

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO PIMENTÃO EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO¹

ALEXSANDRA DUARTE DE OLIVEIRA^{2*}, DANIEL FONSECA DE CARVALHO³, JOÃO BATISTA ALVES PEREIRA⁴, VAGNA DA COSTA PEREIRA⁵

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de dois sistemas de cultivo no ciclo da cultura do pimentão (*Capsicum Annuum* L.). O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), localizado no município de Seropédica (RJ), em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Os sistemas de cultivo adotados (convencional - PC e direto - PD) e as datas de coleta do material foram alocados, respectivamente, nas parcelas e nas subparcelas. Apesar dos valores apresentados sugerirem que o sistema de cultivo direto apresentou melhor desempenho no crescimento e desenvolvimento da cultura do pimentão em relação ao convencional, esta superioridade não foi confirmada na comparação entre os métodos de análise de crescimento. Pelo método funcional, foi observado um acúmulo diferenciado de biomassa e índice de área foliar (IAF) pelas plantas entre os dois sistemas de cultivo. Foram observados valores de IAF máximo de 1,61 m² m⁻² e de 1,31 m² m⁻², respectivamente, para PD e PC. Comportamento semelhante foi observado para a biomassa acumulada pelas plantas, sendo obtidos os valores de 634,29 g m⁻² e 211,44 g m⁻², respectivamente, no PD e no PC. Nos dois sistemas de cultivo avaliados foram constatados três ciclos de produção, cujos picos de produtividade ocorreram aos 58, 100 e 149 dias após o transplântio (DAT). No entanto, a produtividade por colheita e a produtividade total obtidas não apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L.. Índice de área foliar. Biomassa.

GROWTH AND YIELD OF SWEET PEPPER UNDER TWO CROPPING SYSTEMS

ABSTRACT - This study was carried out at SIPA (Integrated System of Agroecological Production), situated in Seropédica, RJ, Brazil, in order to evaluate the effects of two cropping systems on yield and growth of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). The trial was conducted in a scheme of plots split in time, with three replications, where cropping systems (conventional - CT and no-till - NT) were assigned to the plots, while sampling dates were assigned to the subplots. Although values observed suggested that NT system provided a better crop growth performance in relation to CP, this superiority was not confirmed when comparing growth analysis methods. The functional method provided different values of biomass accumulation and leaf area index (LAI) of plants between two cropping systems. The highest values of LAI were 1.61 m² m⁻² and 1.31 m² m⁻², respectively, for NT and CT. Similar behavior was observed for accumulated plant biomass, being obtained values of 634.29 g m⁻² and 211.44 g m⁻², respectively, for NT and CT. In both cropping systems evaluated, three production cycles were identified, which yield peaks occurred at 58, 100 and 149 days after planting (DAP). However, yield per harvest and total yield presented no difference between the cropping systems.

Keywords: *Capsicum annuum* L. Leaf area index. Biomass.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 25/03/2013; aceito em 21/08/2014.

Dissertação de Mestrado em Fitotecnia do curso de Pós-Graduação em Agronomia do terceiro autor.

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, 73310-970, Planaltina-DF, alexsandra.duarte@embrapa.br.

³Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, UFRRJ, 23890-000, Seropédica-RJ, carvalho@ufrj.br.

⁴Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio de Janeiro, Emater-RJ, 24120-191, Rio de Janeiro-RJ, joalpe185@yahoo.com.br.

⁵Departamento de Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, 36570-000, Viçosa-MG, vagna.jp@gmail.com.

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça rica em vitaminas e sais minerais e uma das dez de maior importância econômica no mercado nacional (ALBUQUERQUE et al., 2012). De acordo com Marouelli e Silva (2012), a área cultivada anualmente com pimentão no Brasil está em torno de 13 mil hectares, apresentando uma produção de frutos de aproximadamente 290 mil toneladas. Apesar dos avanços na melhoria dos sistemas de produção, fazendo com que os custos sejam reduzidos sem que a produtividade seja afetada (MARCUSI et al., 2004), as doenças têm sido um dos principais entraves a um aumento mais expressivo de produção (NOGUEIRA et al., 2012). No Sudeste do Brasil, é normalmente cultivado da primavera a meados do outono e também no inverno em regiões de baixa altitude (FONTES et al., 2005). O desenvolvimento da cultura é favorecido quando a amplitude térmica é de 6 °C, sendo consideradas ideais as faixas de temperatura de 16 a 18 °C a noite e de 20 a 25 °C durante o dia (FILGUEIRA, 2008).

É possível analisar a produção vegetal por meio de informações obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados (PEREIRA; MACHADO, 1987). A análise de crescimento permite avaliar o comportamento de certo genótipo em relação aos diferentes sistemas de cultivo, influenciados pelo manejo, clima e até a própria fisiologia da cultura.

Os índices envolvidos na análise de crescimento, como índice de área foliar, taxas de crescimento da cultura, crescimento relativo e assimilação líquida (COSTA et al., 2006, MONTE et al., 2009, e SILVA et al., 2010) indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (LOPES et al., 2011).

A taxa de crescimento da cultura é definida pela variação da biomassa seca com o tempo e representa a capacidade de produção (CARVALHO et al., 2011). Portanto, sua determinação possibilita modelar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, além de fornecer informações para a construção de modelos matemáticos descritivos de crescimento (CHARLO et al., 2011).

Dois métodos são normalmente empregados no cálculo das taxas de crescimento vegetal. No método tradicional (clássico), as taxas são calculadas entre duas coletas sucessivas por meio de fórmulas previamente deduzidas e os valores obtidos representam médias para o intervalo de tempo entre coletas. No método funcional, os dados originais são ajustados a uma equação, por meio de regressão, obtendo-se valores instantâneos. O método funcional apresenta vantagens em relação ao clássico, mas segundo

Pereira e Machado (1987), o ajuste demasiado dos dados originais fazem com que pequenos erros de amostragem não sejam compensados, gerando estimativas difíceis de explicar biologicamente.

O objetivo da análise de crescimento é encontrar uma função que descreva convenientemente os dados sem introduzir discrepâncias inerentes à própria função. A variância de cada parâmetro de crescimento vegetal é proporcional ao tamanho das plantas, sendo necessária a transformação dos dados visando à homogeneização das variâncias (PEREIRA; MACHADO, 1987). Após esta etapa é utilizada análise de regressão múltipla sendo escolhido o modelo a partir do conhecimento que se tem do fenômeno ou a partir de uma análise prévia dos dados (CARVALHO et al., 2011).

Em função do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e a produtividade da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em dois sistemas de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), localizado no município de Seropédica (RJ) (latitude 22°48'00''S, longitude 43°41'00''W e altitude de 33 metros), possuindo área de 59 ha e destinada à experimentação e desenvolvimento da Agroecologia. O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (BATISTA et al., 2013). A Tabela 1 apresenta os resultados da análise química do solo antes da implantação da cultura.

Adotando o sistema agroecológico de produção, o experimento foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Os tratamentos das parcelas consistiram nos sistemas de cultivo adotados (convencional - PC e direto - PD) e nas subparcelas foram utilizadas as datas de coleta do material, que foram o dia do transplante, e aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140, 154, 168 e 182 dias após transplante (DAT). No sistema PC, o solo da área foi revolvido com enxada rotativa com retirada prévia da vegetação espontânea roçada. No PD, a implantação e condução da cultura do pimentão foi realizada em área ocupada previamente com cultivo consorciado de sorgo e crotalária, que após roçada foram mantidos como cobertura de solo. A abertura de cova foi realizada, portanto, sem o preparo do solo.

Utilizou-se o híbrido de pimentão Magali-R por apresentar uniformidade de frutos, alta produtividade e resistência ao vírus do mosaico. As mudas foram produzidas em bandejas de isopor de células e mantidas em estufa, utilizando substrato orgânico produzido no SIPA.

A semeadura foi realizada em 28 de março de 2005 e o transplante para o local definitivo em 02 de maio de 2005, 35 dias após a semeadura. O experi-

mento foi desenvolvido em duas parcelas experimentais de aproximadamente 144 m², adotando espaçamento de 1,0 m entre linhas de plantio e de 0,50 m entre plantas, totalizando 325 plantas.

As covas foram adubadas com 2 L de esterco bovino (6,0 g kg⁻¹ de C, 5,0 g kg⁻¹ de Mg, 1,03 g kg⁻¹ de P, 28,2 g kg⁻¹ de K e 11,81 g kg⁻¹ N), 100 g de cinzas e 100 g de farinha de ossos (14,4 % de P, 36,7

% de Ca, 9,92 % de SiO₂ e solubilidade em ácido cítrico a 2% de 23% ± 4). A Tabela 2 apresenta a composição química das cinzas utilizadas no trabalho. A recomendação adotada foi baseada na composição média das fontes utilizadas, na necessidade da cultura e no resultado da análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo na área experimental cultivado com o pimentão (*Capsicum annuum* L.) em Seropédica (RJ): pH, macro e micronutrientes.

Amostra	pH água	Al	Ca + Mg	Ca	Mg	P	K
		----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻¹ -----	
PC – 10	6,2	0,0	4,5	3,2	1,3	111	305
PC – 20	6,4	0,0	4,0	2,6	1,4	60	170
PD – 10	6,6	0,0	4,8	3,6	1,2	171	325
PD – 20	6,7	0,0	4,2	2,9	1,3	136	240

PC – 10 e PC – 20 Plantio convencional a 10 e 20 cm de profundidade.

PD – 10 e PD – 20 Plantio direto a 10 e 20 cm de profundidade.

Tabela 2. Resultado da análise química das cinzas utilizadas na adubação de plantio do pimentão (*Capsicum annuum* L.) em Seropédica (RJ), 2005.

Na	Ca	Mg	K	H+Al	Al	S	T	pH _{água}	Corg	P	K
----- cmol _c dm ⁻³ -----								1:2,5	%	-- mg dm ⁻¹ --	
1,88	2,1	1,3	9,7	0,0	0,0	14,98	14,98	10,4	0,72	17	3784

Por ocasião do transplante para as parcelas, parte das mudas foram repicadas para copos plásticos com 300 mL, com o mesmo substrato utilizado na produção, e mantidas na estufa para o replante e reposição das plantas das primeiras três coletas utilizadas na análise de crescimento.

A cultura foi pulverizada semanalmente com calda preparada com óleo de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) a 1,5% e calda sulfocálcica a 1%. Foram realizadas adubações em coberturas utilizando 150 g de cama de frango aos 31, 64, 92 e 113 DAT, sendo que aos 64 foi acrescentado 70 g de farinha de ossos. Aos 87 e 122 DAT foi aplicado o biofertilizante AGROBIO (pH na faixa de 5 a 6, 34,69 g L⁻¹ de matéria orgânica, 0,8% de carbono, 631mg L⁻¹ de N, 170 mg L⁻¹ de fósforo, 1,2 g L⁻¹ de potássio, 1,59 g L⁻¹ de cálcio e 480 mg L⁻¹ de magnésio) na dosagem de 70 L h⁻¹, por meio da irrigação por aspersão utilizando sistema de injeção implantado junto ao conjunto moto-bomba.

Para a análise de crescimento da cultura foi amostrada uma planta por repetição em cada coleta, sendo suas partes morfológicas (raiz, caule, folhas, flores e frutos) separadas a fim de se determinar a área foliar e a massa seca. Em coletas alternadas, em uma repetição por tratamento, foram coletadas duas

plantas com a finalidade de avaliar a existência de variação entre plantas. Nestas coletas, os valores de biomassa e índice de área foliar (IAF) foram obtidos pela média dos valores encontrados. Nas primeiras quatro coletas (até 42 DAT) foi possível fazer a reposição das plantas coletadas pelo fato de terem sido mantidas plantas em copos plásticos com 300 mL de substrato, em condições de estufa, que acompanharam o crescimento das plantas no campo. As mudas replantadas não foram utilizadas nas coletas seguintes, servindo apenas para manter a densidade de plantio.

Para se determinar a área foliar (AF) foi utilizado um integrador de área e para a obtenção da massa seca colocadas as partes da planta em estufa de ventilação forçada à 65°C até atingir massa constante, o que ocorreu em aproximadamente 7 dias.

As massas secas obtidas das partes das plantas e a massa seca total foram convertidas em biomassa por área de terreno e a AF em índice de área foliar, considerando a área ocupada por duas plantas (m⁻²).

Os dados obtidos foram utilizados nos cálculos das taxas e índices visando avaliar o desempenho da cultura nos dois sistemas de cultivo. Pelo método clássico, foram calculadas as taxas de crescimento da

cultura do pimentão utilizando as equações (1 e 2) propostas por Kvet et al. (1971):

$$TCC = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} dWS = \frac{(WS_2 - WS_1)}{\Delta t} \quad (1)$$

$$TCR = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} d(\ln WS) = \frac{(\ln WS_2 - \ln WS_1)}{\Delta t} \quad (2)$$

em que:

TCC – Taxa de crescimento da cultura em $g\ m^{-2}\ d^{-1}$;

TCR – Taxa de crescimento relativo em $g\ g^{-1}\ d^{-1}$;

WS₁ – biomassa acumulada pela planta inteira, em $g\ m^{-2}$, na coleta n;

WS₂ – biomassa acumulada pela planta inteira, em $g\ m^{-2}$, na coleta n + 1;

ΔT – intervalo de coleta, em dias.

Considerando que a relação entre IAF e WS é linear, a taxa de assimilação líquida (TAL) foi calculada pela equação (3):

em que:

IAF₁ – Índice de área foliar na coleta n;

$$TAL = \frac{[(WS_2 - WS_1)(\ln IAF_2 - \ln IAF_1)]}{[(IAF_2 - IAF_1)\Delta t]} \quad (3)$$

IAF₂ – Índice de área foliar na coleta n + 1.

Para o método funcional, foram calculadas as taxas de crescimento da cultura do pimentão por meio de curvas ajustadas do índice de área foliar e biomassa acumulada pelas plantas, selecionadas por meio do programa Curve Expert versão 1.34 (ROHLEDER et al., 2004).

O IAF e WS foram ajustados por meio da exponencial polinomial de segundo grau utilizando os modelos (4 e 5) propostos por Vernon e Allison (1963):

As taxas foram calculadas utilizando as equações (6, 7 e 8):

$$\ln WS = a + bDAT + cDAT^2 \quad (4)$$

$$\ln IAF = a' + b'DAT + c'DAT^2 \quad (5)$$

A duração da área foliar foi calculada pela integral dos modelos ajustados para os dados IAF da

$$TCR = b + 2cDAT \quad (6)$$

$$TCC = TCR.WS \quad (7)$$

$$TAL = \left(\frac{TCC}{IAF} \right) \quad (8)$$

cultura do pimentão obtidos nos sistemas de cultivo.

Os modelos foram ajustados com auxílio do programa Curve Expert versão 1.34 e a duração da área foliar foi calculada também por meio de análise processada pelo programa, integrando a função ajustada para o intervalo de tempo correspondente ao dia

do plantio até o dia em que se obteve o máximo IAF.

A distribuição da biomassa (WS) para os diversos componentes da planta foi obtida através destas razões, utilizando as equações (9, 10, 11 e 12) propostas por Gregory (1926): em que:

$$RAF = \left(\frac{IAF}{WS} \right) \quad (9)$$

$$RMF = \left(\frac{WSF}{WS} \right) \quad (10)$$

$$AFE = \left(\frac{IAF}{WSF} \right) \quad (11)$$

$$RPA = \left(\frac{WSR}{WSPA} \right) \quad (12)$$

RAF – razão de área foliar, em $g\ m^{-2}$;

RMF – razão de massa foliar, em $g\ m^{-2}$;

AFE – área foliar específica, em $g\ m^{-2}$;

RPA – razão raiz parte aérea, em $g\ m^{-2}$;

WSF - biomassa acumulada pelas folhas, em $g\ m^{-2}$;

WS - biomassa acumulada pela planta inteira, em $g\ m^{-2}$;

IAF - índice de área foliar;

WSR - biomassa acumulada pela raiz, em $g\ m^{-2}$; e

WSPA - biomassa acumulada parte aérea, em $g\ m^{-2}$.

Foram calculadas as razões de crescimento instantâneas, a partir das funções ajustadas a \log_e dos dados de IAF, WS, WSR, WSF e WSPA obtidos da cultura do pimentão nos dois sistemas de cultivo.

Na ocasião da colheita foram mantidos três grupos com quatro plantas em cada repetição, conservando a mesma densidade de plantio e com a finalidade de avaliar a produtividade por tratamento. As colheitas ocorreram aos 58, 72, 93, 107, 121, 135, 164 e 189 DAT, sendo avaliadas em cada parcela a produção de 12 plantas selecionadas ao acaso. Os frutos de cada colheita foram classificadas pelo tamanho e deformação e pesados separadamente e os resultados obtidos convertidos para produtividades em $kg\ ha^{-1}$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise do método clássico, para se proceder a análise de variância com as taxas de crescimento da cultura do pimentão foram verificadas as pressuposições de homocedastia pelo teste de Cochran. No cálculo da TAL foi verificada a relação de linearidade entre o IAF e a WS, possibilitando o uso da equação 9.

As Figuras 1, 2 e 3 apresentam as TCC, TAL e TCR, respectivamente, para o pimentão nos sistemas de cultivo PC e PD. Apesar das Figuras apresentarem diferenças nas taxas de crescimento estas não foram confirmadas estatisticamente (Tabela 3). Da mesma forma, os valores de IAF e WS não foram

diferentes entre os sistemas de cultivo (Tabela 4). Trabalhando com índices de crescimento no feijoeiro, Urchei et al. (2000) observaram que a TCC apresentou comportamento similar ao IAF e a matéria seca total. Os resultados foram animadores, considerando que em função do pequeno desenvolvimento radicular normalmente observado pela planta de pimentão esperava-se melhor resposta no sistema de cultivo com preparo prévio do solo (PC). Nessas condições, o revolvimento poderia proporcionar me-

nor impedimento ao crescimento das raízes e melhores condições de aeração, ainda mais por ser o primeiro ano de cultivo no sistema PD na área utilizada. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2010), que ao trabalharem com a cultura do pimentão em diferentes espaçamentos, verificaram que a TCC aumenta com a idade da planta e com o aumento do espaçamento, corroborando com Fontes et al. (2005).

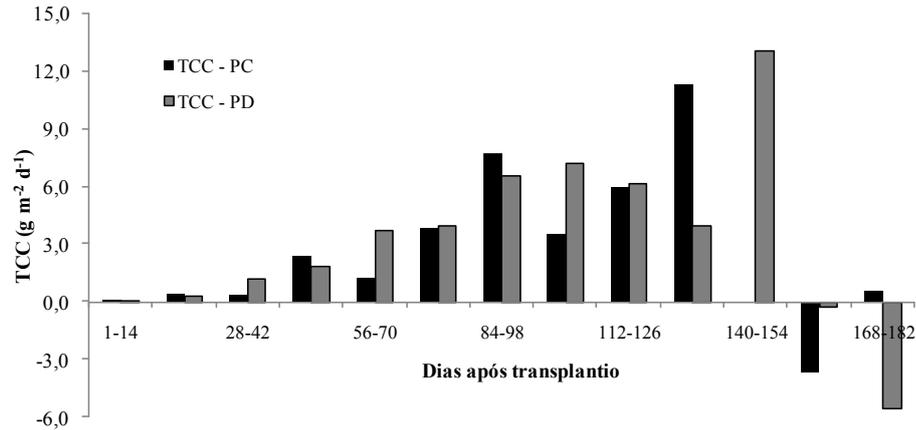


Figura 1. Taxa de crescimento da cultura do pimentão nos sistemas de cultivo convencional (TCC-PC) e direto (TCC-PD) em Seropédica (RJ), 2005.

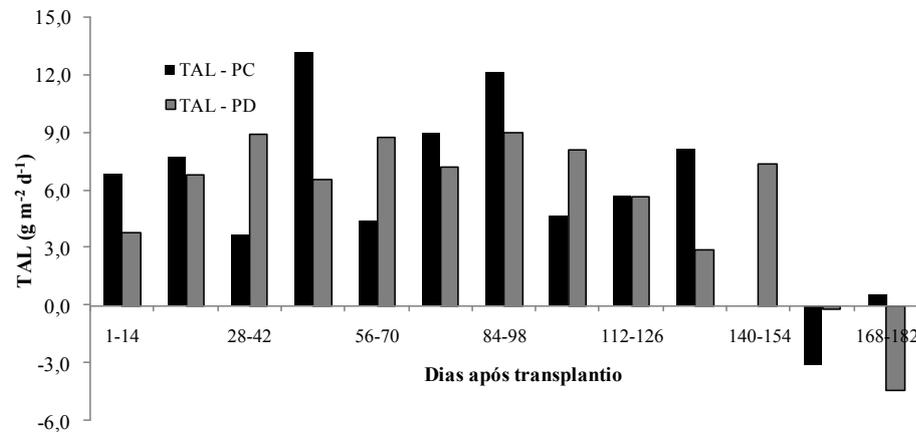


Figura 2. Taxa de assimilação líquida da cultura do pimentão nos sistemas de cultivo convencional (TAL-PC) e direto (TAL-PD) em Seropédica (RJ), 2005.

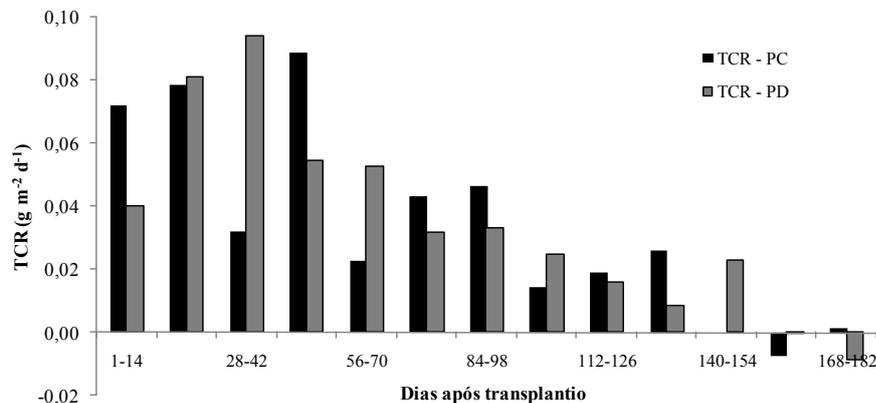


Figura 3. Taxa de crescimento relativo da cultura do pimentão nos sistemas de cultivo convencional (TCR-PC) e direto (TCR-PD) em Seropédica (RJ), 2005.

Ainda segundo Silva et al. (2010), a TCR foi maior aos 28 DAT, declinando progressivamente até os 84 e a partir daí se manteve estável até o fim do

período de observação. Comportamento semelhante foi observado para a TAL, que diminuiu em função da idade das plantas a partir dos 28 DAT.

Tabela 3. Taxas médias de crescimento da cultura do pimentão em Seropédica (RJ), 2005.

Sistema de cultivo	TCC (g m ⁻² d ⁻¹)	TCR (g g ⁻¹ d ⁻¹)	TAL (g m ⁻² d ⁻¹)
Convencional	2,5033 a	0,03367 a	5,6616 a
Direto	3,2444 a	0,03449 a	5,4127 a

*Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0.05).

Tabela 4. IAF e biomassa acumulada pela cultura do pimentão em Seropédica (RJ), 2005.

Sistema de cultivo	IAF (m ² m ⁻²)	Biomassa (g m ⁻²)
Convencional	0,6711 a	221,414 a
Direto	0,7796 a	270,856 a

*Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0.05).

Na análise do método funcional, as Figuras 4 e 5 apresentam os modelos ajustados de IAF e WS em função do tempo para os sistemas PC e PD, respectivamente. Ao contrário do observado no método

clássico de análise de crescimento, pelo método funcional observa-se acúmulo diferenciado de WS e IAF pelas plantas (Figura 6) nos diferentes sistemas.

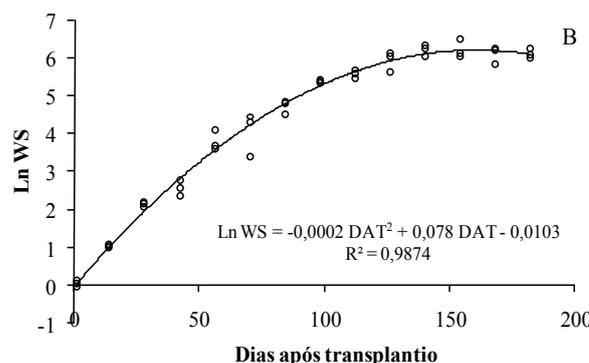
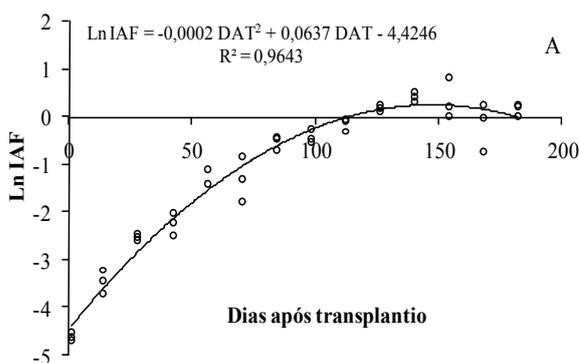


Figura 4. Modelos de ajuste de IAF (A) e biomassa (B) em função do tempo para o sistema de cultivo convencional em Seropédica (RJ), 2005.

Até os 63 DAT, os dois sistemas de cultivo apresentaram o mesmo comportamento em relação ao IAF. No entanto, a partir deste período, o PD apresentou maior incremento em área foliar em relação ao PC, atingindo IAF máximo de 1,61 m² m⁻² aos 142 DAT, ao passo que no convencional o IAF máximo foi de 1,31 m² m⁻² aos 147 DAT. A partir dos 145 DAT houve maior dispersão do IAF em relação aos dados ajustados devido ao início da senescência no final do ciclo da cultura, reduzindo a uniformida-

de nas parcelas (Figura 6B). Para os dois sistemas de cultivo, o IAF máximo ocorreu, aproximadamente, aos 80% do ciclo da cultura. Monte et al. (2013) constataram que o acúmulo máximo de fitomassa na cultura do tomateiro ocorreu entre 70 e 80 dias após o transplante, correspondendo a 60% de seu ciclo. Aplicando diferentes lâminas de irrigação, os autores encontraram IAF máximo variando de 0,75 a 1,15 m² m⁻².

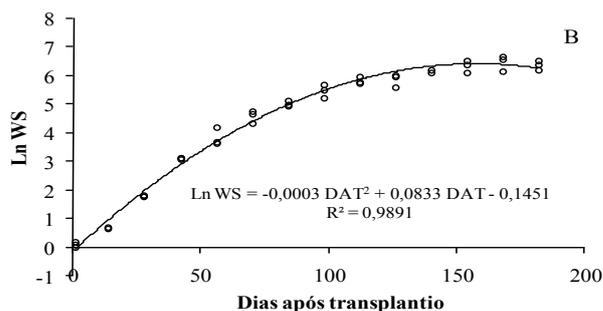
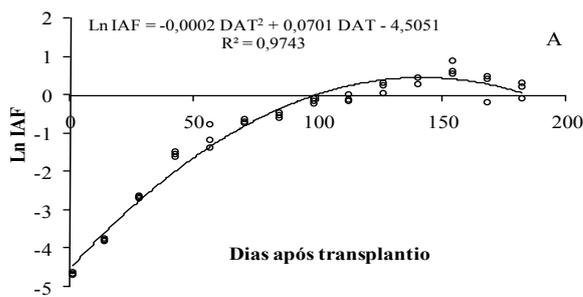


Figura 5. Modelos de ajuste de IAF (A) e biomassa (B) em função do tempo para o sistema de cultivo direto em Seropédica (RJ), 2005.

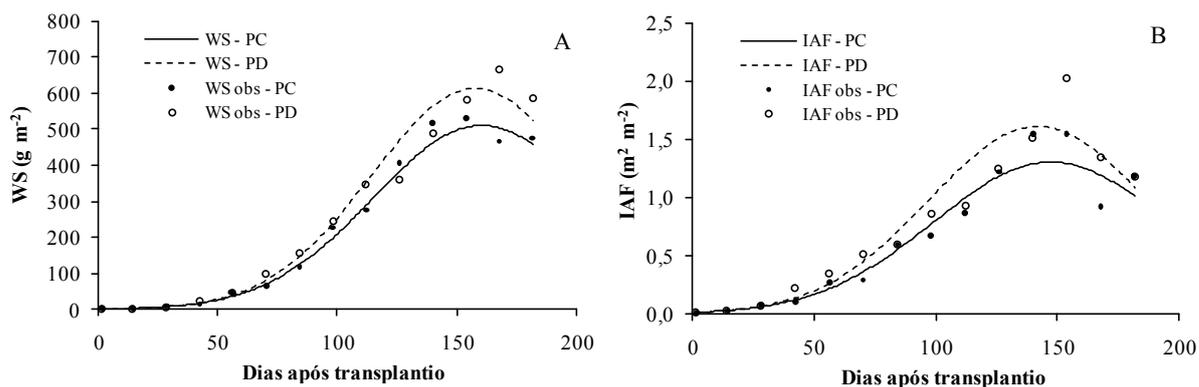


Figura 6. Valores médios observados e ajustados de biomassa (WS) acumulada (A) e IAF (B) em função de dias após o transplântio (DAT) para o plantio direto (PD) e convencional (PC) em Seropédica (RJ), 2005.

Quanto à biomassa acumulada pelas plantas nos dois sistemas, também foi observado o mesmo comportamento na fase inicial de desenvolvimento, ocorrendo a partir dos 80 DAT diferenças mais facilmente visualizadas, com tendência a um maior acúmulo pelo PD, quando a cultura atingiu o máximo de biomassa (634,29 g m⁻²) aos 157 DAT. No PC, o valor máximo foi de 511,44 g m⁻² de WS aos 161 DAT (Figura 6A). Estes resultados foram superiores aos encontrados por Fontes et al. (2005), que verificaram acúmulo de matéria seca da parte aérea de 368,1 g planta⁻¹, aos 224 DAT na cultura do pimentão cultivado em solo. Lopes et al. (2011) verifica-

ram acúmulo máximo de biomassa de 684,96 g planta⁻¹ na cultura do tomate.

Apesar dos valores apresentados sugerirem melhor desempenho no crescimento da cultura do pimentão no sistema PD, com maiores incrementos de biomassa e IAF (Figura 6) em relação ao PC, o mesmo não aconteceu com relação à produtividade, uma vez que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Portanto, a aparente superioridade do PD sobre o PC, também confirmado pelas taxas de crescimento (Figuras 7 e 8), não proporcionou melhores rendimentos da cultura.

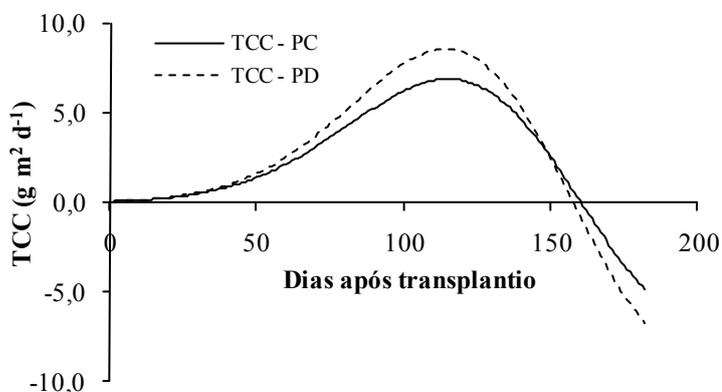


Figura 7. Taxa de crescimento da cultura em função de dias após o transplântio (DAT), em Seropédica (RJ), 2005.

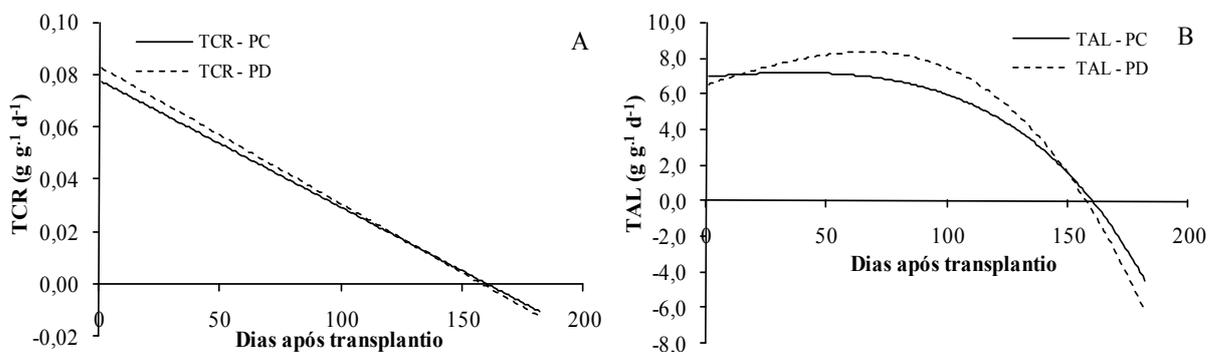


Figura 8. Taxas de crescimento relativo (A) e de assimilação líquida da cultura (B) em função de dias após o transplântio (DAT), em Seropédica (RJ), 2005.

As TCC máximas de 6,8 e 8,9 g m⁻² dia⁻¹ foram alcançadas aos 115 DAT nos sistemas de cultivo convencional e direto, respectivamente (Figura 7). Resultados semelhantes foram encontrados por Charlo et al. (2011), que observaram TCC máxima de 11,17 g m⁻² dia⁻¹, aos 168 dias após o transplante. Na fase inicial de desenvolvimento, até aproximadamente 50 DAT, não foi observada diferença no crescimento das plantas nos dois sistemas de cultivo. A partir deste período, após estabelecimento da cultura, foi verificado crescimento exponencial com aumentos significativos na área foliar (Figura 7), contribuindo para aumentar a produção de fotoassimilados distribuídos para as partes da planta e principalmente para a formação e crescimento dos frutos. Após esta fase é observado uma tendência de maior crescimento das plantas no sistema PD.

As plantas dos dois sistemas de cultivo apresentaram comportamento semelhante em relação à TCR (Figura 8A), com valores máximos sendo observados na fase inicial de crescimento da cultura, com decréscimo progressivo até o final do ciclo da cultura (FONTES et al., 2005). Nesta fase, observa-se um crescimento exponencial, com tendência de ocorrência de maior taxa de crescimento relativo pelo plantio direto (0,0835 g g⁻¹ dia⁻¹) em relação ao sistema convencional (0,0771 g g⁻¹ dia⁻¹), aos 14 DAT.

As taxas máximas de assimilação líquida ocorreram aos 33 DAT no PC (7,2 g m⁻² dia⁻¹) e aos 68 DAT no PD (8,6 g m⁻² dia⁻¹) (Figura 8B). Após este período, foi verificado um decréscimo mais acentuado pela planta no sistema PD em relação ao PC até atingir, aproximadamente, taxas negativas

aos 158 DAT. Fontes et al. (2005) verificaram que a TAL do pimentão atingiu o valor máximo aos 56 DAT, declinando posteriormente até os 224 DAT, enquanto Silva et al. (2010) verificaram declínio durante todo o ciclo. Esta tendência de redução mais brusca da TAL no sistema PD e na fase final do ciclo da cultura acarretou redução no acúmulo de biomassa, reduzindo a produtividade nas últimas colheitas. Este fato pode ser explicado pelo maior IAF atingido pela planta no PD, aumentando, portanto, o auto sombreamento, que provavelmente contribuiu para a diminuição mais acentuada da TAL.

Os valores máximos de RAF para a cultura do pimentão foram de 0,0118 e 0,0129 m² g⁻¹ nos sistemas PD e PC, respectivamente. Em ambos os sistemas, os valores máximos foram obtidos no momento do plantio (Figura 9), decrescendo com o tempo até assumir valores constantes próximos a 0,0022 e 0,0020 m² g⁻¹, respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Fontes et al. (2005) e Silva et al. (2010), que ao trabalharem com a cultura do pimentão verificaram que a RAF decresceu em função da idade da planta.

Até os 61 DAT, as plantas dos dois sistemas apresentaram comportamentos distintos, ocorrendo maior RAF no sistema PD, o que pode ser explicado pelo sombreamento inicial provocado pela rebrota do sorgo, provocando aumento no IAF. Nesta fase inicial, após a roçada do sorgo utilizado como pré-cultivo, os dois sistemas apresentaram comportamentos semelhantes. A ocorrência de maior RAF na fase inicial da cultura indica maior intensidade de conversão dos fotoassimilados em folhas com a finalidade de aumentar a captação da radiação solar disponível.

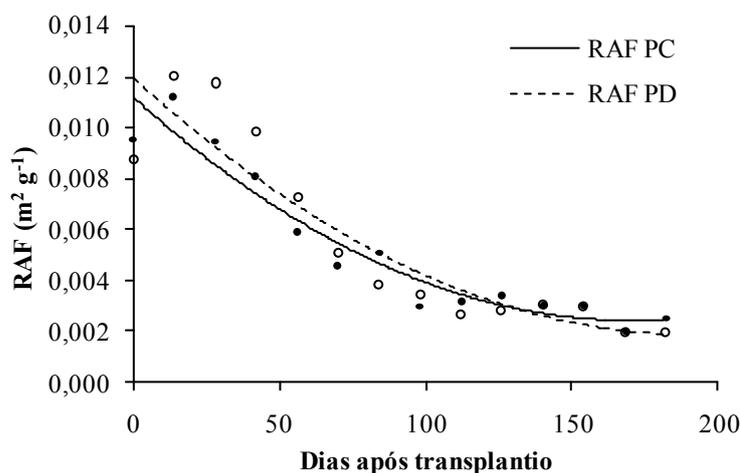


Figura 9. Curvas de razão de área foliar e seus valores médios para a cultura do pimentão nos sistemas de cultivo convencional (RAF PC) e direto (RAF PD) em Seropédica (RJ), 2005. Os círculos são as médias observadas no plantio direto e os pontos no plantio convencional.

A AFE apresentou pequena variação ao longo do ciclo da cultura do pimentão (Figura 10). Seus maiores valores foram observados nos primeiros dias após a instalação, decrescendo após a fase inicial e voltando a aumentar após 121 DAT. Fayad et al.

(2001) encontraram comportamentos semelhantes, trabalhando com tomate híbrido EF-50 e cv. Counter, verificando, em ambos os casos, crescimento até os 30 DAT com posterior decréscimo ao longo do ciclo.

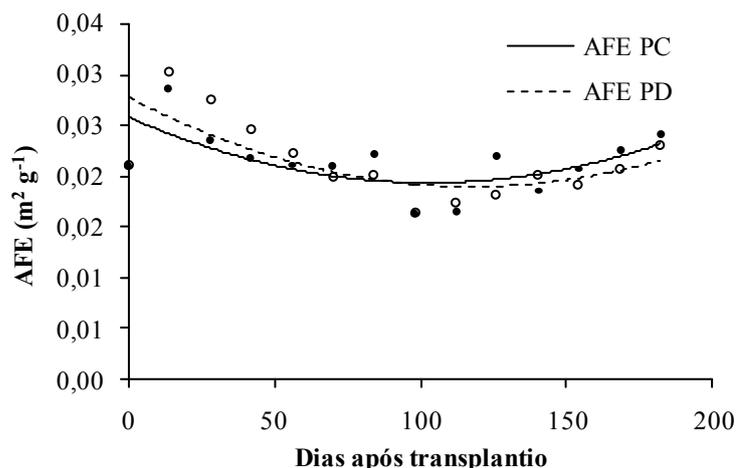


Figura 10. Curvas de área foliar específica e seus valores médios observados na cultura do pimentão nos sistemas de cultivo convencional (AFE PC) e direto (AFE PD) em Seropédica (RJ), 2005. Os círculos são as médias observadas no plantio direto e os pontos no plantio convencional.

As plantas no sistema PD apresentaram maior área foliar específica (AFE) na fase inicial, provavelmente pelos mesmos motivos comentados anteriormente para RAF. A ocorrência de maior AFE na fase inicial da cultura sugere menor espessura das folhas nesta fase desenvolvimento, atingindo valores de 0,0257 e 0,0281 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ no PC e PD, respectivamente.

Considerando que AFE é uma medida de densidade, os valores obtidos ao longo do ciclo da cultura podem ser utilizados para converter biomassa acumulada pelas folhas em IAF. Maiores valores de AFE nas plantas em PD se devem, provavelmente, ao auto ajustamento da planta para compensar o sombreamento provocado pela rebrota do sorgo, pos-

sibilitando captar maior quantidade de radiação solar. A variação da AFE demonstra que durante o crescimento as folhas não responderam às mesmas taxas de acúmulo de matéria seca devido a ocorrência de espessamento destas com o aumento da idade.

Os valores máximos de razão de massa foliar (RMF) na cultura do pimentão ocorreram no início da implantação da cultura, quando foi encontrado 0,46 g de folha por g de biomassa total acumulada pela planta para ambos sistemas de cultivo. O comportamento durante o ciclo da cultura apresentou pequena variação no período de 31 aos 91 DAT (Figura 11A).

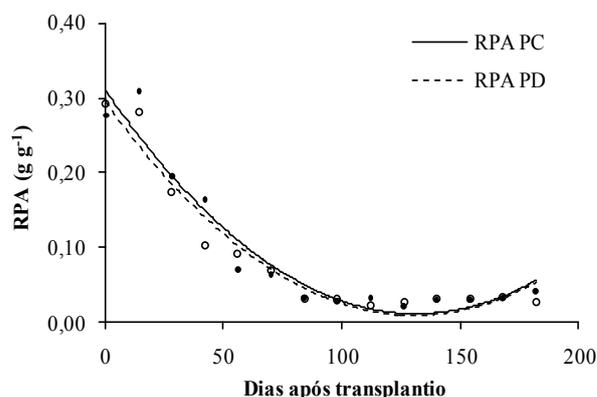
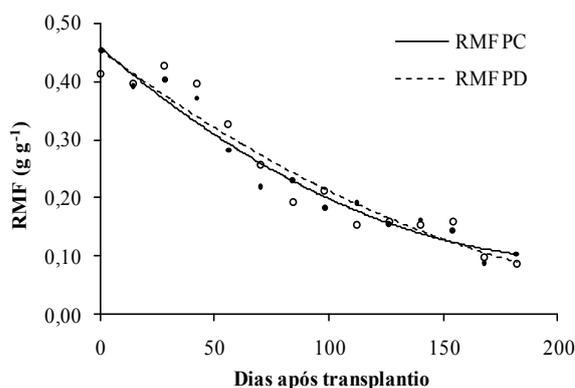


Figura 11. Razão de massa foliar (RMF) (A) e Relação Raiz Parte Aérea (RPA) (B) da cultura do pimentão nos sistemas de cultivo em função de dias após o transplantio (DAT) em Seropédica (RJ), 2005. Os círculos são as médias observadas no plantio direto e os pontos no plantio convencional.

Da mesma forma como observado para a RAF, a RMF decresce com o tempo, caracterizando maior acúmulo de fotoassimilados nas folhas na fase inicial de desenvolvimento, maior superfície assimilatória e maior captação da radiação solar (Figura 11B). De acordo com Silva et al. (2010), esse decréscimo é esperado porque a proporção de folhas na matéria seca total diminui em razão da formação de ramos e, posteriormente, de flores e frutos.

A relação raiz parte área (RPA) decresceu rapidamente até os primeiros 31 DAT, sendo observados valores máximos de 0,43 e 0,37 g de raiz por g de parte aérea, respectivamente, no PC e PD (Figura 11B). Portanto, na fase de desenvolvimento inicial da cultura, a biomassa acumulada pelo sistema radicular representou 43% e 37 % do total acumulado pela parte aérea, no PC e PD, respectivamente.

O maior acúmulo de biomassa pelo sistema

radicular das plantas no PC se deve ao maior crescimento das raízes. A partir dos 30 DAT, quando a cobertura se tornou menos densa, não foram observadas diferenças na RPA nos dois sistemas de cultivo. O volume médio de solo explorado pelo sistema radicular por planta foi de $0,06 \text{ m}^3$.

Nos dois sistemas de cultivo foram constatados três ciclos de produção, cujos picos de produtivi-

dade ocorreram aos 58, 100 e 149 DAT (Figura 12). Esses ciclos foram caracterizados pela alternância de fases de frutificação e crescimento vegetativo, ocorrendo, dessa forma, acúmulo de biomassa no caule, folhas, raiz e formação de flores para, em seguida, a planta investir no crescimento dos frutos. Como consequência, houve oscilação de produtividade ao longo do ciclo da cultura.

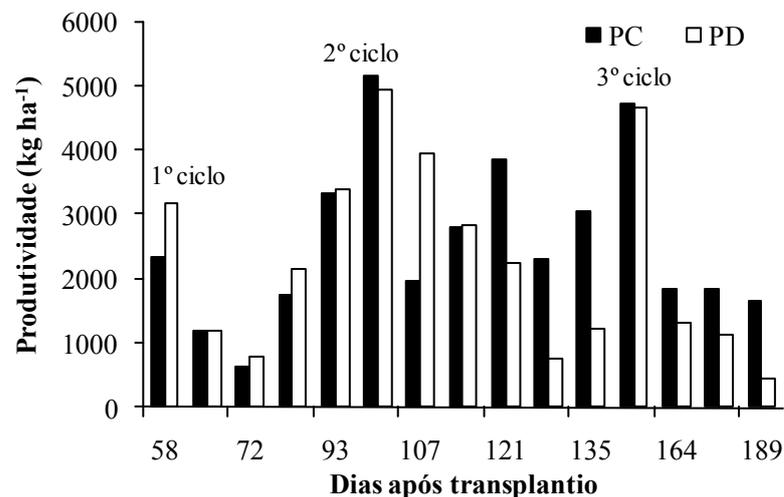


Figura 12. Produtividade da cultura do pimentão nos sistemas de cultivo convencional (PC) e direto (PD) em Seropédica (RJ), 2005.

Pode-se verificar que, em média, houve intervalo de 45 dias entre cada pico de produtividade, admitindo-se que este seja o tempo necessário para a planta assimilar nutrientes e água e distribuir os fotoassimilados a fim de garantir sua produção potencial. Esse resultado sugere que cuidados especiais devem ser tomados com relação à adubação nos períodos que antecedem aos 58, 100 e 149 DAT, visando disponibilizar os nutrientes necessários para a cultura. Apesar de não ter sido objetivo deste trabalho, foi constatada alta exportação de potássio pela

cultura, reduzindo a metade as reservas deste nutriente existente no solo antes do transplante.

A análise estatística dos dados de produtividade obtidos para os dois sistemas (Tabela 5) permitiu constatar que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Segundo os testes de Cochran e Bartlett, os erros dos dados de produtividade apresentaram variâncias homogêneas e segue a distribuição normal, segundo teste de Lilliefors, sendo possível proceder a análise de variância dos dados sem transformá-los.

Tabela 5. Produtividade da cultura do pimentão nos dois sistemas de cultivo em Seropédica (RJ), 2005.

Sistema de cultivo	Produtividade (kg ha^{-1})	
	Por colheita (média)	Total
Convencional	2.555,06 a	38.326,0 a
Direto	2.271,77 a	34.076,7 a

*Na coluna, médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Analisando a biomassa acumulada por diferentes partes da planta, foi possível constatar que aos 100 DAT, 51,9% e 48,3% da biomassa total acumulada pela planta, respectivamente, no sistema convencional e direto foi destinada aos frutos. Pode-se observar ainda que a biomassa acumulada pelo sistema radicular atinge 7% e 8% do total acumulado pela planta, nos sistemas convencional e direto, respectivamente, aos 58 DAT. A partir desta fase ocorreu decréscimo acentuado na biomassa acumulada,

atingindo em média 3% de biomassa acumulada aos 100 e 149 DAT. Assim, foi possível constatar que a planta prioriza o acúmulo de biomassa na parte aérea em detrimento do sistema radicular, sendo um aspecto importante a ser considerado pelo agricultor quanto ao manejo da irrigação, considerando o pequeno volume de solo explorado pelas raízes do pimentão.

O acúmulo máximo de biomassa no caule e folhas ocorreu aos 58 DAT, em ambos os sistemas de cultivo, atingindo 60% e 74% da biomassa total

acumulada pela planta no sistema convencional e direto, respectivamente. Após esta fase é verificada a redução da biomassa total acumulada por estas partes da planta, em benefício da formação e crescimento dos frutos. Foi possível constatar, portanto, que a planta na fase inicial de desenvolvimento tende a priorizar a concentração de fotoassimilados no caule e folhas, buscando armazenar reservas para serem disponibilizadas aos frutos na fase intensiva de produção. Trabalhando com análise do crescimento de tomate, Lopes et al. (2011) verificaram que os ramos, folhas, inflorescências e frutos se comportam como dreno, sendo responsáveis, ao final do ciclo, por 14,8%, 28,5%, 4,3% e 52,5%, respectivamente, da massa seca acumulada. Fayad et al. (2001) também verificaram que os frutos são o dreno preferencial da planta.

CONCLUSÕES

Não ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de cultivo com relação às taxas de crescimento da cultura do pimentão, porém pelo método funcional constatou-se acúmulo diferenciado de biomassa e IAF pelas plantas, quando submetidas aos sistemas de cultivo convencional e direto.

Nos dois sistemas de cultivo empregados foram constatados três ciclos de produção, cujos picos de produtividade ocorreram aos 58, 100 e 149 DAT, não havendo diferença de produtividade entre eles.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, F. S. et al. Nutrientes minerais em pimentão fertirrigado sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 681-687, 2012.
- BATISTA, S. C. O. et al. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 11, n. 2, p. 485-489, 2013.
- CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, A. D. de; PEREIRA, J. B. A. Ajuste de modelos para estimativa do índice de área foliar e acúmulo de biomassa do pimentão em função de graus-dias. **Semina**. Ciências Agrárias (Online), Londrina, v. 32, n. 3, p. 971-982, 2011.
- CHARLO, H. C. O. et al. Análise de crescimento de pimentão cultivado em fibra de coco em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 316-323, 2011.
- COSTA, C. C. et al. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 118-122, 2006.
- FAYAD, J. A. et al. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 232-237, 2001.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 2008. 421 p.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 94-99, 2005.
- GREGORY, F. G. The effect of climatic conditions on the growth of barley. **Annals of Botany**, v. 40, p. 1-26, 1926.
- KVET, J. et al. Methods of growth analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JAVIS, P.G. (Ed.). **Plant photosynthetic production**: Manual of methods. The Hague: 1971. p. 341-391.
- LOPES, W. A. R. et al. Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 554-561, 2011.
- MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BOAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K na planta. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 41-51, 2004.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 20 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 101).
- MONTE, J. A. et al. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n. 2, p. 222-227, 2009.
- MONTE, J. A. et al. Growth analysis and yield of tomato crop under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 926 - 931, 2013.
- NOGUEIRA, D. W. et al. Seleção assistida com uso de marcador molecular para resistência a potyvírus em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 955-963, 2012.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 33 p. (IAC. Boletim técnico, 114).

ROHLEDER, N. et al. **Psychosocial Stress-Induced Activation of Salivary Alpha-Amylase: An Indicator of Sympathetic Activity?** *Annals of New York Academy of Science*, v. 1032, p. 258-263, 2004.

SILVA P. I. B. et al. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p. 132-139, 2010.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

VERNON, A. J.; ALLISON, J. C. S. A method of calculating net assimilation rate. **Nature**, v. 200, p. 814, 1963.