



## ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E DA PRODUTIVIDADE DE PEPINO EM MEIO PROTEGIDO - CULTIVOS DE INVERNO E DE VERÃO

Emerson Galvani<sup>1</sup>, João Francisco Escobedo<sup>2</sup>, Antonio Ribeiro da Cunha<sup>2</sup> & Elcio Silvério Klosowski<sup>3</sup>

### RESUMO

Avaliou-se, semanalmente, ao longo do ciclo da cultura de pepino (variedade Hokuho), a área foliar (AF), o índice de área foliar (IAF) e a produtividade (P) em ciclos de outono-inverno e primavera-verão, dentro e fora de casa de vegetação. Os modelos foram gerados através de equações polinomiais de 3ª e 4ª ordem, tendo como variável dependente o número de semanas após o transplante (SAT) e o IAF; já o ciclo de outono-inverno iniciou-se em 13/05/98, com duração de 18 semanas, para o qual foram obtidos os seguintes modelos:  $IAF_{int} = 0,869 - 0,73x + 0,18x^2 - 0,008x^3$  ( $R^2 = 0,964$ ,  $SD = 0,403$ ) e,  $IAF_{ext} = 0,974 - 1,015x + 0,288x^2 - 0,024x^3 + 0,000584x^4$  ( $R^2 = 0,940$ ,  $SD = 0,211$ ) em que “x” representa o número de semanas após o transplante. O ciclo de verão, teve início em 10/11/98, com duração de 14 semanas, para o qual foram obtidos os seguintes modelos:  $IAF_{int} = 2,619 - 3,913x + 1,515x^2 - 0,161x^3 + 0,005x^4$  ( $R^2 = 0,959$ ,  $SD = 0,642$ );  $IAF_{ext} = 3,807 - 4,893x + 1,635x^2 - 0,161x^3 + 0,005x^4$  ( $R^2 = 0,968$ ,  $SD = 0,597$ ). Relacionando-se IAF com produtividade, obtiveram-se os seguintes modelos: ciclo de inverno –  $P_{int} = 0,426 \cdot e^{0,364 \cdot IAF}$  e  $P_{ext} = 0,133 \cdot e^{0,887 \cdot IAF}$ ; ciclo de verão –  $P_{int} = 0,4297 \cdot e^{0,360 \cdot IAF}$  e  $P_{ext} = 0,4597 \cdot e^{0,322 \cdot IAF}$ , podendo-se estimar, com boa precisão, o valor do IAF e da produtividade da cultura de pepino (variedade Hokuho) a partir do número de semanas após o transplante.

**Palavras-chave:** *Cucumis sativus* L., índice de área foliar, modelos, rendimento

### ESTIMATE OF LEAF AREA INDEX AND PRODUCTIVITY OF CUCUMBER IN GREENHOUSE - WINTER AND SUMMER CROPS

### ABSTRACT

In this work, the growth parameters (leaf area - LA, leaf area index - LAI and productivity - P) of cucumber variety Hokuho during winter and summer periods were studied under greenhouse (120µm polyethylene cover) and field conditions. The winter cycle began on May 13, 1998 and the crop growth period was eighteen weeks. In this case, the models obtained were:  $LAI_{int} = 0.869 - 0.73x + 0.18x^2 - 0.008x^3$  ( $r^2 = 0.964$ ,  $SD = 0.403$ ) and  $LAI_{ext} = 0.974 - 1.015x + 0.288x^2 - 0.024x^3 + 0.000584x^4$  ( $r^2 = 0.940$ ,  $SD = 0.211$ ), where x represent weeks after transplant. In the summer period, the transplant date was November 10, 1998 and the crop growth period was fourteen weeks. The models obtained were:  $LAI_{int} = 2.619 - 3.13x + 1.515x^2 - 0.161x^3 + 0.005x^4$  ( $r^2 = 0.959$ ,  $SD = 0.642$ ) and  $LAI_{ext} = 3.807 - 4.893x + 1.635x^2 - 0.161x^3 + 0.005x^4$  ( $r^2 = 0.968$ ,  $SD = 0.597$ ). The relationships between leaf area index and productivity was explained by the following models:  $P_{int} = 0.426 \cdot e^{0.364 \cdot LAI}$  and  $P_{ext} = 0.133 \cdot e^{0.887 \cdot LAI}$  (winter);

Recebido em 12/08/1999, Protocolo 090/99

<sup>1</sup> Depto. de Recursos Naturais, FCA, UNESP, Botucatu, 18603 - 970, CP 237, CEP 18603 - 970 Botucatu, São Paulo. Bolsista FAPESP. E-mail: galvani@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Depto. de Recursos Naturais, FCA, UNESP. E-mail: escobedo@fca.unesp.br

<sup>3</sup> Depto. de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, Campus Universitário, CEP 87020 - 900, Maringá, Paraná. E-mail: esklosowski@fca.unesp.br

$P_{int} = 0.4297 \cdot e^{0.360.LAI}$  e  $P_{ext} = 0.4597 \cdot e^{0.322.LAI}$  (summer). These models may be used to estimate leaf area index and yield of cucumber crop, variety Hokuho, from the data on weeks after transplant and LAI.

**Key words:** *Cucumis sativus* L., leaf area index, models, yield

## INTRODUÇÃO

A interação entre as plantas (genótipos) e o ambiente (fatores climáticos e edáficos) condiciona a produção agrícola em determinada região. Pode-se afirmar que a produção vegetal está diretamente relacionada com o aproveitamento da energia solar pela cultura, transformada em energia química durante o processo fotossintético (Leme et al., 1984) sendo as folhas principais responsáveis por esta conversão.

A cultura de pepino encontra-se entre as dez hortaliças de maior interesse comercial no Brasil, destacando-se o atendimento da demanda no período de entressafra, geralmente associado ao período de inverno. O rendimento do pepino cultivado a campo no Brasil é ainda muito reduzido, estando em 1,6 kg m<sup>-2</sup> para pepino em conserva e, 2,5 a 8,0 kg.m<sup>-2</sup> para pepino tipo salada (Silva et al., 1992; Epagri, 1993). Para as condições de cultivo em casa de vegetação, os rendimentos encontram-se entre 15 a 30 kg m<sup>-2</sup> (Alfonso Osorio et al., 1984; Robles, 1985; Martins et al., 1995).

A variação do índice de área foliar durante o ciclo de determinada cultura é um dado importante para a determinação da data de semeadura e transplante. Não se considerando a intervenção de outros fatores, as culturas devem ser semeadas de modo que os valores máximos do índice de área foliar (IAF) coincidam com a época de elevada radiação, quando a fotossíntese líquida será máxima. A área foliar e, conseqüentemente, o índice de área foliar (IAF) foram definidos inicialmente por Watson (1947a, b) e representam a unidade de área de folhas por unidade de área de terreno sendo, portanto, adimensional. Sua variação durante todo o ciclo de uma cultura é de extrema importância para que se possa modelar o crescimento (aumento em massa ou volume de certo órgão ou planta como um todo, dentro de um intervalo de tempo) e o desenvolvimento (aparecimento de uma fase da planta) das plantas e, em conseqüência, a produtividade e a produção total da cultura (Teruel, 1995). O autor, trabalhando com modelagem de IAF em cultura de cana-de-açúcar irrigada, ajustou modelos exponenciais potenciais do tipo  $Y = a \cdot x^b \cdot e^{c \cdot x}$ , em que x representa o somatório de graus dia<sup>-1</sup> ao longo do ciclo da cultura. Teixeira et al. (1997) propuseram equações de estimativa de índice de área foliar em cultura de videira, nas condições de Petrolina, PE, a partir da relação entre o saldo de radiação e radiação fotossinteticamente ativa monitorado acima (SRs e RFAs) e abaixo (SRi e RFAi) do dossel da cultura:  $SRi/SRs = -0,63.IAF + 0,96$  e  $RFAi/RFAs = -0,411.IAF + 0,93$ .

Folegatti et al. (1997) em trabalhos com cultura de crisântemo nas condições climáticas de Arthur Nogueira, SP, objetivando conhecer o IAF diário a partir de amostras obtidas em intervalos de 15 dias, estabeleceram a seguinte relação entre IAF e dias após o plantio (DAP):  $IAF = 0,0705.DAP$ . Caseiro et al. (1997) em Santo Antônio do Leverger, MT, obtiveram, em cultura de milho, relações entre altura de plantas (A), IAF

e dias após a semeadura (DAS) como segue:  $IAF = -2,138 + 0,17.DAS - 0,00126.DAS^2$  e  $A = -42,042 + 7,327.DAS - 0,042.DAS^2$ .

Yang et al. (1990) relacionando comprimento (L), largura (W) e área foliar (LA) em folhas da cultura de pepino, obtiveram o seguinte modelo:  $LA = 0,739.L.W - 0,00104$ . A partir de valores de LA encontraram modelos para estimar o IAF em função da altura (h) da cultura:  $LAI = 0,886.h - 0,0965$  ( $R^2 = 0,99$ ). Foram encontrados, ainda, outros trabalhos relacionando IAF e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e taxa de crescimento (Bruggink & Heuvelink, 1987; Bruggink, 1987), acúmulo de matéria seca (Heuvelink & Marcelis, 1989), taxa de crescimento e PAR da difusa (Nederhoff & Schapendonk, 1985; Botnar & Chichkin, 1989; Heuvelink & Chala, 1989) e outros (Hodges & Kanemasu, 1977; Hodges et al., 1979).

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um modelo de estimativa do índice de área foliar e da produtividade da cultura de pepino nas condições climáticas de Botucatu, SP, dentro e fora de casa de vegetação cultivadas em ciclo de inverno e verão, cuja variável independente foi o número de semana após o transplante (SAT) e o IAF.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido junto ao Departamento de Ciências Ambientais, UNESP, Campus de Botucatu, SP, com as seguintes coordenadas geográficas: lat.: 22° 51' S, long.: 48° 26' W e alt.: 786 m. A área foi constituída de uma parcela interna: casa de vegetação (CV) coberta com polietileno de 120µm de espessura com laterais de sombrite a 50% e, outra parcela externa, ambas com dimensões de 7 x 40 m cultivadas com cultura de pepino, variedade Hokuho de crescimento indeterminado, conduzidas em período de outono-inverno (13/05/98 a 10/09/98) e primavera-verão (10/11/98 a 10/02/99). Nos canteiros, o espaçamento entre plantas na linha foi de 0,3 m e de 0,7 m entre linhas, representando um total de 1.332 plantas.

O solo na área experimental é do tipo Latossolo Roxo Distrófico, horizonte A moderado, textura argilosa. A densidade global ou aparente média para o perfil de 0,0 a 0,30 m de profundidade foi de 1,64 e 1,40 kg dm<sup>-3</sup>, para o ambiente protegido e para as condições de campo, respectivamente.

Para o cultivo de outono-inverno, em ambiente protegido e em condição de campo, após os resultados da análise química do solo procedeu-se à correção, à base de 2.250 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PNRT 100) e adubação com 115 g m<sup>-2</sup> de termofosfato com boro e zinco, 45 g m<sup>-2</sup> de superfosfato triplo e 30 g m<sup>-2</sup> de cloreto de potássio. Adicionou-se, também matéria orgânica à base de esterco bovino, e aproximadamente na proporção de 6 kg m<sup>-2</sup> de canteiro. Todo esse material foi incorporado ao solo três semanas antes do início do transplante e, até a colheita dos primeiros frutos, efetuou-se a cobertura com 5,0 a 7,5 g de nitrato de cálcio e 1 a 2 g de nitrato de

potássio por planta, após a colheita dos primeiros frutos de 10 a 15 g de nitrato de cálcio e 2 a 5 g de nitrato de potássio. A maior dosagem foi aplicada quando o crescimento se apresentava pequeno (internódio curto, cor das folhas verde amarelada) e a menor dosagem quando a planta apresentava crescimento excessivo (cor da folha verde escuro).

No período primavera-verão em ambiente protegido, utilizaram-se, no preparo de canteiros, 3 kg m<sup>-2</sup> de esterco de curral curtido e, para adubação de plantio utilizou-se 60 g m<sup>-2</sup> de termofosfato magnésiano, 10 g m<sup>-2</sup> de cloreto de potássio, 10 g m<sup>-2</sup> de sulfato de amônia e 10 g m<sup>-2</sup> de FTE BR9. Após dez dias do transplante aplicou-se 2,0 g de nitrato de potássio e 6,0 g de nitrato de cálcio por planta, semanalmente, enquanto na condição externa, aplicou-se 1,3 t ha<sup>-1</sup> de calcário, além da adubação recomendada para o ambiente protegido. No início da maturação dos frutos aumentou-se a dose de aplicação de nitrato de potássio, para 4,0 g por planta por semana.

A irrigação foi realizada através de fitas gotejadoras, com pressão de trabalho de 5 m.c.a. e vazão de 1 L h<sup>-1</sup> por metro linear de gotejador e o espaçamento entre gotejadores foi de 0,30 m na linha, disposto ao lado da linha de plantio. O controle de irrigação foi efetuado através de lisímetros de nível de lençol freático instalados em ambiente protegido e na condição de campo; já o tempo de aplicação da lâmina de irrigação foi calculado em função da vazão e do tempo e pode ser descrito pela seguinte equação:

$$\text{Tempo de irrigação (min)} = 9,461 \cdot \text{Lâmina (L)}$$

O controle fitossanitário foi efetuado após a detecção da ocorrência de pragas ou doenças, através do diagnóstico foliar, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Relação de pragas e doenças diagnosticadas ao longo dos ciclos, produto químico e dosagem utilizada do produto comercial<sup>1</sup> para controle

Praga/doença	Produto Comercial	Dosagem
Vaquinha ( <i>Diabrotica speciosa</i> )	Estron	2 mL L <sup>-1</sup>
Pulgão ( <i>Macrosiphum euphorbiae</i> )	Decis	0,7 mL L <sup>-1</sup>
Oídio ( <i>Sphaerothea fuliginea</i> )	Rubigan 120 CE	0,2 mL L <sup>-1</sup>
Mildio ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )	Ridomil	3 g L <sup>-1</sup>

<sup>1</sup> A citação de marcas comerciais não indica recomendação por parte dos autores

Avaliou-se, semanalmente, ao longo do ciclo da cultura, a área foliar (m<sup>2</sup> de folha por planta) e o índice de área foliar (IAF) através de medidor de área foliar (modelo Licor 3000) denominado "Areameter". Foram coletadas, também semanalmente, duas plantas, dentro e fora da casa de vegetação, cujo IAF foi obtido a partir da relação:

$$\text{IAF} = (\text{AF} \cdot \text{NP}) / \text{AT}$$

em que:

- AF - área foliar média de duas plantas (m<sup>2</sup>)
- NP - número de plantas por metro quadrado (8 plantas)
- AT - área total considerada (1 m<sup>2</sup>)

Após o início da formação dos frutos efetuaram-se duas colheitas semanais e, a partir da massa total de cada fruto

colhido em determinada área, obteve-se a produtividade em kg m<sup>-2</sup> semana<sup>-1</sup> e, ao longo do ciclo, a produtividade total (kg m<sup>-2</sup>).

As equações que representam o comportamento do IAF foram polinomiais de 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem, e a variável dependente foi o número de semanas após o transplante (SAT). Para estimativa de produtividade utilizaram-se modelos exponenciais do tipo  $Y = a \cdot e^{b \cdot x}$ , em que a variável dependente foi o IAF.

Paralelo à quantificação das características de crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura, monitoraram-se parâmetros meteorológicos, como: temperatura do ar (Tar) e do solo a 0,10, 0,20 e 0,30 m de profundidade (Tsolo), umidade relativa do ar (UR), radiação global (G), saldo de radiação (SR), fluxo de calor no solo (FCS) e albedo da cultura (A) a partir da relação entre a irradiância refletida (R) e a global. Tais parâmetros foram quantificados com auxílio de um Micrologger 21X, efetuando leituras em intervalos de 15 s e armazenando médias a cada cinco minutos. A temperatura e a umidade do ar foram monitoradas com uso de termopares (junções seca e úmida) a uma altura equidistante do dossel da cultura de 0,50 m, de forma que, após o estabelecimento da cultura, este se encontrava a 2,5 m de altura. Para quantificação da temperatura do solo foram utilizados sensores resistivos, e as frações global e refletida foram monitoradas através de dois piranômetros, um em cada condição, montado com o sensor voltado para o dossel da cultura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estimativa de índice de área foliar (IAF) em cultivo de outono-inverno

A Figura 1 mostra as curvas de IAF para as condições interna e externa à casa de vegetação. Os valores máximos de IAF para as condições interna e externa ocorreram nas 12<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> SAT, e apresentaram valores de 5,33 e 2,27 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, respectivamente. Ainda na Figura 1 observam-se as curvas de IAF estimado, pelos modelos propostos. Observou-se boa relação com coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) da ordem de 0,964 e 0,940 para as condições interna e externa, respectivamente. O melhor ajuste para a condição interna é resultado de um crescimento e desenvolvimento da cultura mais constante ao longo do ciclo e, em condição externa, a cultura encontrava-se mais exposta às variações do meio, apresentando variações nas taxas de crescimento, devido ao estresse mecânico provocado pelo vento frio. Destaca-se, ainda, em meio externo, a maior ocorrência de pragas, o que danificou e alternou o valor absoluto da área foliar.

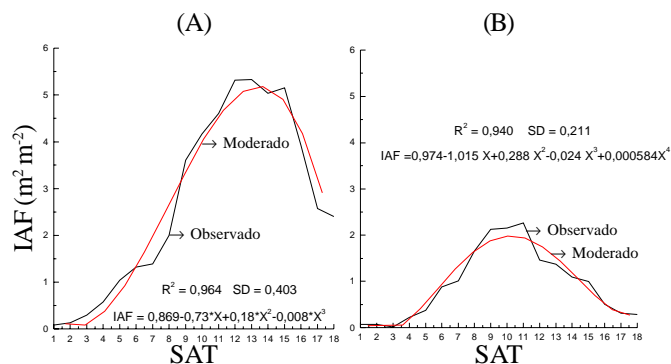


Figura 1. Índice de área foliar (IAF) ao longo do ciclo da cultura de pepino no período de inverno, em condições interna (A) e externa (B) durante 18 semanas após o transplante (SAT)

Relacionando-se IAF e SAT (x) obtiveram-se os seguintes modelos:

$$IAF_{int} = 0,869 - 0,73x + 0,18x^2 - 0,008x^3 \quad (R^2 = 0,964, SD = 0,403)$$

$$IAF_{ext} = 0,974 - 1,015x + 0,288x^2 - 0,024x^3 + 0,000584x^4 \quad (R^2 = 0,940, SD = 0,211)$$

Yang et al. (1990) encontraram relações entre IAF e altura de plantas (h) através de modelos lineares do tipo  $IAF = a + b \cdot h$ , com coeficientes de determinação da ordem de 99%.

### Estimativa de índice de área foliar (IAF) em cultivo de verão

O ciclo de verão apresentou valores máximos de IAF para as condições interna e externa, ocorrendo entre as 7ª e 9ª SAT, com valores de 6,88 e 6,79  $m^2 m^{-2}$ , respectivamente. Os modelos ajustados através de regressão polinomial apresentaram boa concordância com os dados medidos, podendo-se conhecer, assim, o IAF, através dos seguintes modelos:

$$IAF_{int} = 2,619 - 3,913x + 1,515x^2 - 0,161x^3 + 0,005x^4 \quad (R^2 = 0,959, SD = 0,642)$$

$$IAF_{ext} = 3,807 - 4,893x + 1,635x^2 - 0,161x^3 + 0,005x^4 \quad (R^2 = 0,968, SD = 0,597)$$

O ciclo de verão apresentou melhores coeficientes de determinação quando comparado com o ciclo de inverno; tal fato ocorre devido a taxa de crescimento relativa e absoluta da cultura apresentar, neste período, valores mais constantes ao longo do ciclo. Este crescimento mais constante pode ser observado na Figura 2 (A) e (B) na qual se observa ligeiro aumento do IAF, com tendência a um valor máximo e, conseqüentemente, decréscimo nas semanas seguintes

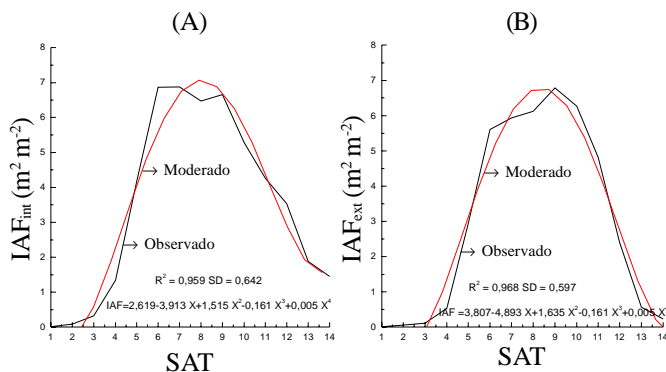


Figura 2. Índice de área foliar (IAF) ao longo do ciclo de verão, em condições interna (A) e externa (B) em semanas após transplante (SAT)

### Relação entre IAF e produtividade – ciclo de inverno

A produtividade total do ciclo de inverno foi de 20,56 e 4,99  $kg m^{-2}$ , para as condições interna e externa, respectivamente. Tal diferença associa-se a uma condição de exposição do meio externo a elevadas amplitudes térmicas ao longo do dia e do ciclo e, também, ao estresse mecânico provocado pelo vento frio (média interna de  $0,118 m s^{-1}$  e média externa de  $2,06 m s^{-1}$ ) que danificou o caule da cultura, provocando a morte de tecidos e de algumas plantas. Outra possível razão está associada às frações da irradiância difusa que, em meio interno e em dias de

céu limpo, tendem a ser proporcionalmente maiores devido a difusão pelo polietileno, possibilitando maior aproveitamento pela cultura, pelo fato de se propagar em todas as direções, não se limitando, portanto, às folhas superiores da cultura, aumentando a eficiência fotossintética por toda a superfície de área foliar.

Como o IAF se relaciona com a produção de matéria seca e conseqüente produção total da cultura (Mota, 1981) relacionou-se a produtividade em  $kg m^{-2} semana^{-1}$  com o IAF, através de modelos exponenciais do tipo  $Y = a \cdot e^{c \cdot IAF}$ , obtendo-se os seguintes modelos:

$$P_{int} = 0,426 \cdot e^{0,364 \cdot IAF}$$

$$P_{ext} = 0,133 \cdot e^{0,887 \cdot IAF}$$

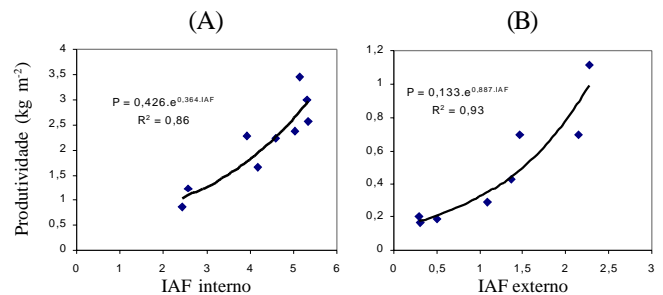


Figura 3. Relação entre IAF e produtividade durante o ciclo da cultura de pepino, em condições interna (A) e externa (B)

A partir dos modelos apresentados no item 1, pode-se determinar o valor do IAF a partir da SAT e, em seguida, determinar o máximo de produtividade e o período em que este máximo irá ocorrer auxiliando, assim, na escolha da melhor época de semeadura e transplante da cultura, em função da condição em que se irá cultivar e do período do ano; por exemplo, para uma cultura transplantada em 10 de março em condição interna, o IAF máximo ocorrerá em 26 de maio (13 SAT) com valor de  $4,223 m^2 m^{-2}$ ; portanto, aplicando-se o modelo obtido para condição de meio protegido, obtém-se uma produtividade máxima de  $2,12 kg m^{-2}$ .

### Relação entre IAF e produtividade – ciclo de verão

Na tentativa de se estimar a produtividade ( $kg m^{-2} semana^{-1}$ ) durante o ciclo de verão nas condições interna e externa, relacionaram-se dados de IAF com a produtividade, obtendo-se as seguintes curvas.

Observa-se, na Figura 4, que a primeira colheita de frutos teve início na 5ª SAT nos dois ambientes e a última colheita ocorreu na 14ª SAT, sendo que a partir desta data a qualidade dos frutos inviabilizou sua colheita para fins comerciais. Em condição interna, a produtividade máxima da cultura ( $5,984 kg m^{-2}$ ) ocorreu uma semana após o IAF máximo, e nas semanas seguintes o IAF e a produtividade diminuíram de forma constante, até o final do ciclo. Em condição externa, a produtividade máxima se deu uma semana antes do máximo valor de IAF. A produtividade média ao longo do ciclo foi de 26,8 e 22,6  $kg m^{-2}$ , para as condições interna e externa, respectivamente.

Relacionou-se a produtividade da cultura de pepino com valores de IAF, determinando-se modelos exponenciais do tipo  $Y = a + e^{b \cdot x}$  em que x é a variável independente, ou seja, o IAF obtido semanalmente, a e b coeficientes de ajuste dos modelos. Teruel (1995) ajustou modelos exponenciais potenciais de

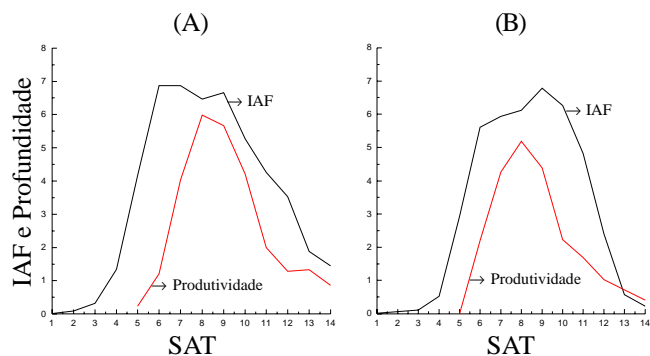


Figura 4. Índice de área foliar (IAF) e produtividade ao longo do ciclo da cultura de pepino, no período de verão em condições interna (A) e externa (B) em semanas após transplante (SAT)

estimativa de IAF da cana-de-açúcar irrigada, em função do somatório de graus dia<sup>-1</sup> acumulados ao longo do ciclo da cultura, obtendo bons resultados para cultivares de cana-planta, soca e ressoca. Ainda nesta linha de pesquisa, Costa et al. (1997) relacionaram o IAF com acúmulo de graus dia<sup>-1</sup> em cultura de *Paspalum notatum* Flüggé (grama batatais) obtendo modelos lineares do tipo  $Y = b \cdot x$ , afirmando que o modelo se aplica somente no período de crescimento vegetativo (Fig. 5).

$$P_{\text{int}} = 0,4297 \cdot e^{0,360 \cdot \text{IAF}}$$

$$P_{\text{ext}} = 0,4597 \cdot e^{0,322 \cdot \text{IAF}}$$

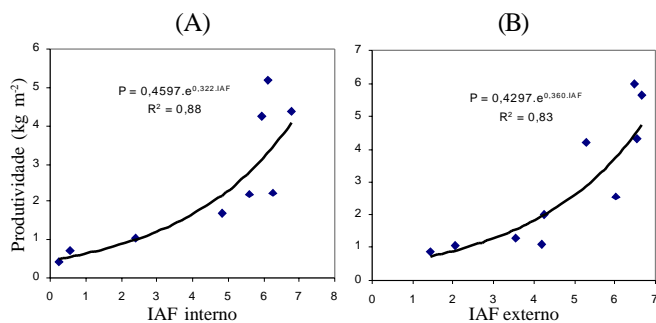


Figura 5. Relação entre índice de área foliar (IAF) e produtividade no período de verão, em condições interna (A) e externa (B)

Comparando-se os modelos obtidos nos ciclos de inverno e verão, não se observou diferença estatística entre os coeficientes podendo, qualquer um dos modelos, ser utilizados; por outro lado, em condição externa os coeficientes dos

modelos apresentam-se significativamente diferentes, recomendando-se o uso de um modelo para cada período.

### Condições meteorológicas experimentais

Além de parâmetros relacionados ao crescimento, desenvolvimento e à produtividade da cultura, foram monitorados parâmetros meteorológicos, como temperatura do ar ( $T_{\text{ar}}$ ) e do solo ( $T_{\text{solo}}$ ), umidade relativa do ar (UR), radiação global (G), saldo de radiação (SR), fluxo de calor no solo (FCS), velocidade do vento ( $V_{\text{vento}}$ ) e albedo da cultura (A). Tais parâmetros encontram-se na Tabela 2.

Com relação a temperatura do ar, não se observaram diferenças significativas entre os ambientes e, sim, entre períodos de cultivo. Tal exemplo se justifica pelo fato da casa de vegetação em questão apresentar laterais de sombrite com 50% de transparência, permitindo boa ventilação interna. O fato de existir uma diferença sazonal dos valores está associado à maior disponibilidade de energia no ciclo de verão, condição semelhante para a temperatura do solo. A umidade relativa do ar não apresentou diferenças significativas nos dois ambientes nem com a época do ano. As componentes global e saldo de radiação apresentaram diferenças significativas, tanto a nível de ambiente quanto a nível sazonal. O albedo médio apresentou relação direta com o IAF, sendo este um índice que representa a relação entre a refletida e a global (R/G). O comportamento dos valores de FCS foi inverso ao da curva de IAF, devido ao maior sombreamento, diminuindo a energia disponível a nível do solo. Os parâmetros meteorológicos que mais influenciaram nos valores de IAF e na produtividade, na condição de casa de vegetação e externa e no ciclo de outono-inverno e primavera-verão, foram a radiação global e o saldo de radiação em superfície. A velocidade média do vento na casa de vegetação no ciclo de inverno, foi 94,3% menor que aquela ocorrida externamente, evidenciando maior “conforto” para as plantas cultivadas na condição protegida. Cabe lembrar que, nos meses de inverno, as baixas temperaturas associadas a ventos constantes, tendem a aumentar o estresse diminuindo, portanto, a produtividade da cultura, fato observado na Tabela 2. O ciclo de verão também apresentou diferença significativa entre valores de velocidade do vento interno e externo (96,5%); contudo, neste período as temperaturas mínimas foram mais elevadas que no ciclo de inverno.

Tabela 2. Parâmetros meteorológicos monitorados ao longo do ciclo cultura de pepino em cultivo de inverno e verão, dentro e fora de casa de vegetação

Parâmetros	Cultivo de Inverno		Cultivo de Verão	
	Condição Interna	Condição Externa	Condição Interna	Condição Externa
$T_{\text{ar}}$ (°C)	18,40	18,45	21,83	21,85
$T_{\text{solo}}$ (°C)	19,78	20,34	24,95	24,24
UR (%)	78,05	75,91	77,53	77,36
SR (MJ m <sup>-2</sup> )	693,7	808,0	982,4	1.223,6
G (MJ m <sup>-2</sup> )	1.150,5	1.626,7	1.386,7	1.832,6
FCS (MJ m <sup>-2</sup> )*	+2,51	-17,06	-68,90	-11,45
$V_{\text{vento}}$ (m s <sup>-1</sup> )	0,118	2,06	0,0699	2,012
Albedo (%)	15,6	17,6	20,6	17,7
IAF <sub>máximo</sub>	5,33 (12 <sup>a</sup> SAT)	2,27 (11 <sup>a</sup> SAT)	6,88 (7 <sup>a</sup> SAT)	6,79 (9 <sup>a</sup> SAT)
$P_{\text{total}}$ (kg m <sup>-2</sup> )	20,6	5,0	26,8	22,6

\* Valores negativos de FCS representam saída de energia do meio para níveis inferiores do solo

## CONCLUSÕES

1. É possível determinar o índice de área foliar a partir de dados da semana após o transplante.
2. A partir de valores de índice de área foliar, pode-se determinar a produtividade da cultura ( $\text{kg m}^{-2}$ ) e o período da máxima produtividade, auxiliando os produtores na escolha da melhor época de semeadura e transplante da cultura de pepino.
3. A produtividade obtida em ambiente protegido foi maior que em condição de campo em ambos os ciclos, sendo esta diferença mais acentuada em ciclo de inverno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSO OSORIO, U.; ELICIO MORAGA, O.; RECAREDO ORELLANA, C. Efectos de siembra sobre el comportamiento productivo de tres cultivares de pepino en salada (*Cucumis sativus*, L.) bajo condiciones de invernadero y riego por goteo. IDESA, Arica, v.8, ene/dec., p.55-62, 1984.
- BOTNAR, V.F.; CHICHKIN, V.P. Programming of vegetable crop yields considering ecological factors. Acta Horticulturae, Berlin, n.260, p. 221-235. 1989.
- BRUGGINK, G.T. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Calculating the effect of differences in light integral. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.31, n.3-4, p. 175-183, 1987.
- BRUGGINK, G.T.; HEUVELINK, E. Influence of light on the growth of young tomato, cucumber and sweet pepper plants in the greenhouse: Effects on relative growth rate, net assimilation rate and leaf area ratio. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v.31, n.3-4, p. 161-174, 1987.
- CASEIRO, F.T.; CAMPELO JUNIOR, J.H.; PRIANTE FILHO, N. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura de milho (*Zea mays*, L.) no período seco, em Santo Antônio do Leverger – MT. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n.2, p.177-182, 1997.
- COSTA, J.A.A. da; NABINGER, C.; SPANNENBERG, R. de O.; ROSA, L.M.G. Parâmetros básicos para o ajuste de modelos de previsão da produtividade potencial de *Paspalum notatum* Flüggé var. notatum. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. Anais... Piracicaba, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p.158-160, 759p.
- EPAGRI. A cultura do Pepino. In: Curso profissionalizante de olericultura. Florianópolis: CETRE. 1993, 11p.
- FOLEGATTI, M.A.; SCATOLINI, M.E.; PAZ, V.P. da S.; PEREIRA, A.R.; FRIZZONE, J.A. Efeitos de cobertura plástica sobre elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n.2, p.155-163, 1997.
- HEUVELINK, E.; CHALLA, H. Dynamic optimization lighting in greenhouse. Acta Horticulturae, Berlin, n.260, p. 401-412, 1989.
- HEUVELINK, E.; MARCELIS, L.F.M. Dry matter distribution in tomato and cucumber. Acta Horticulturae, Berlin, n.260, p. 149-147, 1989.
- HODGES, T.; KANEMASU, E.T. Modeling daily dry matter production of winter wheat. Agronomy Journal, Madison, v.69, p. 974-978, 1977.
- HODGES, T.; KANEMASU, E.T.; TEARE, I. Modeling daily dry matter production and yield of grain sorghum. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v.59, p. 803-819, 1979.
- LEME, E.A.J.; MANIERO, M.A.; GUIDOLIN, J.C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e a relação com a produtividade. Cadernos Planalsucar, Piracicaba, 2: 3-9, mar. 1984.
- MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; POSTINGHER, D.; SCHWENGBER, J.E.; QUINTANILLA, L.F. Avaliação da cultura do pepino (*Cucumis sativus*, L.) cultivado em estufa plástica, sob diferentes tipos de poda e arranjo de plantas. Revista Brasileira de Agrocência, v.1, nº1, jan-abr., 1995.
- MOTA, F.S. da. Meteorologia Agrícola. São Paulo, Nobel, 5ª ed, 1981. 376p.
- NEDERHOFF, E.M.; SCHAPENDONK, A.H.C.M. Effects of environmental conditions on growth and production of cucumber; Comparison between empirical and simulation data. Acta Horticulturae, Berlin, n.174, p. 251-258. 1985.
- ROBLES, J. Como se cultiva en invernadero. Barcelona: Vecchi, 1985, 191p.
- SILVA, A.C.F. da; AGOSTINI, I.; MÜLLER, J.J.V.; VIZZOTTO, V.J. Efeito de densidades populacionais sobre a produtividade de pepino para conserva. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 10, n.1, 1992.
- TEIXEIRA, A.H. de C.; LIMA FILHO, J.M.P. Relações entre o índice de área foliar e radiação solar na cultura de videira. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n.2, p.143-146, 1997.
- TERUEL, D.A. Modelagem do índice de área foliar da cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995, 93p. Dissertação Mestrado
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I – Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Annals of Botany. London, v.11, n. 44, p.41-76, 1947a.
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the studies on the growth of field crops. II – The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leaf area. Annals of Botany. London, v.11, n. 44, p. 375-407, 1947b.
- YANG, X.; SHORT, T.H.; FOX, R.D.; BAUERLE, W.L. Plant architectural parameters of a greenhouse Cucumber row crop. Agricultural and Forest Meteorology. Amsterdam, v.51, n.2, p. 93-105, 1990.