

MODELOS PARA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE E DO NÚMERO DE FRUTOS DO TOMATEIRO TIPO CEREJA, CULTIVADO SOB DIFERENTES COBERTURAS PLÁSTICAS

Holcman, E.¹, Sentelhas, P.C.², Mello, S. da C.³

¹ Doutoranda do Programa de Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Fone: (19) 3429-4283, eholcman@esalq.usp.br

² Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Biossistemas da ESALQ/USP, Bolsista do CNPq;

³ Prof. Dr. do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre as variáveis biométricas (kg planta⁻¹ e n° frutos planta⁻¹) e as variáveis microclimáticas (temperatura, umidade relativa e radiação solar), elaborando equações de estimativa da produtividade do tomateiro tipo cereja por meio de regressões lineares simples e múltiplas. Os experimentos foram instalados em Piracicaba, SP, nos anos de 2008 e 2009, onde uma estufa foi dividida em dois ambientes distintos, um coberto com filme plástico anti-UV aliado à tela termo-refletora com malha de 40%, disposta internamente (Ambiente I) e o outro com filme plástico difusor (Ambiente II). Ambos os tratamentos foram cultivados com duas cultivares de tomate cereja (*Sweet Grape* and *Sweet Million*), fertirrigadas com diferentes soluções (relação K:N de 2:1 e 3:1), com cinco repetições. As variáveis mais significativas para a produção do tomateiro foram: radiação solar global (Qg); radiação fotossinteticamente ativa (RFA); e temperatura média do ar (Tmed), a um nível de significância de 1% na maioria das correlações e com R² > 0,873.
PALAVRAS-CHAVE: horticultura, ambiente protegido, microclima.

ESTIMATIVE MODELS FOR YIELD AND NUMBER OF FRUITS OF CHERRY TOMATOES CULTIVATED UNDER DIFFERENT PLASTIC COVERS

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the interaction between the biometric (kg plant⁻¹ and n° fruits plant⁻¹) and microclimatic (temperature, relative humidity and solar radiation) variables for elaborating models to estimate the productivity of the cherry tomatoes by simple and multiple linear regressions. The experiments were installed in Piracicaba, state of São Paulo, Brazil, in the years of 2008 and 2009, where one greenhouse was divided in two distinct environments, one covered with plastic film anti-UV and with the thermo-reflective shading screen with 40% mesh, disposed internally (Environment I) and the other covered with diffusive plastic film (Environment II). Both environments were cultivated with two cultivars of cherry tomato (*Sweet Grape* and *Sweet Million*), fertirrigated with different solutions (K:N relation of 2:1 and 3:1), with five repetitions. The variables most significant for the production of the tomatoes were: incoming solar radiation (Qg), photosynthetically active radiation (PAR); and average air temperature (Tmed), with significance of 1% in the majority of correlations and R² > 0.873.
KEYWORDS: horticulture, greenhouse, microclimate.

INTRODUÇÃO: A radiação solar é o principal fator determinante do rendimento de qualquer cultura. O manejo do cultivo deve buscar, portanto, a otimização do processo fotossintético, para maximizar os rendimentos (CASTILLA, 2005). Para tanto, em cultivos protegidos, a caracterização da atenuação da radiação solar pela cobertura plástica é fundamental, pois afeta diretamente tanto o balanço de energia quanto o processo fotossintético (PEZZOPANE et al., 2004). O estudo das variáveis meteorológicas sob cultivos protegidos permite a previsão da resposta das culturas frente às condições impostas pelo

microclima. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação entre as variáveis biométricas (kg planta^{-1} e n° frutos planta^{-1}) e as variáveis microclimáticas sob diferentes coberturas plásticas, e a elaboração de modelos de estimativa da produtividade do tomateiro tipo cereja a partir dessas variáveis.

MATERIAL E MÉTODOS: Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Produção Vegetal (ESALQ/USP), no município de Piracicaba, SP, durante os anos de 2008 e 2009. Os experimentos tiveram início em 07/08 (1º ciclo) e em 03/09 (2º ciclo). Uma estufa plástica do tipo arco foi dividida em duas partes iguais. Um dos ambientes foi coberto com filme plástico anti-UV aliado à tela termo-refletora com malha de 40%, instalada internamente na altura do pé-direito (Ambiente I). No outro ambiente (Ambiente II), utilizou-se o filme plástico difusor com capacidade de difusão de 55% da radiação transmitida ao interior do ambiente protegido. Nas laterais foram instaladas telas pretas com malha de 50% de sombreamento, permitindo boa ventilação nos dois ambientes. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em cada ambiente, compostos por quatro tratamentos, em um esquema fatorial 2 x 2, referente a duas fertirrigações (relação K:N 2:1 e 3:1) e a duas cultivares utilizadas (*Sweet Grape* e *Sweet Million*), com cinco repetições. As condições microclimáticas no interior dos dois ambientes protegidos foram monitoradas por meio de sensores eletrônicos instalados na posição central de cada um dos ambientes, sendo medida as seguintes variáveis: temperatura e umidade relativa do ar (T); radiação solar global (Qg); radiação fotossinteticamente ativa (RFA); e saldo de radiação (Rn). Os frutos foram classificados quanto ao tamanho (pequenos e grandes), de acordo com os parâmetros apresentados na Tabela 1. Os frutos com diâmetro superior ao estabelecido na Tabela 1 foram classificados como grandes. Após a classificação, os frutos foram contados e pesados, considerando-se como unidade de medida uma planta, o que resultou em n° frutos planta^{-1} e na produtividade em kg planta^{-1} .

Tabela 1 – Critério para a classificação do tamanho (diâmetro - ϕ) dos frutos pequenos do tomateiro cereja

| Cultivar | ϕ transversal | ϕ longitudinal |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| | (cm) | |
| <i>Sweet Grape</i> | até 2,0 | até 2,5 |
| <i>Sweet Million</i> | até 2,2 | até 2,2 |

A partir dos dados obtidos ao longo dos dois ciclos da cultura, avaliou-se a interação entre as variáveis biométricas e as variáveis microclimáticas, por meio do coeficiente de correlação de Pearson (r), ao nível de significância de 1 e 5% de probabilidade. A partir dessas correlações, foram estabelecidas as principais variáveis condicionadoras da produtividade dos tomateiros cereja, elaborando-se equações de estimativa por meio de regressões lineares simples e múltiplas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 2 apresenta os valores de produtividade média (kg planta^{-1}) e número médio de frutos ($\text{n}^\circ \text{planta}^{-1}$) dos cultivares em cada um dos ambientes protegidos. A produtividade referente ao ambiente sob o plástico difusor (Ambiente II) foi bem superior àquela obtida no ambiente com plástico e tela de sombreamento (Ambiente I), em razão da maior transmissividade da radiação solar pelo filme difusor e por este gerar uma maior proporção de radiação difusa, melhor aproveitada pela cultura. De acordo com Kittas et al. (1999), pequenas diferenças na transmissividade do material de cobertura à radiação solar podem ter efeito significativo no crescimento e no desenvolvimento das culturas. Assim, a

escolha do tipo de material utilizado na cobertura de ambientes protegidos assume papel importante pois afeta diretamente a densidade de fluxo de radiação no interior do ambiente de cultivo (STEIDLE NETO et al., 2006; FINCH et al., 2004) e, conseqüentemente, a produtividade e qualidade dos frutos. A diferença média de produtividade entre os dois ambientes foi, no 1º ciclo, de 52,5% e 49,6%, respectivamente para as cultivares *Sweet Grape* e *Sweet Million*. No ciclo seguinte, essa diferença média foi de 44,1% e 39,1%. Isso evidencia que o tipo de cobertura do ambiente interfere significativamente no ganho de produtividade. Segundo Martins (1992), o tomateiro apresenta bom desenvolvimento quando cultivado em ambiente protegido, com incrementos de produção que podem variar de 17 a 77% ou até 5 a 8 vezes superior aos obtidos em campo aberto. Isto ocorre pois há uma maior eficiência do uso da radiação em ambientes protegidos em relação a cultivos a céu aberto, em função, entre outros fatores, do aumento da radiação difusa (HAMMER; VANDERLIP, 1989; SINCLAIR et al., 1992). As correlações entre as variáveis microclimáticas e biométricas são apresentadas nas Tabelas 3 e 4, e a partir delas é possível verificar a influência de cada variável do microclima no tamanho, peso e número de frutos do tomateiro cereja.

Tabela 2 - Produtividade média (kg pl⁻¹) e número médio de frutos (nº pl⁻¹) dos cv *Sweet Grape* e cv *Sweet Million* nos dois ciclos de cultivo do tomateiro cereja, sendo: Ambiente I = plástico anti-UV + tela termo-refletora e Ambiente II = plástico difusor

| Ciclo | Cultivar | Produtividade (kg planta ⁻¹) | | Número de frutos (nº planta ⁻¹) | |
|-------|-------------------|--|-------------|---|-------------|
| | | Ambiente I | Ambiente II | Ambiente I | Ambiente II |
| 1º | <i>S. Grape</i> | 3,11 | 4,74 | 384 | 585 |
| | <i>S. Million</i> | 3,67 | 5,49 | 447 | 653 |
| 2º | <i>S. Grape</i> | 2,90 | 4,18 | 401 | 534 |
| | <i>S. Million</i> | 3,22 | 4,48 | 346 | 464 |

Tabela 3 – Coeficientes de correlação (r*) entre variáveis microclimáticas e biométricas para a cultivar *Sweet Grape*, a partir dos valores médios dos experimentos

| | Produtividade (kg pl ⁻¹) | | | Nº frutos (nº pl ⁻¹) | | |
|--------|--------------------------------------|-------|--------|----------------------------------|-------|--------|
| | Peq | Gde | Total | Peq | Gde | Total |
| Qg | 0,948 | 0,385 | 0,803 | 0,916 | 0,306 | 0,711 |
| PAR | 0,741 | 0,737 | 0,975 | 0,852 | 0,678 | 0,931 |
| Rn | 0,779 | 0,687 | 0,955 | 0,855 | 0,613 | 0,888 |
| T med | 0,900 | 0,495 | 0,865 | 0,921 | 0,431 | 0,800 |
| T max | -0,789 | 0,460 | -0,047 | -0,496 | 0,550 | 0,103 |
| T min | -0,854 | 0,325 | -0,189 | -0,588 | 0,424 | -0,033 |
| UR med | -0,946 | 0,079 | -0,432 | -0,746 | 0,181 | -0,286 |

* Para nível de significância de 5% (r > 0,666 ou r < -0,666)

Tabela 4 – Coeficientes de correlação (r^*) entre variáveis microclimáticas e biométricas para a cultivar *Sweet Million*, a partir dos valores médios dos experimentos

| | Produtividade (kg pl^{-1}) | | | Nº frutos ($\text{n}^\circ \text{pl}^{-1}$) | | |
|--------|---------------------------------------|--------|--------|---|--------|--------|
| | Peq | Gde | Total | Peq | Gde | Total |
| Qg | 0,906 | 0,665 | 0,875 | 0,895 | 0,826 | 0,939 |
| PAR | 0,709 | 0,907 | 0,968 | 0,732 | 0,965 | 0,934 |
| Rn | 0,755 | 0,871 | 0,960 | 0,770 | 0,938 | 0,938 |
| T med | 0,851 | 0,749 | 0,915 | 0,853 | 0,889 | 0,954 |
| T max | -0,769 | 0,143 | -0,221 | -0,700 | -0,098 | -0,418 |
| T min | -0,835 | 0,003 | -0,352 | -0,772 | -0,229 | -0,531 |
| UR med | -0,920 | -0,247 | -0,572 | -0,871 | -0,465 | -0,719 |

* Para nível de significância de 5% ($r > 0,666$ ou $r < -0,666$)

Observa-se que as variáveis mais significativas para a produção do tomateiro foram a radiação solar global (Qg) e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), a um nível de significância de 1% na maioria das correlações ($r > 0,875$). Cockshull et al. (1992) constataram que o aumento de 1% da RFA proporcionou um acréscimo de aproximadamente 1% na produtividade do tomateiro, em função do estímulo à fotossíntese. Outra variável meteorológica que se mostrou significativa ao incremento da produtividade da cultura foi a temperatura média do ar (Tmed). Para Selina e Bledsoe (2002), um dos fatores responsáveis pela rapidez do crescimento do tomateiro é a temperatura. Valores de temperatura abaixo de 10°C e acima de 34°C provocam sérios prejuízos à cultura (ALVARENGA, 2004). Identificadas as correlações de maior significância, foram elaboradas regressões lineares simples e múltiplas para a estimativa da produtividade e do número de frutos do tomateiro. A Tabela 5 apresenta os modelos lineares obtidos, com níveis de significância de 1% ($R^2 > 0,873$). Verifica-se que os valores de R^2 obtidos por meio das regressões múltiplas foram, na maioria dos casos, superiores aos valores obtidos pelas regressões lineares simples, mostrando que a interação entre a disponibilidade de energia e a temperatura melhora a confiabilidade das estimativas.

Tabela 5 - Regressões lineares simples e múltiplas entre produtividade (kg pl^{-1}) e número de frutos, e os elementos meteorológicos PAR e Tmed, para as cultivares do tomateiro cereja *Sweet Grape* e *Sweet Million*, cultivadas em ambientes protegidos

| cv | Variável | Modelo linear | R^2 (*) |
|----------------------|------------------------------|---|-----------|
| <i>Sweet Grape</i> | Prod (kg pl^{-1}) | Prod = $1,69 + 0,78 \text{ PAR}$ | 0,951 |
| | | Prod = $18,33 + 1,20 \text{ PAR} - 0,90 \text{ Tmed}$ | 0,983 |
| | Nº frutos | NF = $255,31 + 84,59 \text{ PAR}$ | 0,867 |
| | | NF = $2921,91 + 151,77 \text{ PAR} - 144,36 \text{ Tmed}$ | 0,931 |
| <i>Sweet Million</i> | Prod (kg pl^{-1}) | Prod = $1,87 + 0,90 \text{ PAR}$ | 0,937 |
| | | Prod = $2,32 + 0,91 \text{ PAR} - 0,02 \text{ Tmed}$ | 0,937 |
| | Nº frutos | NF = $174,74 + 114,27 \text{ PAR}$ | 0,873 |
| | | NF = $-2874,26 + 37,46 \text{ PAR} + 165,06 \text{ Tmed}$ | 0,919 |

* Para nível de significância de 1% ($R^2 > 0,637$).

CONCLUSÕES: Conclui-se que as variáveis meteorológicas mais significativas para o crescimento do tomateiro em ambientes protegidos são a radiação fotossinteticamente ativa e a temperatura do ar, as quais podem ser empregadas em modelos para a estimativa da produtividade da cultura.

AGRADECIMENTOS: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora e pelo financiamento do projeto (Processo 2008/58624-1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALVARENGA, M.A.R. **Tomate:** produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 47 p.
- CASTILLA, N. **Invernaderos de plástico: tecnología y manejo.** Madrid: Mundi-Prensa, 2005. 462 p.
- FINCH, D.A.; BAILEY, W.G.; MCARTHUR, L.J.B.; NASITWITWI, M. Photosynthetically active radiation regimes in a southern African savanna environment. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 122, p. 229-238, 2004.
- HAMMER, G.L.; VANDERLIP, R.L. Genotype-by- environment interaction in grain sorghum – I: effects of temperature on radiation use efficiency. **Crop Science**, Madison, v. 29, p. 370-376, 1989.
- KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 73, p. 341-51, 1999.
- MARTINS, G. **Uso de casa de vegetação com cobertura plástica na tomaticultura de verão.** 1992. 65 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1992.
- PEZZOPANE, J.E.M.; OLIVEIRA, P.C. de; REIS, E.F. dos; LIMA, J.S.S. Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 9-15, jan./abr. 2004.
- SELINA, P.; BLEDSOE, M.E. **Greenhouse/hothouse hydroponic tomato timeline.** Liverpool: Village Farms, 2002. 8 p.
- SINCLAIR, T.R.; SHIRAIWA, T.; HAMMER, G.L. Variation in crop radiation-use efficiency with increased diffuse radiation. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 1281-1284, 1992.
- STEIDLE NETO, A.J.; RIBEIRO, A.; ZOLNIER, S.; LEITE, F.P. Variabilidade sazonal da relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a radiação global na Bacia do Rio Doce, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 427-31, 2006.