,70E+03*** | 1,91E+01*** | 2,20E+01*** | 1,28E+02*** | 9,60E-02*** | 8,85E-02*** | 3,52E-01*** | 2,74E+03*** |
| resíduo | 14 | 1,00E-02 | 3,33E-03 | 8,33E-04 | 4,04E-01 | 2,50E-01 | 9,25E-02 | 1,30E-03 | 4,00E-02 | 1,00E-02 | 2,50E-03 | 1,00E-02 | 4,00E-04 |
| CV | | 2,22E+03 | 9,55E-01 | 5,97E+00 | 5,04E+00 | 3,53E-01 | 1,76E+00 | 2,45E-01 | 6,10E-01 | 3,57E+00 | 3,17E+00 | 2,86E+00 | 5,30E-02 |

Sendo: FV – fonte de variação, GL – graus de liberdade, pH- potencial hidrogeniônico, SS – sólidos solúveis, AT – acidez titulável, PM – peso médio do fruto, AA- ácido ascórbico, Na –sódio, P, fósforo total, N –nitrogênio total, N-NO3 – nitrogênio nítrico, K – potássio solúvel, CT Coliformes totais.

Quadro 10B - Resumo ANOVA para os parâmetros de produção

| FV | GL | Quadrado médio | | | | | | | | | |
|---------|----|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | PT | PSD | PCO | DTL | PS | PC | PGI | PG | PM | PP |
| TRAT | 6 | 5,05E+02*** | 6,07E+02*** | 6,81E+02*** | 9,86E-02*** | 5,15E+01*** | 1,83E+02*** | 5,36E-02*** | 1,40E+02*** | 9,86E+02*** | 2,76E+02*** |
| resíduo | 14 | 9,00E-01 | 7,46E-01 | 7,11E-01 | 4,00E-02 | 1,00E+00 | 1,00E+00 | 2,10E-02 | 1,00E+00 | 1,00E+00 | 1,00E+00 |
| CV | | 5,33E-01 | 1,56E+00 | 1,66E+00 | 1,57E+01 | 1,03E+00 | 1,12E+00 | 4,84E+02 | 6,23E+00 | 2,32E+00 | 2,46E+00 |

Sendo: PT – produção total, PSD – produção de frutos sadios, PCO – produção comercial, DTL – relação diâmetro transversal/longitudinal, PC - porcentagem de frutos comerciais, PGI – porcentagem de frutos gigantes, PG - porcentagem de frutos grandes, PM - porcentagem de frutos médios, PP - porcentagem de frutos pequenos.

Quadro 7B – Equações de regressão para diâmetro do caule (DC, cm)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $\hat{D}_c = 0,3851 + 0,0301^{***} \text{DAT} - 0,0001^{***} \text{DAT}^2$ | 0,975 |
| 2 | $\hat{D}_c = 0,4629 + 0,0286^{**} \text{DAT} - 0,0001^{***} \text{DAT}^2$ | 0,953 |
| 3 | $\hat{D}_c = 0,3801 + 0,0307^{***} \text{DAT} - 0,0001^{***} \text{DAT}^2$ | 0,975 |
| 4 | $\hat{D}_c = 0,3480 + 0,0293^{***} \text{DAT} - 0,0001^{***} \text{DAT}^2$ | 0,986 |
| 5 | $\hat{D}_c = 0,4972 + 0,0271^{***} \text{DAT} - 0,0001^{**} \text{DAT}^2$ | 0,938 |
| 6 | $\hat{D}_c = 0,3667 + 0,0315^{***} \text{DAT} - 0,0001^{***} \text{DAT}^2$ | 0,978 |
| 7 | $\hat{D}_c = 0,3332 + 0,0313^{***} \text{DAT} - 0,0001^{***} \text{DAT}^2$ | 0,983 |

ns, ***, * F não significativo, significativos a 0,1% e 5%, respectivamente. DAT – dias após o transplante, dias.

Quadro 8B – Equações de regressão para altura (H, cm)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $\hat{H} = 9,7278 + 2,5496^{***} \text{DAT} - 0,0048^{***} \text{DAT}^2$ | 0,882 |
| 2 | $\hat{H} = 9,9823 + 2,4985^{***} \text{DAT} - 0,0021^{**} \text{DAT}^2$ | 0,994 |
| 3 | $\hat{H} = 9,6302 + 2,5957^{***} \text{DAT} - 0,0041^{***} \text{DAT}^2$ | 0,984 |
| 4 | $\hat{H} = 9,8809 + 2,5243^{***} \text{DAT} - 0,0034^{**} \text{DAT}^2$ | 0,982 |
| 5 | $\hat{H} = 9,6982 + 2,8663^{***} \text{DAT} - 0,0120^{*} \text{DAT}^2$ | 0,972 |
| 6 | $\hat{H} = 9,7954 + 2,6135^{***} \text{DAT} - 0,0049^{*} \text{DAT}^2$ | 0,908 |
| 7 | $\hat{H} = 9,8217 + 2,4149^{***} \text{DAT} - 0,0008^{**} \text{DAT}^2$ | 0,989 |

Quadro 9B - Equações de regressão para número de folhas totalmente expandidas (NE)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $\hat{NE} = 0,1776^{***} \text{DAT} - 0,0004^{***} \text{DAT}^2$ | 0,963 |
| 2 | $\hat{NE} = 0,2009^{***} \text{DAT} - 0,0004^{**} \text{DAT}^2$ | 0,987 |
| 3 | $\hat{NE} = 0,1848^{***} \text{DAT} - 0,0004^{*} \text{DAT}^2$ | 0,965 |
| 4 | $\hat{NE} = 0,1830^{***} \text{DAT} - 0,0004^{*} \text{DAT}^2$ | 0,958 |
| 5 | $\hat{NE} = 0,2096^{***} \text{DAT} - 0,0004^{**} \text{DAT}^2$ | 0,983 |
| 6 | $\hat{NE} = 0,1807^{***} \text{DAT} - 0,0004^{***} \text{DAT}^2$ | 0,963 |
| 7 | $\hat{NE} = 0,1809^{**} \text{DAT} - 0,0004^{**} \text{DAT}^2$ | 0,986 |

Quadro 10B Equações de regressão para área foliar (AREA, cm²)

| TRAT | Equações | R ² |
|------|--|----------------|
| 1 | $\hat{AREA} = 2,1575 + 28,3470^{***} \text{DAT} - 0,2194^{***} \text{DAT}^2$ | 0,614 |
| 2 | $\hat{AREA} = 2,2224 + 31,4570^{***} \text{DAT} - 0,2388^{***} \text{DAT}^2$ | 0,802 |
| 3 | $\hat{AREA} = 2,1659 + 33,3100^{***} \text{DAT} - 0,2556^{***} \text{DAT}^2$ | 0,801 |
| 4 | $\hat{AREA} = 2,1522 + 29,8470^{***} \text{DAT} - 0,2164^{***} \text{DAT}^2$ | 0,769 |
| 5 | $\hat{AREA} = 2,1711 + 35,6440^{**} \text{DAT} - 0,2789^{**} \text{DAT}^2$ | 0,795 |
| 6 | $\hat{AREA} = 2,1737 + 29,0790^{***} \text{DAT} - 0,2167^{***} \text{DAT}^2$ | 0,729 |
| 7 | $\hat{AREA} = 2,1730 + 30,8160^{***} \text{DAT} - 0,2270^{***} \text{DAT}^2$ | 0,750 |