

ADILSON DE CASTRO ANTÔNIO

**RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DO TOMATEIRO NO SISTEMA  
VIÇOSA COMPARATIVAMENTE A SISTEMAS TRADICIONAIS EM DUAS  
ÉPOCAS DE CULTIVO**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A635r  
2013

Antônio, Adilson de Castro, 1980-  
Respostas ecofisiológicas do tomateiro no sistema  
Viçosa comparativamente a sistemas tradicionais em duas  
épocas de cultivo / Adilson de Castro Antônio. - Viçosa, MG,  
2013.

vii, 60f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Derly José Henriques da Silva.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Tomate - Cultivo. 2. *Solanum lycopersicum*.  
3. Química vegetal. 4. Ecofisiologia vegetal. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa  
de Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 635.642

ADILSON DE CASTRO ANTÔNIO

**RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DO TOMATEIRO NO SISTEMA  
VIÇOSA COMPARATIVAMENTE A SISTEMAS TRADICIONAIS EM DUAS  
ÉPOCAS DE CULTIVO**

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

APROVADA: 17 de dezembro de 2013.

---

Sânzio Mollica Vidigal

---

Cláudio Pagotto Ronchi

---

Wagner Luiz Araújo  
(Coorientador)

---

Everardo Chartuni Mantovani  
(Coorientador)

---

Derly José Henriques da Silva  
(Orientador)

## OFEREÇO

*A Nossa Senhora da Conceição Aparecida pela intercessão junto a Deus nos momentos de angustia e fraqueza. Aos meus pais, Marlene e Dernilo, pelo amor e dedicação, sempre ao meu lado incentivando. A minha esposa Narjara, pelo companheirismo e amor, nunca me deixando desistir. A minha filha Camilly, pelos momentos de carinhos, alegrias e surpresas, me fazendo renascer a cada dia!*

## DEDICO

*A Alice, minha sobrinha, que com sua recente vinda ao nosso mundo, nos ensinou a batalhar pela vida e a alegria que se é viver!*

## AGRADECIMENTOS

A Nossa Senhora da Conceição Aparecida pela intercessão junto a Deus.

Aos meus amores, Narjara e Camilly, pelo convívio amoroso e alegre e por suportarem os momentos estressantes.

Aos meus pais, Marlene e Dernilo, pelo amor e aconselhamentos, além do grande esforço que fizeram para minha formação acadêmica.

Aos irmãos, Andréia e Adriano, pelas conversas e aconselhamentos, sempre me ajudando a decidir pelo melhor caminho.

Aos sobrinhos, Alice, Amanda, Guilherme e Isabella, pelas brincadeiras e momentos felizes que me fizeram renovar para continuar caminhando.

Aos cunhados, Denilson, Kellen e Naisy, pelos momentos felizes e descontraídos, mas também pela amizade e carinho.

Aos meus sogros, Antônio e Nair, sempre apoiando e aconselhando para o melhor caminho.

A Vovó Dolores, pelo amor e contos de histórias da família, sempre acompanhadas de uma boa xícara de café.

À Universidade Federal de Viçosa pela concessão de bolsas de estudo, e em especial ao *Campus de Florestal*, pela liberação para realizar este treinamento.

Ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao CNPq, à CAPES e à Fapemig, pelo financiamento dos trabalhos.

Ao Prof. Derly José Henriques da Silva, pela oportunidade e confiança, além da amizade e humildade em ser profissional exemplar.

Aos Profs. Wagner L. Araújo, Everardo Chartuni Mantovani e Paulo Roberto Cecon, pela amizade, incentivo e colaboração neste trabalho.

Ao Prof. Cláudio Pagotto Ronchi e ao pesquisador Sânzio Mollica Vidigal, pelas valiosas sugestões e observações, além da participação na banca de defesa da tese.

Aos funcionários da Horta Velha e amigos do Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO) pelo auxílio na realização dos trabalhos.

## BIOGRAFIA

Adilson de Castro Antônio, filho de Dernilo Antônio e Marlene de Castro Antônio, nasceu dia 09 de janeiro de 1980, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

No período de 1999 a 2004, cursou Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, UFV, obtendo o grau de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2004.

Iniciou seus trabalhos na área de Entomologia Agrícola no ano de 1999, como estagiário no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, sob a orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde foi bolsista do PIBIC/CNPq/UFV por três anos.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação, nível Mestrado, em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa em março de 2004, sob a orientação do Prof. Derly José Henriques da Silva, defendendo a dissertação em 20 de fevereiro de 2006.

Em agosto de 2006 foi aprovado em concurso público para Professor da Universidade Federal de Viçosa, *Campus de Florestal*, onde permanece trabalhando atualmente.

No primeiro semestre de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação, nível Doutorado, em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa em 17 de dezembro de 2013.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	3
<b>Capítulo I – ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO</b> .....	5
<b>RESUMO</b> .....	6
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	10
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	13
<b>CONCLUSÕES</b> .....	33
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	34
<b>Capítulo II – INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CULTIVO DO TOMATEIRO SOBRE CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, TROCAS GASOSAS E EMISSÃO DE FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA a</b> .....	38
<b>RESUMO</b> .....	39
<b>ABSTRACT</b> .....	40
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	41
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	42
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	45
<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	57
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	60

## RESUMO

ANTÔNIO, Adilson de Castro, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2013. **Respostas ecofisiológicas do tomateiro no sistema Viçosa comparativamente a sistemas tradicionais em duas épocas de cultivo.** Orientador: Derly José Henriques da Silva. Co-orientadores: Everardo Chartuni Mantovani, Paulo Roberto Cecon e Wagner L. Araújo.

O sistema Viçosa de cultivo do tomateiro foi proposto e teve a eficiência econômica e agrônômica comparadas às dos sistemas Vertical e Cerca Cruzada. Obtendo produtividades superiores e economia de insumos em relação aos outros sistemas. Porém, os estudos realizados não esclareceram as razões que levaram o sistema Viçosa a ser mais sustentável que os demais. Neste trabalho, procurou-se avaliar o comportamento dos parâmetros de crescimento, produtivos, de trocas gasosas e emissão de fluorescência da clorofila *a* para elucidar os ganhos produtivos alcançados no sistema Viçosa de cultivo do tomateiro em relação aos sistemas Vertical e Cerca Cruzada. Sendo assim, dois experimentos foram conduzidos no ano de 2012 em Viçosa, MG. Os incrementos em produtividade obtidos no sistema Viçosa, com maior número de plantas por área, em relação aos demais sistemas, foram acompanhados de aumentos na taxa fotossintética líquida e manutenção da taxa transpiratória e da temperatura foliar. A produção total de frutos por planta não foi influenciada pelos sistemas de cultivo. No tomateiro cultivado no sistema Viçosa foi observado crescimento tardio em relação aos demais. Estudos adicionais ainda são necessários para se compreender o comportamento produtivo do tomateiro conduzido no sistema Viçosa.



## ABSTRACT

ANTÔNIO, Adilson de Castro, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, december, 2013. **Ecophysiological responses from tomato in the system Viçosa compared traditional systems in two cropping seasons.** Adviser: Derly José Henriques da Silva. Co-Advisers: Everardo Chartuni Mantovani, Paulo Roberto Cecon and Wagner L. Araújo.

Viçosa tomato growing system, recently proposed, had the economic and agronomic efficiency compared to the Vertical and Cerca Cruzada tomato systems. Getting higher yields and more sustainable than other systems. However, those studies have not clarified the reasons for the Viçosa system to be more productive and economical than Vertical and Cerca Cruzada system. In this study, we aimed evaluate the behavior of the growth, production, gas exchange and emission of fluorescence from chlorophyll a for elucidate the sustainability gains achieved at the Viçosa system tomato cultivation, with more plant per area, regarding to Vertical and Cerca Cruzada systems. Thus, two experiments were conducted in 2012 in Viçosa, MG. The productivity increasing achieved in Viçosa system were accompanied by increasing in net photosynthetic rate and maintenance at transpiration rate and leaf temperature. The total fruit yield per plant was not affected by cropping systems. The tomato conducted in Viçosa system showed late growth compared to Vertical and Cerca Cruzada systems. Additional studies are required to understand the behavior of tomato conducted in Viçosa system.

## INTRODUÇÃO GERAL

Recentemente, foi proposto o sistema alternativo de cultivo do tomateiro denominado sistema de cultivo Viçosa (Almeida, 2012). Neste sistema, o número de plantas por hectare chega a 25 mil e, além disso, diversas práticas culturais como raleio de frutos, retirada de inflorescência, dentre outras, são realizadas (Figura 1). Com a utilização deste sistema considerando a quantidade de insumos gastos foi observado maior eficiência no uso desse fator de produção no sistema Viçosa, com redução de até 50% na quantidade de insumos por caixa (22 kg) produzida (Almeida, 2012). Neste mesmo estudo foi observado no sistema Viçosa incrementos de até 61 e 131% na produtividade comercial e de frutos grandes, respectivamente, sem afetar o sabor dos frutos. Outro fator foi que rentabilidade obtida no sistema Viçosa foi superior em 84,5 e 223%, em comparação aos sistemas Vertical e Cerca Cruzada, respectivamente (Almeida, 2012).

O desenvolvimento de novos sistemas de cultivos cria alternativas para o produtor de tomate na busca de ganhos produtivos num cenário onde o Brasil está aquém de países como a China. Enquanto a produção brasileira de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) dobrou nos últimos 20 anos, partindo de 2,1 milhões de toneladas em 1992 para 4,4 milhões de toneladas em 2011 (Faostat, 2012), no mesmo período, a China maior produtor desta hortaliça, apresentou incrementos na produção de quase seis vezes, chegando em 2012 a 48,5 milhões de toneladas (Faostat, 2012).

No entanto, para atingir tais ganhos produtivos, os produtores de tomates necessitam combinar técnicas culturais que foram avaliadas em conjunto e tiveram suas eficácias comprovadas cientificamente. Sendo que, a combinação de práticas culturais visando atingir o máximo potencial produtivo e ainda reduzindo os custos de produção se caracteriza em sistema de cultivo (Alvarenga, 2004).

O sistema de cultivo em Cerca Cruzada ou “V” invertido é o mais utilizado dentre os produtores de tomate (Marim et al., 2005; Matos et al., 2012). Sendo, iniciado por imigrantes japoneses por volta de 1930 (Acenbi, 2013). Outro sistema de cultivo muito utilizado no Brasil é o Vertical com

fitilho, que consiste em amarrar as plantas com fitilho, o qual se prende a um arame perpendicular à planta (Alvarenga, 2004).

A desvantagem produtiva do sistema Cerca Cruzada em relação ao Vertical com fitilho foi confirmada por diversos estudos (Almeida, 2012; Marim et al., 2005; Wamser et al., 2007; Wamser et al., 2012). Além disso, o controle fitossanitário no sistema Cerca Cruzada foi menor do que no Vertical com fitilho (Boff et al., 1992; Picanço et al., 1995).

Na última década diversas pesquisas avaliaram a eficácia de práticas culturais no tomateiro de forma isolada. Por exemplo, comprovou-se que: i) maior produtividade foi obtida na condução das plantas com uma haste (Marim et al., 2005; Wamser et al., 2007); ii) que o aumento na produção de frutos grandes foi alcançado com a manutenção dos seis primeiros cachos fisiológicos da planta e poda dos demais cachos, sem interferir nas características de sabor destes frutos (Guimarães et al., 2007); iii) o raleio de frutos proporcionou incremento da produtividade comercial e massa média do fruto sem influenciar a qualidade organoléptica dos frutos (Shirahige et al., 2010) e iv) a retirada das folhas baixas, à medida que ocorre a colheita dos frutos de tomate foi eficiente na redução de área foliar lesionada por doenças, significando menor severidade e redução de inóculo na área de cultivo, sem afetar a produção (Silva et al., 2011).

Sendo assim, estudos que avaliem os efeitos da combinação de práticas culturais, que buscam aumento de produtividade e redução dos custos de produção, para originar sistemas de cultivos são necessários.

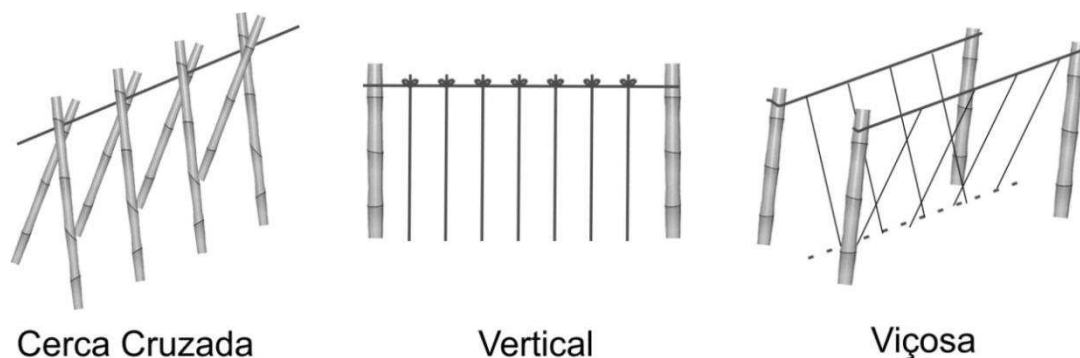


Figura 1. Ilustração dos sistemas de cultivo: Cerca Cruzada, Vertical e Viçosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACENBI. A história de Indaiatuba. 2013. Disponível em: <<http://www.acenbi.org.br/web/index.php?page=a-historia-de-indaiatuba>>.

Acesso em: 04/11/2013.

ALMEIDA, V. D. S. **Sistema Viçosa: Nova proposta para o cultivo do tomateiro**. 2012. 46p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.

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

BOFF, P.; FONTES, P. C. R.; VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Controle da mancha de estenfilio e da pinta-preta do tomateiro em função do sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 25-27, 1992.

FAOSTAT. FAO Statistics Division. 2012. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 18/11/2013.

GUIMARÃES, M. D. A.; SILVA, D. J. H. D.; FONTES, P. C. R.; CALIMAN, F. R. B.; LOOS, R. A.; STRINGHETA, P. C. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 265-269, 2007.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H. D.; GUIMARÃES, M. D. A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 951-955, 2005.

MATOS, E. S.; SHIRAHIGE, F. H.; MELO, P. C. T. D. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 240-245, 2012.

OLIVEIRA, S. L. D.; FERREIRA, M. D.; GUTIERREZ, A. D. S. D. Valoração dos atributos de qualidade do tomate de mesa: um estudo com atacadistas da CEAGESP. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 214-219, 2012.

PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N.; LEITE, G. L. D.; FONTES, P. C. R.; SILVA, E. A. Incidência de *Scrobipalpuoides absoluta* em tomateiro sob diferentes sistemas de tutoramento e de controle químico. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 180-183, 1995.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. D.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. D. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 292-298, 2010.

SILVA, L. J. D.; MILAGRES, C. D. C.; SILVA, D. J. H. D.; NICK, C.; CASTRO, J. P. A. D. Basal defoliation and their influence in agronomic and phytopathological traits in tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 377-381, 2011.

WAMSER, A. F.; MUELLER, S.; BECKER, W. F.; SANTOS, J. P. D. Produção do tomateiro em função dos sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 238-243, 2007.

WAMSER, A. F.; MUELLER, S.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F.; SANTOS, J. P. D. Produtividade de híbridos de tomate submetidos ao cultivo superadensado. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2012.

**Capítulo I – ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO DO  
TOMATEIRO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO**

# ASPECTOS FISIOLÓGICOS DO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO EM FUNÇÃO DO SISTEMA DE CULTIVO

## RESUMO

Os maiores ganhos produtivos alcançados no sistema Viçosa de cultivo do tomateiro são, até o momento, pouco entendidos. Objetivou-se neste trabalho, portanto, fazer a análise de crescimento do tomateiro nos sistemas de cultivo Vertical, Cerca Cruzada e Viçosa. Os tratamentos foram dispostos no esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelos sistemas de cultivo: Cerca Cruzada, Vertical e Viçosa. As subparcelas foram compostas pelas épocas de amostragem das plantas: 15, 30, 45, 60 e 75 dias após o transplante. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os resultados obtidos demonstram que a produção total de frutos por planta não foi influenciada pelos sistemas de cultivo. O crescimento do tomateiro, quantificado por meio da análise de crescimento, foi semelhante nos diferentes sistemas de cultivo, fato este que explica a ausência de diferenças significativas na produtividade por planta entre os sistemas de cultivo. Logo, a maior população de plantas por área no sistema Viçosa, e não os aspectos de crescimento das plantas, parece ser mais importante como causa primária dos ganhos produtivos em comparação aos sistemas Cerca Cruzada e Vertical.

**Palavras-chave:** ecofisiologia, índices fisiológicos, *Solanum lycopersicum*, taxa de crescimento.

## **Physiological aspects of the tomato growth in function to the cropping system**

### **ABSTRACT**

The largest productivity gains achieved on the Viçosa growing tomato system are yet, poorly understood. The objective of this work was therefore to assess the growth of tomato plants at the different cultivation systems Vertical, Cerca Cruzada and Viçosa. The treatments were arranged in a split plot design with plots were by cropping systems: Cerca Cruzada, Vertical e Viçosa. The subplots consisted of different evaluations of plants: 15, 30, 45, 60 and 75 days after transplanting. The experiment was conducted in randomized complete block design with four replications. The results showed that total yield per plant was not affected by cropping systems. The tomato growth, measured by growth analysis, was similar in the different cropping systems, a fact that explains the absence of significant differences in plant productivity between cropping systems. Therefore, the higher plant population per area in Viçosa system, not aspects of plant growth, seems to be more important as primary productive gains compared to the Cerca Cruzada and Vertical systems.

**keywords:** ecophysiology, physiological indices, *Solanum lycopersicum*, growth rate.



## INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) para consumo *in natura* somente alcançou abrangência nacional após a Segunda Guerra Mundial (Alvarenga, 2004). Nesta época, os descendentes japoneses, instalados na cidade paulista de Indaiatuba, eram os principais produtores de tomate do país (Acenbi, 2013), e, provavelmente, pioneiros na condução do tomate em Cerca Cruzada.

Mesmo não sendo o método de condução do tomateiro mais produtivo, a Cerca Cruzada ainda continua sendo o principal método de condução do tomateiro (Marim et al., 2005; Wamser et al., 2007). Além disso, esse sistema reduz a eficiência de aplicação de defensivos, uma vez que, o produto não atinge toda a planta, dificultando assim o controle de insetos-praga (Picanço et al., 1995) e doenças (Boff et al., 1992).

Durante a última década vários estudos foram realizados para associar práticas culturais que, em conjunto, proporcionassem aumento produtivo e reduzissem os custos de produção do tomateiro. Em conjunto, esses estudos deram origem a novo sistema de cultivo denominado Sistema Viçosa (Almeida, 2012). Neste sistema, as plantas são conduzidas em espaçamento reduzido (2,0 x 0,2 m), tutoradas alternadamente com fitilho, com inclinação de aproximadamente 75° com o solo, sendo necessárias duas fileiras paralelas de arames. Além disso, as plantas são conduzidas com apenas uma haste, retirando-se as inflorescências acima do 8° racemo e removendo a gema apical acima da 12ª inflorescência. O raleio de frutos é feito assim que frutos desuniformes, defeituosos ou com problemas fitossanitários sejam observados. Ademais, antes da colheita, as folhas abaixo do terceiro cacho são retiradas para reduzir fonte de inóculo de pragas e doenças e melhorar a incidência de luz e aeração ao longo do dossel (Almeida, 2012).

A eficiência produtiva e econômica do sistema Viçosa foi recentemente comparada à dos sistemas Vertical e Cerca Cruzada (Almeida, 2012). Neste trabalho observou-se que o sistema Viçosa proporcionou incrementos na produtividade e produção de frutos grandes de

até 61 e 131%, respectivamente, sem, no entanto afetar o sabor dos frutos. Ademais, a rentabilidade foi até 223% superior à do sistema Cerca Cruzada.

No entanto, pouco ou nada se sabe acerca dos parâmetros fotossintéticos envolvidos nessa maior produtividade observada no Sistema Viçosa. Sendo que os sistemas de condução podem influenciar a capacidade assimilatória e a alocação de assimilados entre os diferentes órgãos da planta, o que poderia ser avaliado pela análise de crescimento (Benincasa, 2003), técnica pouco empregada neste tipo de estudo. Assim, o maior ganho produtivo alcançado no sistema Viçosa de cultivo do tomateiro é pouco entendido atualmente do ponto de vista fisiológico. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi fazer análise de crescimento do tomateiro nos sistemas de cultivo Vertical, Cerca Cruzada e Viçosa, visando explicações para os ganhos produtivos alcançados no sistema Viçosa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Horta Velha, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (20° 76' S, 42° 86' W, 712 m de altitude), Viçosa, Minas Gerais, Brasil, no período de 21 de agosto a 05 de dezembro (primavera-verão) de 2012, em condições de campo aberto, em solo Argissolo Amarelo, textura argilosa e topografia plana.

Utilizou-se o híbrido comercial Upiã, do grupo Santa Cruz e de hábito de crescimento indeterminado. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 200 células preenchidas com substrato comercial. O transplântio foi realizado quando as mudas estavam com três a quatro folhas definitivas.

A distribuição dos fertilizantes foi feita via fertirrigação seguindo recomendações para cultura (Alvarenga, 2004; Ribeiro et al., 1999). Os tratos culturais realizados durante o experimento seguiram as recomendações de Alvarenga (2004) e Silva & Vale (2007).

Para o manejo da irrigação utilizou-se o programa computacional Irriplus<sup>®</sup>, pelo qual se determinou a demanda hídrica do tomateiro por meio dos coeficientes de ajuste (coeficiente da cultura –  $k_c$ , localização da irrigação –  $k_l$  e do solo –  $k_s$ ) sobre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), mediante informações diárias de: temperatura máxima, média e mínima (°C), velocidade do vento (m/s), umidade relativa (%), precipitação (mm) e radiação ( $W\ m^{-2}$ ), obtidos de estação meteorológica automática instalada na área experimental. As temperaturas mínima e máxima, bem como, a precipitação e lâmina líquida irrigada durante o período de condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

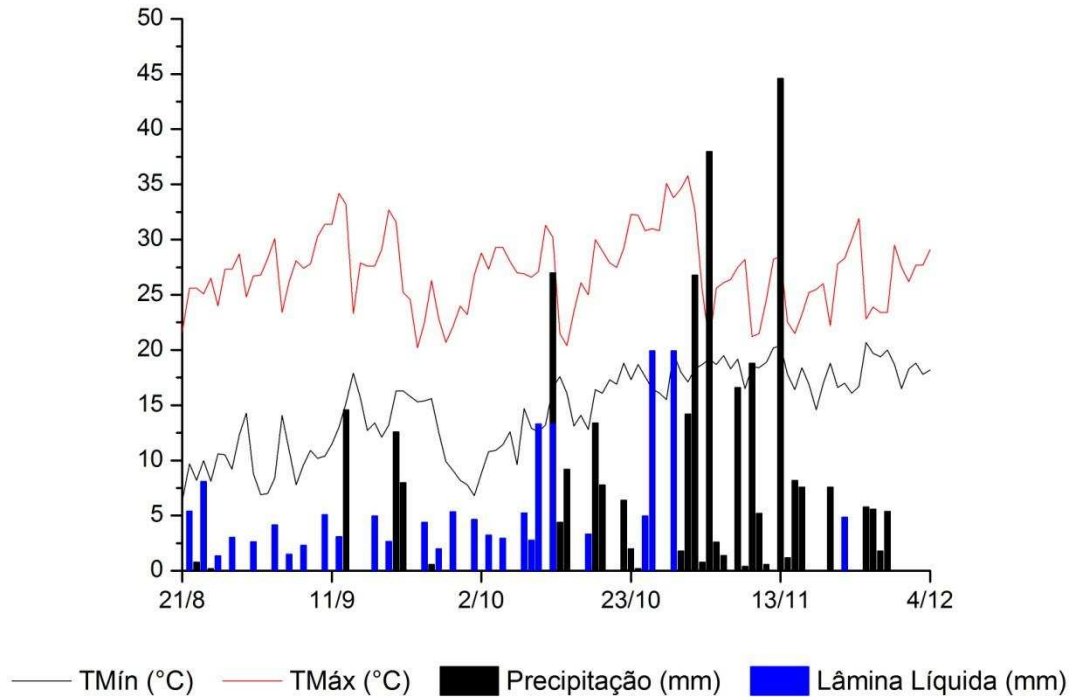


Figura 1 – Dados de temperaturas mínima (TMín) e máxima (TMáx), precipitação e lâmina líquida irrigada, referentes ao período de condução do experimento.

O experimento foi conduzido no esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas representadas pelos sistemas de condução: Vertical, tutorado com fitilho em espaçamento 1,0 x 0,5 m; Cerca Cruzada, tutorado com bambu em espaçamento de 1,0 x 0,5 m; e Viçosa, tutorado com fitilho em espaçamento 2,0 x 0,2 m (Almeida, 2012). As subparcelas foram compostas pelas épocas de amostragem das plantas: 15, 30, 45, 60 e 75 dias após o transplântio (DAT). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída por três linhas de 10 plantas, perfazendo um total de 30 plantas por parcela, sendo avaliadas as quatro plantas centrais de cada parcela.

Para cada época de amostragem foram coletadas quatro plantas de tomate por tratamento, no período da manhã. Essas plantas foram fracionadas em caule, folhas, inflorescências e frutos, e colocadas em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 75°C, até atingir massa constante.

Avaliou-se matéria seca de folhas (MSF), caule (MSC), inflorescências (MSI), frutos (MSFr) e total (MST), obtidos mediante pesagens diretas de cada órgão da planta. Utilizando-se a área foliar, medida em escâner digital, e as massas secas previamente obtidas foram determinadas as seguintes características: Índice de Área Foliar (IAF):  $IAF = AF/S$ , onde AF significa área foliar ( $m^2$ ) e S a área disponível para a planta ( $m^2$ ); Razão de Área Foliar (RAF):  $RAF = AF/MST$  ( $cm^2/g$ ), onde AF significa área foliar e MST, a massa seca total; Razão de Peso Foliar (RPF):  $RPF = MSF/MST$  onde MSF significa matéria seca de folha e MST significa matéria seca total; Área Foliar Específica (AFE):  $AFE = AF/MSF$  ( $cm^2/g$ ), onde MSF foi a massa seca de folhas; Taxa de Crescimento Absoluto (TCA):  $TCA = (MST2 - MST1)/(T2 - T1)$  (g/planta/dia), onde MST1 e MST2 são o peso da matéria seca de duas amostragem sucessivas; Taxa de Crescimento Relativo (TCR):  $TCR = (\ln(MST2) - \ln(MST1))/(T2 - T1)$  (g/g/dia), onde ln significa logaritmos naturais de MST2 e MST1 relativas às matérias secas de duas amostragens sucessivas; Taxa Assimilatória Líquida (TAL):  $TAL = [(MST2 - MST1)/(T2 - T1)] \times [(\ln(A2) - \ln(A1))/(A2 - A1)]$  (g/cm<sup>2</sup>/dia); Taxa de Crescimento da Cultura (TCC):  $TCC = TAL \cdot IAF$  (g/cm<sup>2</sup>/dia).

Os dados foram analisados por meio da análise de variância e de regressão. Para os fatores qualitativos as médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos os modelos foram escolhidos de acordo com a significância dos coeficientes de regressão e no fenômeno biológico.

Para o caso de regressão não linear o modelo utilizado foi:

$$Y = \frac{a}{1 + \text{EXP}(-b(X-c))} + e_i$$

onde: a, b e c são parâmetros de ajustes, e  $e_i$  o erro.

Determinou-se também o ponto crítico mínimo ( $PC_{\min}$ ), que representa o momento na curva de acúmulo em que se iniciam ganhos expressivos nas matérias secas, e o ponto crítico máximo ( $PC_{\max}$ ), que representa o momento em que o acúmulo dos componentes começa a se estabilizar, conforme previamente descrito (Alves et al., 2012):

$$PC_{\min} = \frac{bc-2}{b} \qquad PC_{\max} = \frac{bc+2}{b}$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre época e sistemas de cultivo foi significativa apenas para MSF (Tabela 1). Por outro lado, a variável época foi significativa para todas as características e o contrário sendo observado para os sistemas. Foi possível observar aos 60 DAT uma maior MST no sistema Vertical comparado ao sistema Viçosa, fato que se inverteu aos 75 DAT, quando tanto MST e MSF foram superiores no sistema Viçosa (Tabela 2). Para as demais características não houve diferença entre os sistemas (Tabela 2).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características Matéria Seca de Folha (MSF), Matéria Seca de Caule (MSC), Matéria Seca de Inflorescências (MSI), Matéria Seca de Fruto (MSFr) e Matéria Seca de Total (MST) por planta avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

FV	GL	Quadrado médio				
		MSF	MSC	MSI	MSFr	MST
Bloco	3	18,6397	4,3802	0,3479	159,4524	96,3497
Sistemas (S)	2	2,2612 <sup>ns</sup>	0,3545 <sup>ns</sup>	0,0149 <sup>ns</sup>	28,5888 <sup>ns</sup>	50,4562 <sup>ns</sup>
Erro a	6	46,2955	5,9603	0,5030	68,8844	176,7795
Épocas (E)	4	5407,0382**	1204,4971**	54,5679**	8638,3982**	41624,7830**
S x E	8	77,9400*	6,4860 <sup>ns</sup>	0,1335 <sup>ns</sup>	46,3928 <sup>ns</sup>	250,4133 <sup>ns</sup>
Erro b	36	26,3567	5,1456	0,5111	88,9524	113,1834
CV (%) parcelas		28,92	24,64	41,40	45,46	24,90
CV (%) subparcelas		21,82	22,89	41,73	51,66	19,92

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

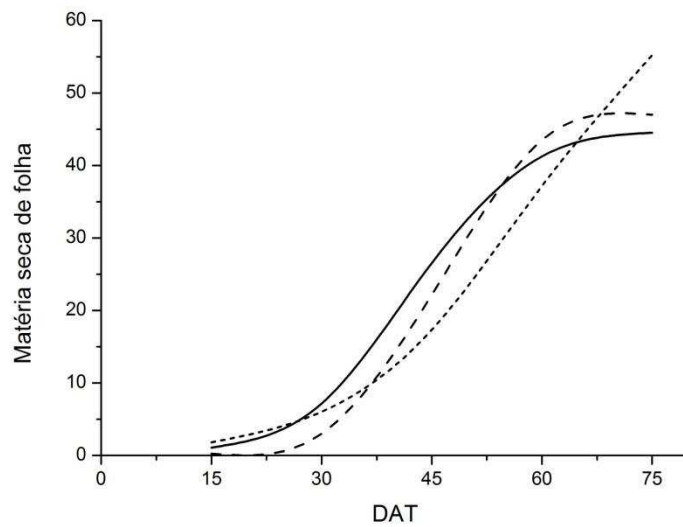
Tabela 2 – Valores médios de Matéria Seca de Folha (MSF), Matéria Seca de Caule (MSC), Matéria Seca de Inflorescência (MSI), Matéria Seca de Fruto (MSFr) e Matéria Seca de Total (MST) por planta avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro, em cinco épocas distintas.

Sistemas	Matéria seca de folha (g/planta)				
	15	30	45	60	75
Cerca	0,76 a	5,38 a	28,75 a	37,08 a	47,38 ab
Vertical	0,51 a	4,90 a	21,20 a	45,28 a	45,69 b
Viçosa	0,48 a	4,53 a	19,45 a	35,95 a	55,57 a
Matéria seca de caule (g/planta)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,33 a	1,60 a	9,53 a	15,08 a	23,69 a
Vertical	0,26 a	1,55 a	7,75 a	17,13 a	22,82 a
Viçosa	0,23 a	1,25 a	7,23 a	14,15 a	26,04 a
Matéria seca de inflorescência (g/planta)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,00 a	0,15 a	0,78 a	2,58 a	4,91 a
Vertical	0,00 a	0,10 a	0,65 a	3,03 a	4,89 a
Viçosa	0,00 a	0,10 a	0,85 a	2,45 a	5,22 a
Matéria seca de frutos (g/planta)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,00 a	0,00 a	1,83 a	30,08 a	66,27 a
Vertical	0,00 a	0,00 a	1,48 a	31,13 a	54,88 a
Viçosa	0,00 a	0,00 a	2,50 a	23,03 a	62,66 a
Matéria seca de total (g/planta)					
	15	30	45	60	75
Cerca	1,09 a	7,13 a	40,88 a	84,80 ab	142,25 ab
Vertical	0,77 a	6,55 a	31,08 a	96,55 a	128,28 b
Viçosa	0,71 a	5,88 a	30,03 a	75,58 b	149,49 a

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

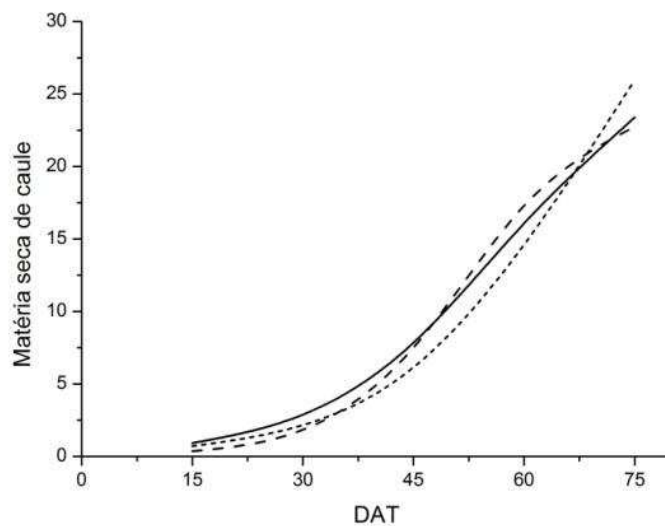
As características MSF, MSC, MSI, MSFr e MST tiveram comportamento sigmóide em todos os sistemas (Figuras 2 a 6, respectivamente).





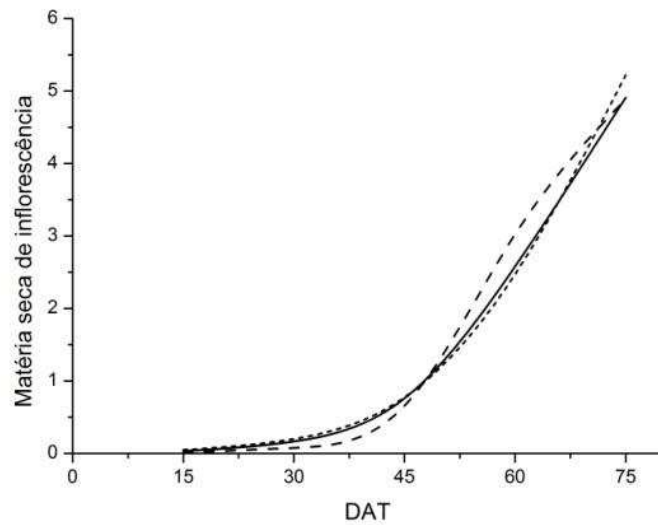
—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = 45,06997 / (1 + \text{EXP}(-0,13492 * (X - 42,34444)))$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = 47,32853 / (1 + \text{EXP}(-0,17041 * (X - 45,75043)))$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = 68,41126 / (1 + \text{EXP}(-0,08374 * (X - 57,91903)))$

Figura 2 – Estimativa da matéria seca de folha (g/planta) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.



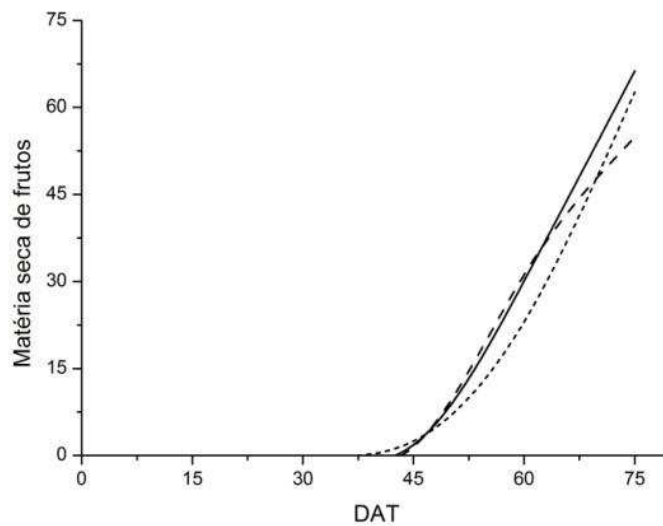
—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = 29,00737 / (1 + \text{EXP}(-0,08065 * (X - 57,31347)))$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = 24,51092 / (1 + \text{EXP}(-0,11258 * (X - 52,25607)))$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = 40,56005 / (1 + \text{EXP}(-0,07658 * (X - 67,50662)))$

Figura 3 – Estimativa da matéria seca de caule (g/planta) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.



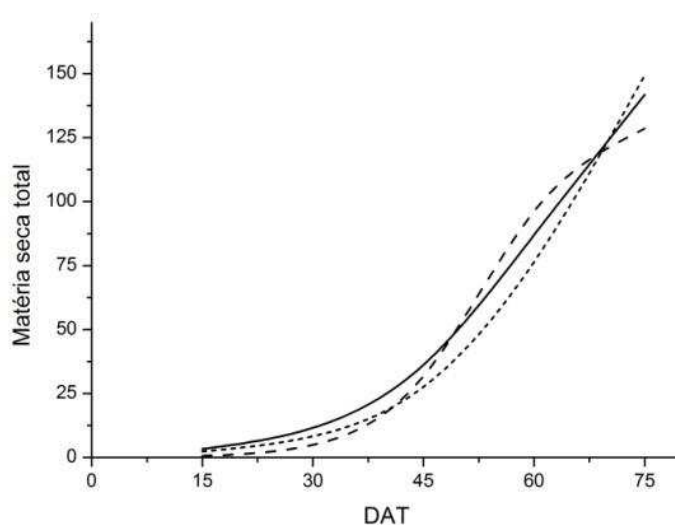
—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = 6,32044 / (1 + \text{EXP}(-0,10788 * (X - 63,44516)))$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = 5,2756 / (1 + \text{EXP}(-0,14979 * (X - 58,03332)))$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = 8,05166 / (1 + \text{EXP}(-0,09504 * (X - 68,56923)))$

Figura 4 – Estimativa da matéria seca de inflorescência (g/planta) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.



—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = 69,30863 / (1 + \text{EXP}(-0,22315 * (X - 61,19123)))$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = 55,81644 / (1 + \text{EXP}(-0,25595 * (X - 59,09529)))$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = 72,97115 / (1 + \text{EXP}(-0,17189 * (X - 64,50395)))$

Figura 5 – Estimativa da matéria seca de frutos (g/planta) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.



$$\begin{aligned} \text{--- } \hat{Y}(\text{Cerca}) &= 186,31693/(1+\text{EXP}(-0,08598*(X-61,55489))) \\ \text{--- } \hat{Y}(\text{Vertical}) &= 134,81067/(1+\text{EXP}(-0,13933*(X-53,44905))) \\ \text{..... } \hat{Y}(\text{Viçosa}) &= 234,87351/(1+\text{EXP}(-0,08578*(X-68,50242))) \end{aligned}$$

Figura 6 – Estimativa da matéria seca total (g/planta) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.

De modo geral, o  $PC_{\min}$  para os sistemas Vertical e Cerca Cruzada foram próximos para MSC (35 e 33 DAT, respectivamente), MSI (45 e 45 DAT, respectivamente), MSFr (51 e 52 DAT, respectivamente) e MST (39 e 38 DAT, respectivamente). Por outro lado, o  $PC_{\min}$  da MSF no sistema Cerca Cruzada ocorreu aos 28 DAT, sendo o mesmo semelhante nos sistemas Vertical e Viçosa verificado aos 34 DAT. No sistema Viçosa foi observado a ocorrência de  $PC_{\min}$  aos 42, 48, 53 e 45 DAT para MSC, MSI, MSFr e MST, respectivamente. Nestes resultados pode-se observar que o início de ganhos expressivos na MSF foi precoce no sistema Cerca Cruzada, em adição, ganhos em MSC e MST foram mais tardios no sistema Viçosa. Dessa forma, ganhos em termos produtivos observados no sistema Viçosa em outros trabalhos não foram observados neste estudo. Dentro do período avaliado (75 DAT) não foi possível determinar  $PC_{\max}$  no sistema Viçosa para as matérias secas. Por outro lado, embora no Cerca Cruzada foi possível determinar  $PC_{\max}$  somente para MSF (57 DAT) e MSFr (70 DAT), no sistema

Vertical  $PC_{\text{máx}}$  ocorreu aos 57 DAT para MSF, 70 DAT para MSC, 72 DAT para MSI, 67 para MSFr e 68 para MST.

Semelhantemente ao observado para as análises envolvendo matéria seca, não houve efeito da interação entre épocas e sistemas de cultivo para a partição de assimilados (Tabela 3). Embora as épocas tenham sido significativas para todas as características, o que não foi observado para os sistemas (Tabela 3). Os valores médios da fração de massa seca nos frutos (Tabela 4) estão dentro dos padrões brasileiros (entre 40 e 50%), porém inferiores aos obtidos em outros países, em torno de 60% (Andriolo et al., 2004).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância da partição de assimilados de folhas, caules, inflorescências e frutos por planta, avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

FV	GL	Quadrado médio			
		Folha	Caule	Inflorescência	Fruto
Bloco	3	47,3267	5,8589	0,0763	79,6107
Sistemas (S)	2	0,1495 <sup>ns</sup>	7,5349 <sup>ns</sup>	0,2225 <sup>ns</sup>	9,6335 <sup>ns</sup>
Erro a	6	7,0761	5,0008	0,5160	19,6393
Épocas (E)	4	3347,1429**	437,6196**	23,2316**	4846,7650**
S x E	8	17,2005 <sup>ns</sup>	3,1245 <sup>ns</sup>	0,2685 <sup>ns</sup>	14,5033 <sup>ns</sup>
Erro b	36	33,3489	5,7562	0,4580	54,4842
CV (%) parcelas		4,54	9,71	32,92	27,41
CV (%) subparcelas		9,85	10,42	31,02	45,66

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 – Valores médios da partição de assimilados de folhas, caules, inflorescências e frutos por planta, avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

Partição de assimilados - Folha (%)					
	15	30	45	60	75
Cerca	69,37 a	75,41 a	69,41 a	45,05 a	33,35 a
Vertical	66,06 a	74,80 a	68,59 a	48,00 a	35,97 a
Viçosa	67,02 a	76,63 a	64,54 a	47,73 a	37,30 a
Partição de assimilados - Caule (%)					
	15	30	45	60	75
Cerca	30,63 a	22,47 a	24,35 a	18,22 a	16,56 a
Vertical	33,94 a	23,57 a	24,89 a	18,01 a	17,95 a
Viçosa	32,98 a	21,47 a	23,97 a	19,03 a	17,49 a
Partição de assimilados - Inflorescência (%)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,00 a	2,12 a	1,99 a	3,08 a	3,46 a
Vertical	0,00 a	1,63 a	2,06 a	3,15 a	3,73 a
Viçosa	0,00 a	1,90 a	2,87 a	3,22 a	3,53 a
Partição de assimilados - Frutos (%)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,00 a	0,00 a	4,25 a	33,65 a	46,63 a
Vertical	0,00 a	0,00 a	4,46 a	30,84 a	42,35 a
Viçosa	0,00 a	0,00 a	8,62 a	30,02 a	41,68 a

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas tabelas 5 e 6 encontram-se o resumo da análise de variância para os índices fisiológicos: razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF), índice de área foliar (IAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento da cultura (TCC). Embora a interação entre sistemas e épocas tenha sido significativa apenas para TCA e TCC, desdobrando a interação observa-se que a época foi significativa para todas as características analisadas ao passo que para os sistemas somente para IAF (Tabela 5 e 6).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância da razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e índice de área foliar (IAF), avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

FV	GL	Quadrado médio (QM)			
		RAF	AFE	RPF	IAF
Bloco	3	404,3531	1212,9804	0,00473	0,0883
Sistemas (S)	2	129,2752 <sup>ns</sup>	240,5920 <sup>ns</sup>	0,00001 <sup>ns</sup>	0,1171*
Erro a	6	54,6038	111,0639	0,00070	0,0209
Épocas (E)	4	34535,7027**	46913,6141**	0,33471**	2,9100**
S x E	8	177,3591 <sup>ns</sup>	457,2534 <sup>ns</sup>	0,00172 <sup>ns</sup>	0,0365 <sup>ns</sup>
Erro b	36	109,0447	333,2674	0,00333	0,0212
CV (%) parcelas		7,92	6,93	4,54	24,76
CV (%) subparcelas		11,19	12,00	9,85	24,90

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância da taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento da cultura (TCC), avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

FV	GL	Quadrado médio (QM)			
		TCA	TCR	TAL	TCC
Bloco	3	0,3778	0,00002	9,9042E-8	4,8861E-9
Sistemas (S)	2	0,4133 <sup>ns</sup>	0,00002 <sup>ns</sup>	1,4286E-8 <sup>ns</sup>	1,4924E-7 <sup>ns</sup>
Erro a	6	0,2207	0,00001	1,18488E-8	2,91578E-8
Épocas (E)	4	33,2042**	0,04107**	0,000002**	0,000002**
S x E	8	2,6784**	0,00063 <sup>ns</sup>	1,2565E-7 <sup>ns</sup>	2,4424E-7*
Erro b	36	0,8516	0,00041	1,0046E-7	8,2057E-8
CV (%) parcelas		25,17	5,44	9,34	30,98
CV (%) subparcelas		49,44	31,06	27,19	51,97

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.



Embora aos 30 DAT, a RAF tenha sido significativamente maior no sistema de cultivo Viçosa que nos demais períodos e sistemas, não foi detectada diferenças significativas para a RAF (em outras épocas), AFE e RPF (Tabela 7). Por outro lado, maior IAF para o sistema Viçosa foi observado aos 75 DAT. Aos 60 DAT o sistema Vertical apresentou maior TCC que o sistema Viçosa. Este padrão foi invertido aos 75 DAT, quando além de TCC o sistema Viçosa com maiores TCA e TAL do que o sistema Vertical (Tabela 8).

Tabela 7 – Valores médios de razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e índice de área foliar (IAF), avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

Razão de área foliar (cm <sup>2</sup> /g)					
	15	30	45	60	75
Cerca	175,41 a	104,89 b	79,31 a	61,53 a	33,18 a
Vertical	179,37 a	109,06 b	83,44 a	59,90 a	34,33 a
Viçosa	166,72 a	127,41 a	85,17 a	67,24 a	33,19 a
Área foliar específica (cm <sup>2</sup> /g)					
	15	30	45	60	75
Cerca	252,87 a	139,19 a	114,91 a	137,96 a	100,03 a
Vertical	271,52 a	145,87 a	121,69 a	125,80 a	92,57 a
Viçosa	248,77 a	166,40 a	132,15 a	141,54 a	90,35 a
Razão de peso foliar					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,69 a	0,75 a	0,69 a	0,45 a	0,33 a
Vertical	0,66 a	0,75 a	0,69 a	0,48 a	0,36 a
Viçosa	0,67 a	0,77 a	0,65 a	0,48 a	0,37 a
Índice de área foliar					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,04 a	0,15 a	0,63 a	1,02 a	0,92 b
Vertical	0,03 a	0,14 a	0,51 a	1,14 a	0,84 b
Viçosa	0,03 a	0,19 a	0,64 a	1,27 a	1,24 a

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8 – Valores médios da taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento da cultura (TCC), avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em cinco épocas distintas.

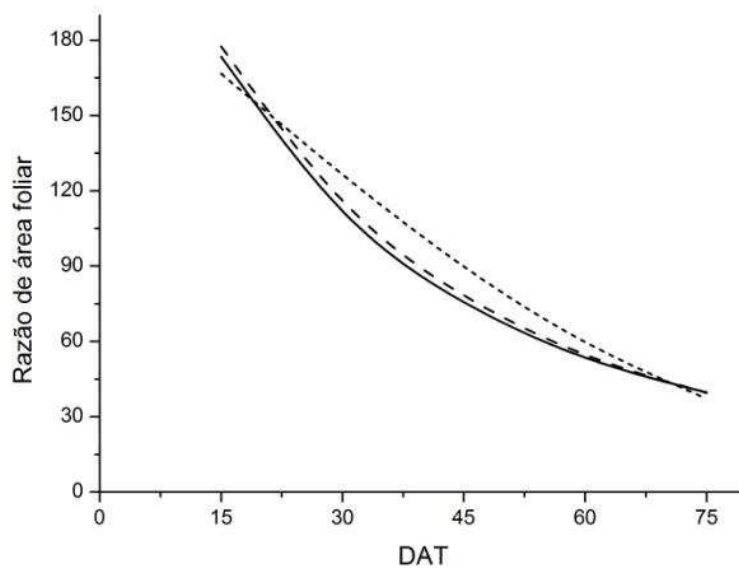
Taxa de crescimento absoluto (g/planta/dia)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,07 a	0,40 a	2,25 a	2,93 a	3,83 b
Vertical	0,05 a	0,39 a	1,64 a	3,04 a	2,12 b
Viçosa	0,05 a	0,34 a	1,61 a	4,37 a	4,93 a
Taxa de crescimento relativo (g/g/dia)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,0059 a	0,1250 a	0,1131 a	0,0514 a	0,0349 a
Vertical	-0,0174 a	0,1406 a	0,1052 a	0,0754 a	0,0191 a
Viçosa	-0,0227 a	0,1375 a	0,1118 a	0,0614 a	0,0456 a
Taxa assimilatória líquida (g/cm <sup>2</sup> /dia)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,0020 a	0,0010 a	0,0013 a	0,0008 a	0,0008 ab
Vertical	0,0018 a	0,0011 a	0,0011 a	0,0011 a	0,0005 b
Viçosa	0,0019 a	0,0010 a	0,0011 a	0,0008 a	0,0010 a
Taxa de crescimento da cultura (g/cm <sup>2</sup> /dia)					
	15	30	45	60	75
Cerca	0,0001 a	0,0001 a	0,0009 a	0,0008 b	0,0007 b
Vertical	0,0001 a	0,0002 a	0,0006 a	0,0013 a	0,0003 b
Viçosa	0,0001 a	0,0002 a	0,0007 a	0,0010 ab	0,0012 a

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses dados indicam que houve variação no crescimento em resposta ao sistema de cultivo ao analisar o comportamento das curvas de crescimento para RAF, AFE, RPF, IAF, TCA, TCR, TAL e TCC (Figuras 7 a 14, respectivamente). Observa-se que enquanto o IAF apresentou comportamento sigmóide as características AFE, RAF, RPF, TCA e TCC apresentaram crescimento exponencial quadrático. Em adição, TCR e TAL (no sistema Vertical) apresentaram comportamentos cúbicos e TAL (Cerca Cruzada e Viçosa) assintótico.

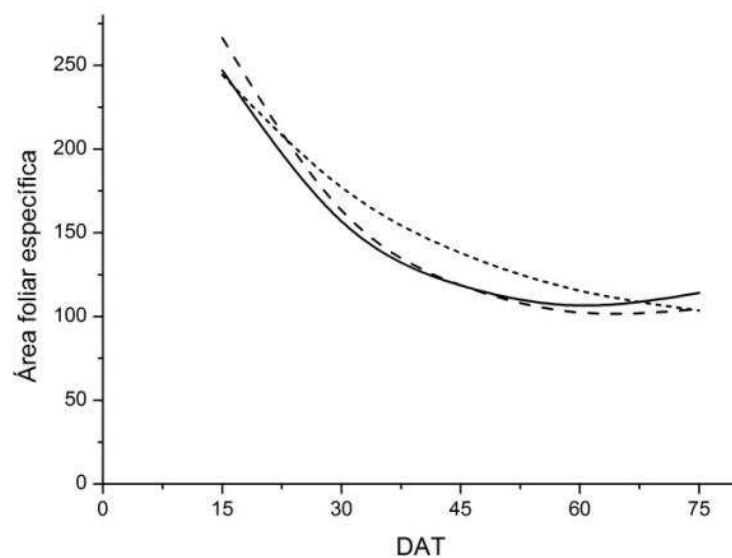
Independentemente do sistema de cultivo, a RAF e AFE reduziram ao longo das avaliações (Figuras 7 e 8), o que era esperado. Isso, pois considerando que ambas variáveis relacionam área foliar com massa seca de folha (AFE) e total (RAF), e à medida que a planta cresce o autossombreamento é aumentado, levando, em última instância, a reduções

na área foliar útil, porém com aumentos na matéria seca de folhas e total (Benincasa, 2003), esse padrão era esperado.



$$\begin{aligned} \text{--- } \hat{Y}(\text{Cerca}) &= \text{EXP}(5,63879+(-0,03375*X)+(0,000101975*X^2)) \\ \text{---} \hat{Y}(\text{Vertical}) &= \text{EXP}(5,6369+(-0,03165*X)+(0,0000735791*X^2)) \\ \text{..... } \hat{Y}(\text{Viçosa}) &= \text{EXP}(5,32613+(-0,01182*X)+(-0,000146011*X^2)) \end{aligned}$$

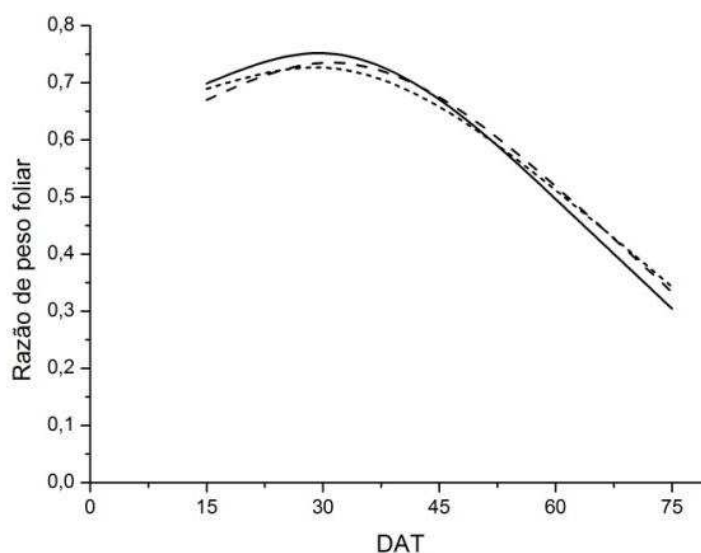
Figura 7 – Estimativa da razão de área foliar (cm<sup>2</sup>/g) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.



$$\begin{aligned} \text{--- } \hat{Y}(\text{Cerca}) &= \text{EXP}(6,1371+(-0,04765*X)+(0,00038641*X^2)) \\ \text{---} \hat{Y}(\text{Vertical}) &= \text{EXP}(6,24382+(-0,0496*X)+(0,000377967*X^2)) \\ \text{..... } \hat{Y}(\text{Viçosa}) &= \text{EXP}(5,88976+(-0,02846*X)+(0,000157328*X^2)) \end{aligned}$$

Figura 8 – Estimativa da área foliar específica (cm<sup>2</sup>/g) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.

A RPF com crescimento máximo próximo de 30 DAT quando, a partir de então, decresceu até o fim das avaliações (Figuras 9). Decréscimos em RPF ocorrem simultaneamente a aumentos em MSFr, o que justificaria, ao menos em parte, o fato ocorrido.

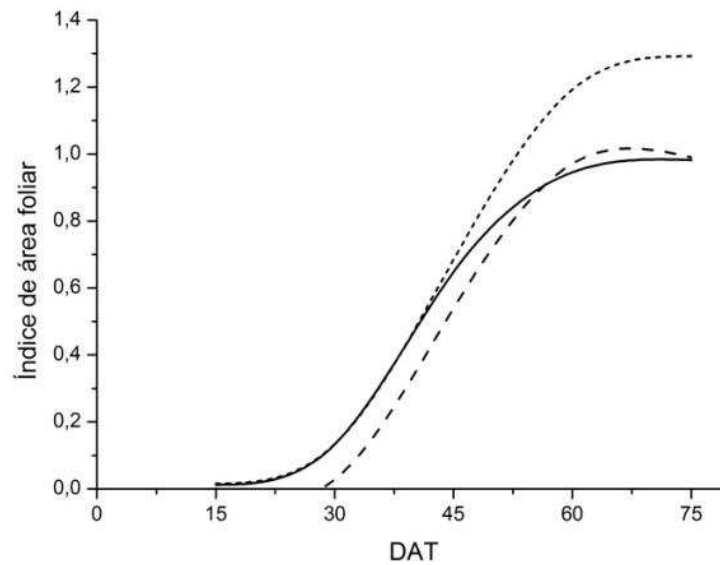


$$\begin{aligned} \text{---} \hat{Y}(\text{Cerca}) &= \text{EXP}(-0,61839+(0,02356*X)+(-0,00041545*X^2)) \\ \text{---} \hat{Y}(\text{Vertical}) &= \text{EXP}(-0,67105+(0,02395*X)+(-0,000395179*X^2)) \\ \text{.....} \hat{Y}(\text{Viçosa}) &= \text{EXP}(-0,57618+(0,01864*X)+(-0,000336442*X^2)) \end{aligned}$$

Figura 9 – Estimativa da razão de peso foliar (g/g) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.

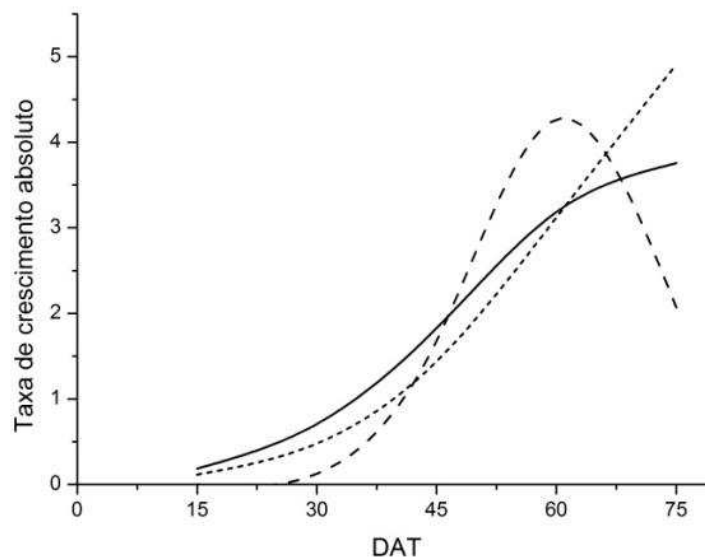
O  $PC_{\text{mín}}$  para IAF ocorreu próximo aos 30 DAT nos sistemas Cerca Cruzada e Viçosa sendo mais tardio (aos 36 DAT) no Vertical. Já  $PC_{\text{máx}}$  foi próximo aos 52 DAT para os sistemas Cerca Cruzada e Vertical, e aos 58 DAT no Viçosa (Figura 10).

No sistema Vertical a TCA alcançou máximo aos 61 DAT (4,3 g/planta), ao passo que o máximo foi mais tardio (74 DAT) no Cerca Cruzada com valores de (3,8 g/planta) (Figura 11).



—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = 0,98538/(1+\text{EXP}(-0,16696*(X-41,10463)))$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = 0,99082/(1+\text{EXP}(-0,24813*(X-44,2859)))$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = 1,30466/(1+\text{EXP}(-0,15087*(X-44,35356)))$

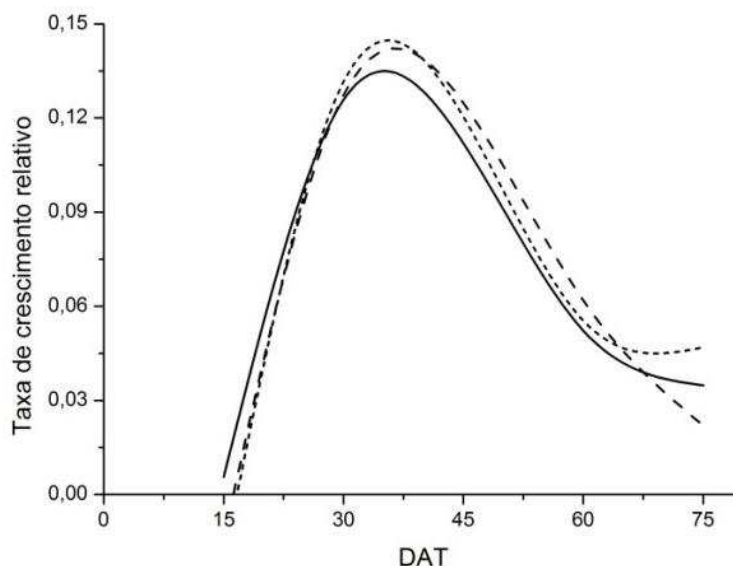
Figura 10 – Estimativa do índice de área foliar ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ ) em função dos dias após tranplanto (DAT) para os respectivos sistemas.



—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = \text{EXP}(-3,41517+(0,12841*X)+(-0,000869801*X^2))$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = \text{EXP}(-12,22105+(0,44866*X)+(-0,00368*X^2))$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = \text{EXP}(-3,88572+(0,12655*X)+(-0,000713708*X^2))$

Figura 11 – Estimativa da taxa de crescimento absoluto (g/planta/dia) em função dos dias após tranplanto (DAT) para os respectivos sistemas.

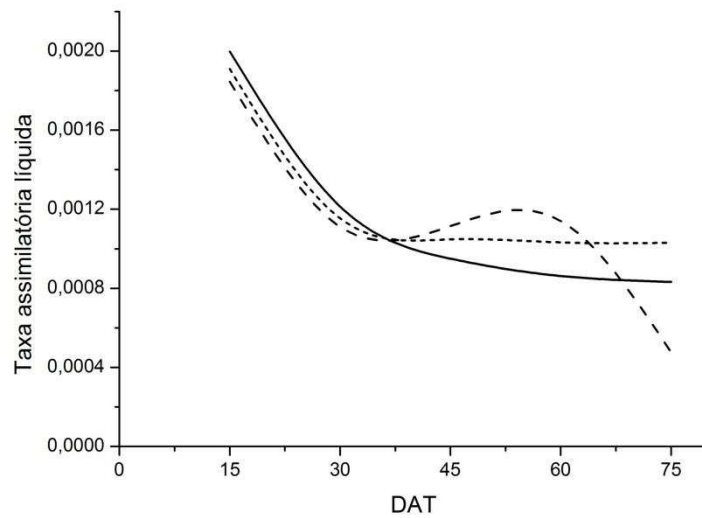
A TCR apresentou crescimento máximo próximo de 38 DAT quando, a partir de então, decresceu até o fim das avaliações (Figura 12). Sendo TCR o produto entre TAL e RAF (Benincasa, 2003), decréscimos em TAL e RAF promovem decréscimos em TCR, que ao longo do ciclo do tomateiro são comumente observados (Fayad et al., 2001).



$$\begin{aligned} \text{--- } \hat{Y}(\text{Cerca}) &= -0,33647 + (0,03217 * X) + (-0,000689159 * X^2) + (0,00000434971 * X^3) \\ \text{---} \hat{Y}(\text{Vertical}) &= -0,38274 + (0,034 * X) + (-0,000690225 * X^2) + (0,00000411807 * X^3) \\ \text{..... } \hat{Y}(\text{Viçosa}) &= -0,44848 + (0,04007 * X) + (-0,000854445 * X^2) + (0,0000054433 * X^3) \end{aligned}$$

Figura 12 – Estimativa da taxa de crescimento relativo (g/g/dia) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.

A TAL apresentou comportamento semelhante nos sistemas Cerca Cruzada e Viçosa, aos 75 DAT, em contraste, no sistema Vertical a TAL sofreu forte queda, representando metade do valor apresentado no sistema Viçosa (Figura 13). Ressalta-se que as reduções ocorridas em MST e IAF aos 75 DAT, possivelmente, potencializaram reduções em TAL no sistema Vertical, pois são parâmetros utilizados na determinação da mesma. Fato que não ocorreu com a TAL no sistema Cerca Cruzada, pois apresentou MST semelhante ao Viçosa.

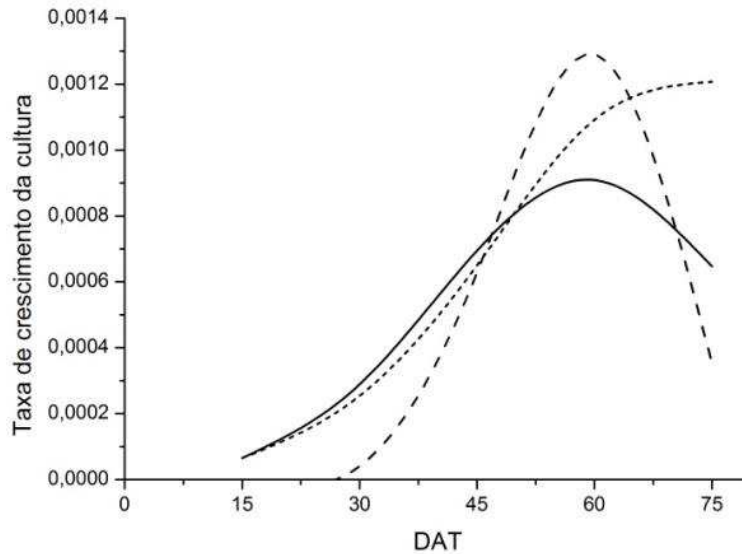


—  $\hat{Y}(\text{Cerca}) = 0,000817475 - (-0,00352 * 0,92975^X)$   
 - - -  $\hat{Y}(\text{Vertical}) = 0,00403 + (-0,000209906) * X + 0,00000481128 * X^2 - 0,0000000352554 * X^3$   
 .....  $\hat{Y}(\text{Viçosa}) = 0,00103 - (-0,00622 * 0,87774^X)$

Figura 13 – Estimativa da taxa assimilatória líquida (g/cm<sup>2</sup>/dia) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.

O sistema que proporcionou maior TCC (0,0013 g cm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>) foi o Vertical aos 58 DAT, seguido pelo Viçosa (0,0012 g cm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>) aos 71 DAT e Cerca Cruzada (0,0009 g cm<sup>-2</sup>dia<sup>-1</sup>) aos 59 DAT (Figura 14). A melhor compreensão de TCC pode ser obtida pela associação do produto entre TAL e IAF (Abreu et al., 2002; Oliveira et al., 2000), assim a menor TCC verificada no sistema Cerca Cruzada foi associada à menor TAL para este sistema no período.





$$\begin{aligned} \text{---} \hat{Y}(\text{Cerca}) &= \text{EXP}(-11,72259+(0,15965*X)+(-0,00135*X^2)) \\ \text{---} \hat{Y}(\text{Vertical}) &= \text{EXP}(-21,60626+(0,51741*X)+(-0,00447*X^2)) \\ \text{.....} \hat{Y}(\text{Viçosa}) &= \text{EXP}(-11,4086+(0,13228*X)+(-0,000930092*X^2)) \end{aligned}$$

Figura 14 – Estimativa da taxa de crescimento da cultura (g/cm<sup>2</sup>/dia) em função dos dias após transplante (DAT) para os respectivos sistemas.

De modo geral, os ganhos em produtividade do tomateiro conduzido no sistema Viçosa observados em outros trabalhos (Almeida, 2012), não foram verificados neste estudo. Possivelmente, porque tomou-se como parâmetro a produção por planta e não por área. Se assim fosse, no sistema Viçosa alocando mais planta por área poderia apresentar maior produtividade. Por outro lado, foi verificado na última época de avaliação, maior IAF, TCA, TAL e TCC no sistema Viçosa, que possivelmente, seria potencializado numa avaliação por área e refletiria em maiores produtividades que os sistemas Vertical e Cerca Cruzada.

## **CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos demonstram que a produção total de frutos por planta não foi influenciada pelos sistemas de cultivo.

O crescimento do tomateiro, quantificado por meio da análise de crescimento, foi semelhante nos diferentes sistemas de cultivo, fato este que explica a ausência de diferenças significativas na produtividade por planta entre os sistemas de cultivo.

Logo, a maior população de plantas por área no sistema Viçosa e não os aspectos de crescimento das plantas parece ser mais importante como causa primária dos ganhos produtivos em comparação aos sistemas Cerca Cruzada e Vertical.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELMAGEED, A. H. A.; GRUDA, N. Influence of high temperatures on gas exchange rate and growth of eight tomato cultivars under controlled heat stress conditions. **European Journal Horticulture Science**, v. 74, n. 4, p. 152 - 159, 2009.

ABREU, G. T.; SCHUCH, L. O. B.; MAIA, M. S. Análise do crescimento e utilização de nitrogênio em aveia branca (*Avena sativa* L.) em função da população de plantas. **Revista Brasileira Agrocência**, v. 8, n. 2, p. 111 - 116, 2002.

ACENBI. A história de Indaiatuba. 2013. Disponível em: <<http://www.acenbi.org.br/web/index.php?page=a-historia-de-indaiatuba>>. Acesso em: 04/11/2013.

ALBUQUERQUE, M. P. F. D.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. D.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013.

ALMEIDA, V. D. S. **Sistema Viçosa**: Nova proposta para o cultivo do tomateiro. 2012. 46p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa

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

ALVES, R. R.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L. D.; CECON, P. R.; SILVA, D. F. P. D. Desenvolvimento do maracujá doce em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 60, p. 127-133, 2012.

ANDRIOLO, J. L.; ESPINDOLA, M. C. G.; GODOI, R.; BORTOLOTTI, O. C.; LUZ, G. L. D. Crescimento e produtividade de plantas de tomateiro em cultivo protegido sob alta densidade e desfolhamento. **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 1251-1253, 2004.

AZEVEDO, L. D. C. **Mecanismos de adaptação e fotoproteção em tomateiros submetidos ao estresse salino**. 2009. 69p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.

BAKER, N. R. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, p. 89–113, 2008.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BOFF, P.; FONTES, P. C. R.; VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Controle da mancha de estenfilio e da pinta-preta do tomateiro em função do sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 25-27, 1992.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SARC 085 de 06 de março de 2002**. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil: 9 p. 2002.

FAOSTAT. FAO Statistics Division. 2012. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 18/11/2013.

FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, L. F.; FERREIRA, F. A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 232-237, 2001.

FLORES, M. E. P. **Variabilidade genética de acessos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) com base na avaliação de fotossíntese, partição de fotoassimilados e produção**. 2007. 48p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GUIMARÃES, M. D. A.; SILVA, D. J. H. D.; FONTES, P. C. R.; CALIMAN, F. R. B.; LOOS, R. A.; STRINGHETA, P. C. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 265-269, 2007.

HETHERINGTON, S. E.; SMILLIE, R. M.; DAVIES, W. J. Photosynthetic activities of vegetative and fruiting tissues of tomato. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 324, p. 1173-1181, 1998.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H. D.; GUIMARÃES, M. D. A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 951-955, 2005.

MATOS, E. S.; SHIRAHIGE, F. H.; MELO, P. C. T. D. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 240-245, 2012.

NASCIMENTO, J. L. D. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* MART. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico.** 2009. 97 (Mestrado). UESC, Ilhéus, BA.

NASCIMENTO, S. P. D.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. D. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

OLIVEIRA, M. A. D.; PEREIRA, O. G.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Y.; GARCIA, R.; CECON, P. R. Análise de Crescimento do Capim-Bermuda 'Tifton 85' (*Cynodon* spp.). **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1930 - 1938, 2000.

OLIVEIRA, S. L. D.; FERREIRA, M. D.; GUTIERREZ, A. D. S. D. Valoração dos atributos de qualidade do tomate de mesa: um estudo com atacadistas da CEAGESP. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 214-219, 2012.

PAPADOPOULOS, A. P.; PARARAJASINGHAM, S. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. **Scientia Horticulturae**, v. 69, n. 1-2, p. 1-29, 1997.

PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N.; LEITE, G. L. D.; FONTES, P. C. R.; SILVA, E. A. Incidência de Scrobipalpuloidea absoluta em tomateiro sob diferentes sistemas de tutoramento e de controle químico. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 180-183, 1995.

REICH, P. B.; TJOELKER, M. G.; WALTERS, M. B.; VANDERKLEIN, D. W.; BUSCHENA, C. Close association of RGR, leaf and root morphology, seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. **Functional Ecology**, v. 12, n. 3, p. 327-338, 1998.

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

ROHÁČEK, K.; BARTÁK, M. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters, and some applications. **Photosynthetica**, v. 37, n. 3, p. 339-363, 1999.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. D.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. D. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 292-298, 2010.

SILVA, D. J. H. D.; VALE, F. X. R. D. **Tomate - Tecnologia de produção.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 356p.

SILVA, L. J. D.; MILAGRES, C. D. C.; SILVA, D. J. H. D.; NICK, C.; CASTRO, J. P. A. D. Basal defoliation and their influence in agronomic and phytopathological traits in tomato plants. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 377-381, 2011.

WAMSER, A. F.; MUELLER, S.; BECKER, W. F.; SANTOS, J. P. D. Produção do tomateiro em função dos sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 238-243, 2007.

WAMSER, A. F.; MUELLER, S.; SUZUKI, A.; BECKER, W. F.; SANTOS, J. P. D. Produtividade de híbridos de tomate submetidos ao cultivo superadensado. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2012.

**Capítulo II – INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE CULTIVO DO TOMATEIRO  
SOBRE CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS, TROCAS  
GASOSAS E EMISSÃO DE FLUORESCÊNCIA DA  
CLOROFILA *a***

## **Influência do sistema de cultivo do tomateiro sobre características produtivas, de trocas gasosas e emissão de fluorescência da clorofila a**

### **RESUMO**

Neste trabalho, procurou-se estimar os parâmetros de trocas gasosas e emissão de fluorescência da clorofila *a* na tentativa de elucidar os ganhos produtivos alcançados no sistema Viçosa de cultivo do tomateiro em relação aos sistemas Vertical e Cerca Cruzada. Dois experimentos foram conduzidos em campo no período de março a julho (outono – inverno) e agosto a dezembro (primavera – verão) de 2012. No sistema Viçosa foi observada maior produtividade particularmente no outono, pois neste período do ano foi obtido quase o dobro de produtividade comercial no sistema Viçosa em relação ao Cerca Cruzada. Os incrementos em produtividade obtidos no sistema Viçosa são em grande parte devido as maiores taxas de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e manutenção da taxa transpiratória com pequena alteração em parâmetros de fluorescência da clorofila *a*. Concomitante, os resultados obtidos pode-se observar que a regulação estomática eficiente em plantas cultivadas no sistema Viçosa está largamente associada à maior capacidade fotossintética dessas plantas promovendo possivelmente alterações no metabolismo primário, particularmente do Carbono, refletindo em aumentos na taxa de crescimento. Estudos adicionais são necessários para se entender fisiológica e bioquimicamente o comportamento do tomateiro conduzido no sistema Viçosa.

**Palavras-chave:** crescimento, eficiência fotoquímica, fotossíntese, produtividade, *Solanum lycopersicum*.



**Influence of the growing tomato systems on the productive characteristics, gas exchange and emission of the fluorescence of chlorophyll a**

**ABSTRACT**

In this study, we aimed evaluate the behavior of leaf gas exchange and emission of fluorescence from chlorophyll a in an attempt to elucidate the productivity gains achieved in the Viçosa growing tomato system when compared with Cerca Cruzada and Vertical system. Two field experiments were conducted in the period from March to July (autumn - winter) and August-December (spring - summer) 2012. The Viçosa growing tomato system showed higher productivity especially in autumn, when nearly double the marketable yield was obtained regarding to the Cerca Cruzada. The increases in productivity achieved in Viçosa growing tomato system are largely due to higher rates of net CO<sub>2</sub> assimilation and maintenance of transpiration rate with small changes in parameters of chlorophyll a fluorescence. The results demonstrate efficient stomatal regulation in plants grown using Viçosa system was widely associated with increased photosynthetic capacity of these plants probably promotes alterations in primary metabolism, especially of Carbon, reflecting increases in growth rate. Additional studies are required to understand the physiological and biochemical behavior of tomato conducted in Viçosa system.

**Keywords:** growth, photochemical efficiency, photosynthesis, productivity, *Solanum lycopersicum*.

## INTRODUÇÃO

Embora não seja o método mais produtivo, o sistema de Cerca Cruzada é o principal método de condução do tomateiro no Brasil (Marim et al., 2005; Wamser et al., 2007). Neste sistema de condução os ápices das plantas de tomates convergem para o mesmo ponto no topo da estrutura de sustentação, o que reduz a eficiência de aplicação de defensivos uma vez que o produto não atinge toda a planta, dificultando, assim, o controle de insetos-praga (Picanço et al., 1995) e doenças (Boff et al., 1992). Em função dessa baixa produtividade, durante a última década diversos estudos foram realizados na tentativa de se encontrar práticas culturais que, em conjunto, proporcionassem aumento produtivo e reduzissem os custos de produção do tomateiro. Tomados em conjunto, esses estudos originaram um novo sistema de cultivo denominado sistema Viçosa (Almeida, 2012).

No sistema Viçosa as plantas são conduzidas em espaçamento reduzido (2,0 x 0,2 m), tutoradas alternadamente com fitilho, com inclinação de aproximadamente 75° com o solo, sendo necessárias duas fileiras paralelas de arames. Adicionalmente, as plantas são conduzidas com somente uma haste, retirando-se as inflorescências acima do 8° racemo e removendo a gema apical acima da 12ª inflorescência. O raleio de frutos é feito assim que sejam observados frutos desuniformes, defeituosos ou com problemas fitossanitários. Em adição, as folhas abaixo do terceiro cacho são retiradas antes da colheita para reduzir fonte de inóculo de pragas e doenças e melhorar a incidência de luz e aeração ao longo do dossel (Almeida, 2012).

Recentemente a eficiência produtiva e econômica do sistema Viçosa foi comparada à dos sistemas Vertical e Cerca Cruzada (Almeida, 2012), comumente utilizados na condução do tomateiro. Observou-se que o sistema Viçosa proporcionou incrementos na produtividade comercial e de frutos grandes de até 61 e 131%, respectivamente, sem, contudo afetar o sabor dos frutos. Registre-se também, que a rentabilidade obtida no sistema Viçosa foi superior 84,5 e 223%, em comparação aos sistemas Vertical e Cerca Cruzada, respectivamente (Almeida, 2012). No entanto, os

mecanismos fisiológicos envolvidos nessas respostas são ainda largamente desconhecidos. Cumpre mencionar, no entanto, que as diferenças produtivas verificadas em diferentes sistemas de cultivos podem ser ocasionadas por alterações na interceptação da radiação solar, bem como de alterações em parâmetros de trocas gasosas do tomateiro (Papadopoulos & Pararajasingham, 1997).

Neste contexto, o desempenho fotossintético pode ser analisado por meio da mensuração da fluorescência da clorofila *a*, para avaliar a eficiência de operação do fotossistema II (FSII), que por sua vez está intimamente correlacionada com a assimilação de CO<sub>2</sub> (Baker & Rosenqvist, 2004) e, em última instância, com o crescimento. Tomados em conjunto essas informações indicam também que altas taxas de crescimento estariam diretamente associadas a diferenças na alocação de biomassa (Reich et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi, portanto, investigar o comportamento dos parâmetros de trocas gasosas e emissão de fluorescência da clorofila *a* na tentativa de elucidar os ganhos produtivos alcançados no sistema Viçosa de cultivo do tomateiro em relação aos sistemas Vertical e Cerca Cruzada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Dois experimentos foram instalados na Horta Velha, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa na região sudeste do Brasil (20° 76' S, 42° 86' W, 712 m de altitude), Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O primeiro foi realizado no período entre março a julho de 2012 (outono – inverno) e o segundo entre agosto e dezembro (primavera-verão) de 2012, ambos em condições de campo, em solo Argissolo Amarelo, textura argilosa e topografia plana.

Utilizou-se o híbrido comercial Upiã, do grupo Santa Cruz e de hábito de crescimento indeterminado. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor com 200 células preenchidas com substrato comercial. O transplântio foi realizado quando as mudas estavam com três a quatro folhas definitivas.

Para o manejo da irrigação utilizou-se o programa computacional Irriplus<sup>®</sup>, pelo qual se determinou a demanda hídrica do tomateiro por meio dos coeficientes de ajuste (coeficiente da cultura – kc, localização da irrigação – kl e do solo – ks) sobre a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), mediante informações diárias de: temperatura máxima, média e mínima (°C), velocidade do vento (m/s), umidade relativa (%), precipitação (mm) e radiação ( $W\ m^{-2}$ ), obtidos de estação meteorológica automática instalada na área experimental. As temperaturas mínima e máxima, bem como, a precipitação e lâmina líquida irrigada durante o período de condução do experimento são apresentadas na Figura 1.

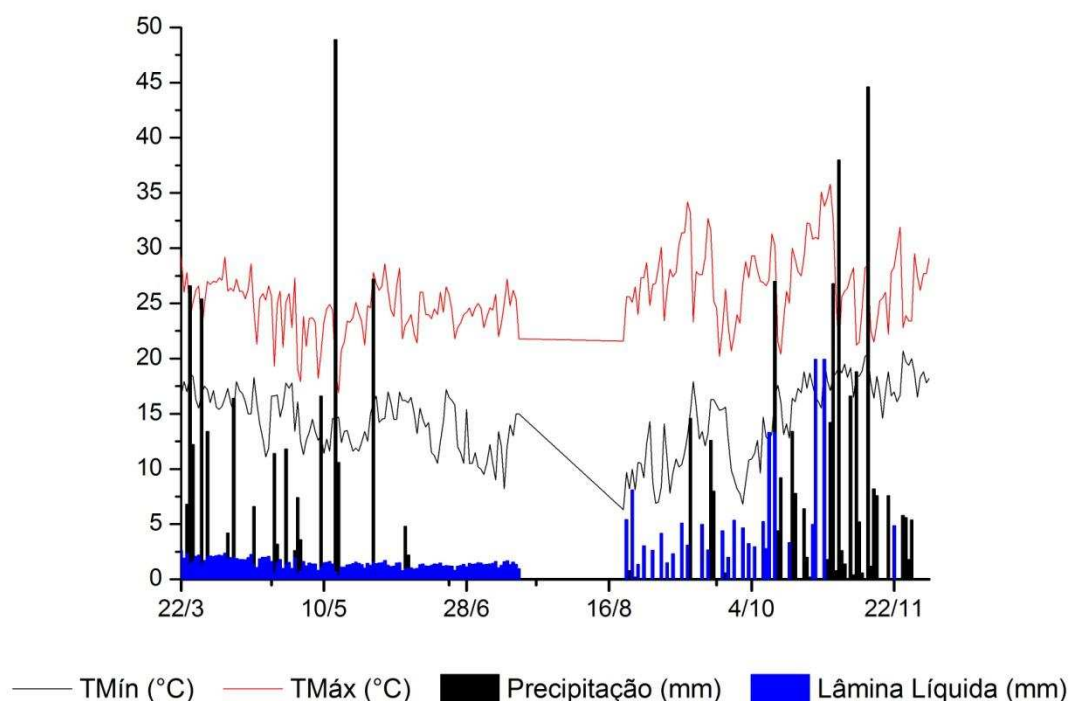


Figura 1 – Dados de temperaturas mínima (TMín) e máxima (TMáx), precipitação e lâmina líquida irrigada, referentes ao período de condução do experimento.

A distribuição dos fertilizantes foi realizada mediante fertirrigação, seguindo as recomendações de Ribeiro et al. (1999) e Alvarenga (2004) para definição das doses e operações de manejo do sistema.

Os tratamentos culturais, como desbrotas, amarrios e controle de pragas e doenças foram realizados conforme recomendações de Alvarenga (2004) e Silva & Vale (2007).

Os experimentos foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso, com três tratamentos e nove repetições, dando um total de 27 parcelas. Cada parcela foi constituída por três linhas de 10 plantas, perfazendo um total de 30 plantas por parcela, sendo avaliadas as quatro plantas centrais de cada parcela.

Os tratamentos foram constituídos de três sistemas de cultivo do tomateiro – Cerca Cruzada, Vertical e Viçosa – em espaçamento de 1,0 x 0,5m para Cerca Cruzada e Vertical e 2,0 x 0,2m para Viçosa (Almeida, 2012). Em todos os tratamentos as plantas foram conduzidas com uma haste e máximo de sete cachos.

Foram avaliadas características produtivas, trocas gasosas e emissão de fluorescência da clorofila *a*. A produção foi classificada conforme normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de acordo com a Portaria SARC 085/02 do MAPA (Brasil, 2002), em comercial, não comercial, de frutos pequenos, médios e grandes.

As características de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* foram avaliadas no segundo par de folíolos da quarta folha a partir do ápice caulinar, conforme experimento realizado por Flores (2007). As variáveis - taxa fotossintética líquida (*A*), condutância estomática (*g<sub>s</sub>*), razão entre concentração interna e externa de CO<sub>2</sub> (*C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub>*), taxa de transpiração (*E*), temperatura foliar (*T<sub>f</sub>*) e a eficiência de uso da água (EUA), obtida pela relação entre *A* e *E* - foram determinadas pelo analisador de gás por infravermelho (IRGA) (modelo portátil LI-6400, LI-COR Biosciences Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Foram utilizadas luz actínica constante (1000 μmol fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> (*C<sub>a</sub>*) (~ 385 μmol mol<sup>-1</sup>) e temperatura do ambiente (27 °C ± 0,9). As variáveis de fluorescência da clorofila *a* – fluorescência mínima em amostra adaptada ao escuro (*F<sub>0</sub>*), fluorescência máxima (*F<sub>m</sub>*), fluorescência variável (*F<sub>v</sub>*), rendimento quântico máxima (*F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>*), coeficiente de dissipação não regulada de energia no FSII (*NPQ*) e coeficiente de extinção fotoquímico (*qP*) - foram obtidas com

fluorômetro modulado Mini-Pam (Heinz Walz, Effeltrich, Germany), na antemanhã, antes de cada fotoperíodo, determinadas a fluorescência mínima ( $F_0$ ) com a excitação da área amostrada por uma luz vermelha modulada de baixa intensidade ( $0,03 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), e a fluorescência máxima ( $F_m$ ) obtida pela aplicação de um pulso de 0,8s de luz actínica saturante ( $>6000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

Os dados foram analisados por meio da análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ). Independentemente de a interação ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O resumo da análise de variância para os parâmetros de produtividade encontra-se na Tabela 1. Houve interação significativa entre sistemas e épocas para as características Produtividade de Frutos Grandes (PFG), Produtividade Comercial (PC) e Produtividade Não Comercial (PNC); foi também verificado efeito significativo dos sistemas para essas mesmas características. Por outro lado, época foi significativa para Produtividade de Frutos Pequenos (PFP), PFG, PC e PNC.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância da produtividade de frutos pequenos (PFP), médios (PFM), grandes (PFG), comercial (PC) e não comercial (PNC) avaliada em três sistemas de cultivo do tomateiro em duas épocas distintas, outono e primavera de 2012.

FV	GL	Quadrado médio (QM)				
		PFP	PFM	PFG	PC	PNC
Época (E)	1	4,6905*	1,9111 <sup>ns</sup>	2337,7095**	2414,0705**	313,9447**
Sistema (S)	2	2,3273 <sup>ns</sup>	5,4850 <sup>ns</sup>	1053,2757**	1158,7646**	27,9052*
S x E	2	1,2401 <sup>ns</sup>	55,5572 <sup>ns</sup>	638,9138**	809,3011**	29,5335*
Resíduo	32	0,9999	19,2356	91,0145	124,1052	8,0335
CV (%)		49,20	30,24	41,99	28,38	48,28

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Os valores médios de produtividade PFP, PFM, PFG, PC e PNC são apresentados na Tabela 2. A PFP foi maior no sistema Vertical do que Viçosa durante o Outono (Tabela 2), a PFG foi superior no sistema Viçosa em relação aos demais sistemas. Além disso, a PC foi maior nos sistemas Viçosa e Vertical ao passo que PNC foi maior no Vertical do que no Cerca Cruzada. A PFM durante o Outono foi semelhante entre os sistemas de cultivo (Tabela 2). Além disso, a PFG durante o Outono foi aproximadamente 3 e 1,5 vezes maior para o sistema Viçosa em relação aos sistemas Cerca Cruzada e Vertical, respectivamente. Registre-se também que a diferença entre os sistemas Viçosa e Cerca Cruzada para PC, durante o Outono, foi de aproximadamente 100%. Não houve diferença entre os sistemas de cultivos para as características produtivas avaliadas durante a Primavera. Concomitantemente, os resultados de produtividades ora apresentados confirmam a superioridade do sistema Viçosa em relação ao Vertical e Cerca Cruzada (Almeida, 2012). Na tentativa de elucidar alguns aspectos fisiológicos responsáveis por essa maior produtividade, uma extensiva caracterização das trocas gasosas e fluorescência da clorofila a foi realizada (descrita abaixo).

Tabela 2. Valores médios da produtividade de frutos pequenos (PFP), médios (PFM), grandes (PFG), comercial (PC) e não comercial (PNC), em t/ha, em três sistemas de cultivo do tomateiro em duas épocas, outono e primavera de 2012.

Variável	Épocas	Sistemas		
		Viçosa	Vertical	Cerca
PFP	Outono	1,68 Ab	2,91 Aa	2,39 Aab
	Primavera	1,68 Aa	1,90 Ba	1,63 Aa
PFM	Outono	14,67 Aa	16,11 Aa	12,17 Aa
	Primavera	15,50 Aa	12,76 Aa	15,81 Aa
PFG	Outono	43,18 Aa	28,73 Ab	15,99 Ac
	Primavera	18,07 Ba	15,64 Ba	14,72 Aa
PC	Outono	59,53 Aa	47,74 Aa	30,55 Ab
	Primavera	35,25 Ba	30,30 Ba	32,15 Aa
PNC	Outono	8,68 Aab	10,57 Aa	5,59 Ab
	Primavera	3,77 Ba	3,23 Ba	3,38 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



O resumo da análise de variância para as características de trocas gasosas ( $A$ ,  $g_s$ ,  $C_i/C_a$ ,  $E$ ,  $T_f$  e EUA) demonstra que a interação entre sistemas e épocas foi significativa apenas para as características  $A$ ,  $E$ ,  $T_f$  e EUA (Tabela 3). Em adição, efeitos significativos de sistemas de cultivos para as características  $C_i/C_a$ ,  $E$ ,  $T_f$  e EUA foram observados; por outro lado época foi significativa para todas as características.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância da taxa fotossintética líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), razão entre a concentração interna e externa de  $CO_2$  ( $C_i/C_a$ ), taxa transpiratória ( $E$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ) e eficiência de uso da água (EUA) avaliada em três sistemas de cultivos do tomateiro em duas épocas distintas, outono e primavera de 2012.

FV	GL	Quadrado médio (QM)					
		$A$	$g_s$	$C_i/C_a$	$E$	$T_f$	$EUA$
Época (E)	1	141,5063**	0,2041**	0,51405**	54,6190**	228,1487**	22,1780**
Sistema (S)	2	22,8095 <sup>ns</sup>	0,0014 <sup>ns</sup>	0,012425*	5,3954**	37,2631**	14,4292**
S x E	2	45,5375*	0,0023 <sup>ns</sup>	0,007744 <sup>ns</sup>	9,0581**	9,8362**	14,4629**
Resíduo	32	8,5288	0,0017	0,002872	0,5559	0,8320	1,1295
CV (%)		17,07	19,89	9,48	19,37	2,92	21,65

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Durante o Outono  $A$  foi maior no sistema Viçosa do que no Cerca Cruzada (Tabela 4). Por outro lado, durante a Primavera,  $A$  foi superior no sistema Viçosa em relação ao Vertical (Tabela 4). Embora alterações em  $A$  possam ser reflexos de variações em  $g_s$  (Albuquerque et al., 2013), no presente trabalho, os menores valores de  $A$  foram observados nos sistemas Vertical e Cerca Cruzada, em função da época, porém estes valores não estavam associados a limitações estomáticas, pois  $g_s$  foi semelhante entre todos os sistemas de cultivo (Tabela 4). Assim, limitações outras (bioquímicas e/ou fotoquímicas) devem responder, ao menos em parte, pela menor  $A$  observada nos sistemas Vertical e Cerca Cruzada. Diferentemente de  $A$ , a relação  $C_i/C_a$  durante o outono foi maior nos sistemas Viçosa e Cerca Cruzada, porém durante a Primavera, não houve diferença significativa (Tabela 4). Como um todo, os resultados aqui obtidos demonstram maior capacidade de fixação de  $CO_2$  em plantas cultivadas no sistema Viçosa em relação aos demais sistemas.

Não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo para  $E$  durante o outono. No entanto, durante a Primavera incrementos em  $E$  foram verificados nos sistemas Vertical e Cerca Cruzada alcançando os maiores valores de  $E$  nesses sistemas. Saliente-se também que  $E$  não sofreu variações entre as épocas para o sistema Viçosa (Tabela 4).

Em relação a  $T_f$ , no Outono foi observado que as plantas cultivadas no sistema Vertical tiveram temperatura foliar significativamente maior. Situação semelhante foi observada durante a Primavera nos sistemas Vertical e Cerca Cruzada.

Não houve diferença entre os sistemas de cultivo para a eficiência de uso da água ( $EUA$ ) no Outono. Porém, na Primavera o sistema Viçosa foi mais eficiente no uso da água atingindo o dobro de carbono fixado por molécula de água transpirada em relação aos demais sistemas (Tabela 4).

Tomados em conjunto, esses resultados suportam a corrente visão de que as plantas para reduzirem a temperatura foliar aumentam a taxa transpiratória (Nascimento et al., 2011), o que justificaria, ao menos parcialmente, os maiores valores de  $T_f$  no sistema Vertical e Cerca Cruzada, em função da época associados a maiores  $E$  (Tabela 4). Em adição esse

aumento tanto em  $E$  quanto em  $T_f$  poderia comprometer a eficiência da maquinaria fotossintética, nestes sistemas, por meio de danos às proteínas envolvidas no processo fotossintético, reduzindo, portanto a eficiência fotossintética e de uso da água, como ora observado (Tabela 4). Em síntese, esses resultados sugerem que maiores taxas fotossintéticas observadas no sistema Viçosa associadas a menores  $E$  e  $T_f$  poderiam favorecer a longo prazo o acúmulo de reservas e possibilitar maior produtividade, como observado (Tabela 2). Assim, essas características associadas a maiores  $A$  observadas em plantas cultivadas no sistema Viçosa podem explicar, ao menos parcialmente, a maior produtividade observada nesse sistema (Tabela 2). Salienta-se também que os valores encontrados para as variáveis aqui apresentadas assemelham-se aos encontrados em plantas de mesma idade (Abdelmageed & Gruda, 2009; Azevedo, 2009).

Tabela 4. Valores médios da taxa fotossintética líquida -  $A$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), condutância estomática -  $gs$  ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), razão entre a concentração intercelular e ambiente de  $\text{CO}_2$  ( $C_i/C_a$ ), taxa transpiratória -  $E$  ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), temperatura foliar -  $T_f$  ( $^\circ\text{C}$ ) e eficiência de uso da água - EUA ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ), em três sistemas de cultivo do tomateiro em duas épocas, outono e primavera de 2012.

Variável	Épocas	Sistemas		
		Viçosa	Vertical	Cerca
$A$	Outono	16,65 Ba	16,59 Aab	13,22 Bb
	Primavera	20,15 Aa	16,53 Ab	19,50 Aab
$gs$	Outono	0,15 Ba	0,15 Ba	0,15 Ba
	Primavera	0,27 Aa	0,26 Aa	0,30 Aa
$C_i/C_a$	Outono	0,48 Ba	0,42 Bb	0,51 Ba
	Primavera	0,67 Aa	0,66 Aa	0,67 Aa
$E$	Outono	3,02 Aa	2,85 Ba	2,67 Ba
	Primavera	3,42 Ab	5,37 Aa	5,77 Aa
$T_f$	Outono	32,44 Ab	34,46 Aa	32,86 Ab
	Primavera	26,81 Bb	30,43 Ba	30,18 Ba
EUA	Outono	5,58 Aa	5,82 Aa	5,24 Aa
	Primavera	3,42 Bb	3,09 Bb	6,30 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pela análise de variância para os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* (Tabela 5) observa-se que a interação foi significativa para as características:  $F_0$ ,  $F_v$ ,  $F_m$  e  $NPQ$ . Em adição, para essas mesmas características aliadas a  $F_v/F_m$ , efeitos significativos dos sistemas de cultivos foram observados. Ademais, efeito significativo das épocas de cultivos para todas as características avaliadas de fluorescência da clorofila *a* foi observado (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância da fluorescência mínima ( $F_0$ ), variável ( $F_v$ ) e máxima ( $F_m$ ) e rendimento quântico máximo do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), coeficiente de extinção fotoquímico ( $qP$ ) e coeficiente de dissipação não fotoquímica ( $NPQ$ ) avaliadas em três sistemas de cultivo do tomateiro em duas épocas distintas, outono e primavera de 2012.

FV	GL	Quadrado médio (QM)					
		$F_0$	$F_v$	$F_m$	$F_v/F_m$	$qP$	$NPQ$
Época (E)	1	536053,7242**	19240594,4813**	26199729,1326**	0,00396**	2,7081**	9,4032**
Sistema (S)	2	3404,5727**	396491,7499**	471037,9336**	0,00079**	0,0016 <sup>ns</sup>	2,2749**
S x E	2	25421,2110**	310139,8248**	512164,1232**	0,00002 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	4,5728**
Resíduo	32	443,9982	17880,0055	22642,9429	0,00002	0,0022	0,0622
CV (%)		5,38	6,90	6,46	0,64	6,75	16,11

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade e <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Menores valores de  $F_0$ ,  $F_m$  e  $F_v$  foram observados no sistema Vertical durante o Outono (Tabela 6), apesar de  $F_0$  diferir dos demais sistemas na primavera. De acordo com (Baker, 2008) aumentos em  $F_0$  podem estar relacionados à fotoinativação e levar a danos oxidativos dos centros de reações, isso não parece ter ocorrido no presente trabalho, uma vez que incrementos em  $A$  no Sistema Viçosa (Tabela 2) foram também acompanhadas por incrementos nesses parâmetros quando seria de esperar o oposto.

É preciso ter cautela ao se interpretar o significado biológico dessa diminuição em  $F_m$  ou de aumentos em  $F_0$ , pois estes parâmetros de fluorescência são determinados tanto pelas propriedades físico-químicas do FSII quanto pelas propriedades ópticas da folha (Baker & Rosenqvist, 2004). Adicionalmente, embora em ambas as épocas tenha sido verificado menor  $F_v/F_m$  no sistema Vertical (Tabela 6), os valores encontram-se dentro do esperado para o tomateiro (Hetherington et al., 1998) e demonstram ausência de fotoinibição (Krause & Weis, 1991).

Verificou-se também menor  $NPQ$ , dissipação de energia radiante na forma de calor, para o sistema Vertical durante o outono. Por outro lado, durante a Primavera não houve diferença entre os sistemas de cultivos. A dissipação de energia radiante na forma de calor nos complexos antenas pode ser quantificada por  $NPQ$ , uma vez que há correlação positiva com a formação de zeaxantina (Roháček & Barták, 1999). Desta forma, aumentos em  $NPQ$  seriam devidos à dissipação térmica de energia induzida pela luz, ou seja, fotoproteção, o que deve ter provavelmente contribuído para a maior produtividade (Tabela 2) associada a uma maior eficiência fotossintética (Tabela 4) observada no Sistema Viçosa.

Em relação a análise de reoxidação das quinonas -  $qP$  (Tabela 6) nenhuma diferença significativa foi observada nos sistemas de cultivos em ambas as épocas de avaliação, os maiores valores de  $qP$  em todos os sistemas foram observados durante a Primavera. Em outras palavras, a capacidade de reoxidação das quinonas (Nascimento, 2009) foi semelhante entre os sistemas de cultivo, independente da época de avaliação.

De modo geral, observou-se no presente trabalho que a maior produtividade observada no sistema Viçosa parece estar associada a maior eficiência fotossintética e de uso da água. Embora  $E$  manteve-se praticamente constante nas duas épocas neste sistema, os incrementos nos valores de  $A$  associados com redução de  $T_f$  em relação aos demais sistemas, sugere maior capacidade de fixação de carbono, com uso mais eficiente da água, se refletindo em última instância em maiores produtividades comerciais. E por fim, apesar das pequenas diferenças observadas nos parâmetros de fluorescência, limitações outras, além das estomáticas, podem estar ocorrendo como indicado pelo aumento em NPQ, na Primavera, no sistema Vertical. Neste contexto, estudos adicionais são ainda necessários para maior compreensão do comportamento do tomateiro conduzido no sistema Viçosa.

Tabela 6. Valores médios de fluorescência mínima ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), rendimento quântico máximo do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), coeficiente de dissipação não regulada de energia no FSII (NPQ) e coeficiente de extinção fotoquímico ( $qP$ ), em três sistemas de cultivo do tomateiro em duas épocas, outono e primavera de 2012.

Variável	Épocas	Sistemas		
		Viçosa	Vertical	Cerca
$F_0$	Outono	320,89 Ba	233,00 Bb	322,67 Ba
	Primavera	475,70 Ab	519,05 Aa	479,61 Ab
$F_m$	Outono	1833,22 Ba	1254,56 Bb	1814,67 Ba
	Primavera	3054,79 Aa	3036,32 Aa	2990,63 Aa
$F_v$	Outono	1512,34 Ba	1021,56 Bb	1492,00 Ba
	Primavera	2579,09 Aa	2517,27 Aa	2511,02 Aa
$F_v/F_m$	Outono	0,82 Ba	0,81 Bb	0,82 Ba
	Primavera	0,84 Aa	0,83 Ab	0,84 Aa
NPQ	Outono	2,51 Aa	0,98 Bb	2,42 Aa
	Primavera	1,05 Ba	1,30 Aa	1,04 Ba
$qP$	Outono	0,47 Ba	0,49 Ba	0,47 Ba
	Primavera	0,91 Aa	0,93 Aa	0,93 Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



## CONCLUSÕES

O sistema Viçosa ocasionou ganhos significativos de produtividade em relação aos sistemas Vertical e Cerca Cruzada.

Esses incrementos em produtividade no sistema Viçosa foram acompanhados de aumentos na taxa fotossintética líquida e manutenção da taxa transpiratória e da temperatura foliar, o que deve ter favorecido para maior eficiência na fixação do carbono em plantas cultivadas nesse sistema.

Apesar das pequenas diferenças observadas em parâmetros de fluorescência e de trocas gasosas, os resultados ora apresentados indicam que plantas cultivadas no Sistema Viçosa por ter maior capacidade de fixação de carbono, com uso mais eficiente da água atingem maior produtividade.

Estudos adicionais são ainda necessários para se entender o comportamento bioquímico do tomateiro conduzido no sistema Viçosa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELMAGEED, A. H. A.; GRUDA, N. Influence of high temperatures on gas exchange rate and growth of eight tomato cultivars under controlled heat stress conditions. **European Journal Horticulture Science**, v. 74, n. 4, p. 152 - 159, 2009.

ABREU, G. T.; SCHUCH, L. O. B.; MAIA, M. S. Análise do crescimento e utilização de nitrogênio em aveia branca (*Avena sativa* L.) em função da população de plantas. **R. bras. Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 111 - 116, 2002.

ACENBI. A história de Indaiatuba. 2013. Disponível em: <<http://www.acenbi.org.br/web/index.php?page=a-historia-de-indaiatuba>>. Acesso em: 04/11/2013.

ALBUQUERQUE, M. P. F. D.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. D.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 9-16, 2013.

ALMEIDA, V. D. S. **Sistema Viçosa**: Nova proposta para o cultivo do tomateiro. 2012. 46p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.

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

AZEVEDO, L. D. C. **Mecanismos de adaptação e fotoproteção em tomates submetidos ao estresse salino**. 2009. 69p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, p. 89–113, 2008.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BOFF, P.; FONTES, P. C. R.; VALE, F. X.; ZAMBOLIM, L. Controle da mancha de estenfilio e da pinta-preta do tomateiro em função do sistema de condução. **Horticultura Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 25-27, 1992.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SARC 085 de 06 de março de 2002**. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil: 9 p. 2002.

FLORES, M. E. P. **Variabilidade genética de acessos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) com base na avaliação de fotossíntese**,

**partição de fotoassimilados e produção.** 2007. 48p. Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HETHERINGTON, S. E.; SMILLIE, R. M.; DAVIES, W. J. Photosynthetic activities of vegetative and fruiting tissues of tomato. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 324, p. 1173-1181, 1998.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H. D.; GUIMARÃES, M. D. A.; BELFORT, G. Sistemas de tutoramento e condução do tomateiro visando produção de frutos para consumo in natura. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 951-955, 2005.

NASCIMENTO, J. L. D. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* MART. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico.** 2009. 97p. Mestrado, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA.

NASCIMENTO, S. P. D.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. D. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853-860, 2011.

PAPADOPOULOS, A. P.; PARARAJASINGHAM, S. The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. **Scientia Horticulturae**, v. 69, n. 1-2, p. 1-29, 1997.

PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N.; LEITE, G. L. D.; FONTES, P. C. R.; SILVA, E. A. Incidência de *Scrobipalpusoides absoluta* em tomateiro sob diferentes sistemas de tutoramento e de controle químico. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 2, p. 180-183, 1995.

REICH, P. B.; TJOELKER, M. G.; WALTERS, M. B.; VANDERKLEIN, D. W.; BUSCHENA, C. Close association of RGR, leaf and root morphology, seed mass and shade tolerance in seedlings of nine boreal tree species grown in high and low light. **Functional Ecology**, v. 12, n. 3, p. 327-338, 1998.

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

ROHÁČEK, K.; BARTÁK, M. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basic concepts, useful parameters, and some applications. **Photosynthetica**, v. 37, n. 3, p. 339-363, 1999.

SILVA, D. J. H. D.; VALE, F. X. R. D. **Tomate - Tecnologia de produção**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 356p.

WAMSER, A. F.; MUELLER, S.; BECKER, W. F.; SANTOS, J. P. D. Produção do tomateiro em função dos sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 238-243, 2007.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A economia de insumos no cultivo do tomateiro conduzido no sistema Viçosa, por si só, imprime grande vantagem ao uso desse sistema em relação aos tradicionais. Além disso, o sistema Viçosa proporcionou aumento de produtividade e rentabilidade no cultivo do tomateiro com o mesmo padrão de crescimento das plantas em relação aos sistemas tradicionais. Deixando claro que o aumento da densidade de plantio não alterou o crescimento das plantas.

Em termos ecofisiológicos, o sistema Viçosa apresentou pontos positivos em relação aos sistemas tradicionais, sendo mais eficiente no uso da água e no controle da temperatura foliar, ou seja, fixou mais carbono por molécula de água transpirada sem grandes variações na temperatura foliar. Fato importante nos dias atuais, onde o recurso água pode ser limitante ao cultivo e ao mesmo tempo imprescindível para a recomendação do sistema Viçosa em locais onde este recurso é limitado.

A eficiência de conversão da energia luminosa em energia química na fase fotoquímica da fotossíntese não diferiu entre os sistemas de cultivos avaliados. Demonstrando que as menores taxas fotossintéticas, em função da época, observadas nos sistemas tradicionais de cultivo não foram, a priori, devidas a redução da conversão de energia luminosa em energia química.