



## Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido

Ligia S. Reis<sup>1</sup>, José L. de Souza<sup>2</sup>, Carlos A. V. de Azevedo<sup>3</sup>, Gustavo B. Lyra<sup>4</sup>,  
Ricardo A. Ferreira Junior<sup>1</sup> & Vera L. A. de Lima<sup>3</sup>

### RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o saldo de radiação e a irradiação solar e fotossintética em condições de ambiente protegido cultivado com o tomateiro e suas relações com a irradiação solar do ambiente externo. O tomateiro foi cultivado em casa de vegetação não climatizada, com cobertura de polietileno de 0,12 mm de espessura. A irradiação solar ( $R_{gi}$ ), o saldo de radiação ( $R_{ni}$ ) e a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos foram obtidos por radiômetros ligados a um datalogger instalado no interior do ambiente protegido. Os dados externos (irradiância solar global,  $R_g$ ) foram coletados na Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas. O ambiente protegido promoveu redução na irradiação solar expressa como a transmitância do polietileno em 62%. As relações entre os componentes de radiação do ambiente interno e externo foram expressas satisfatoriamente por regressões lineares, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,88 enquanto para a irradiação fotossintética ( $PAR_i$ ) os  $R^2$  foram maiores que 0,52. As relações obtidas mostraram que  $R_{ni}$  representa 0,60 da  $R_{gi}$  e a  $PAR_i$  é proporcional a 0,28 da  $R_g$  e 0,44 da  $R_{gi}$ . O albedo médio da cultura durante o ciclo foi de 0,15.

**Palavras-chave:** *Lycopersicum esculentum*, casa de vegetação, transmitância

## Components of the solar radiation in tomato cultivated under greenhouse conditions

### ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate of net radiation, photosynthetic and solar irradiation in greenhouse conditions cultivated with tomato crop and its relationship with the global solar irradiation of the external environment. The tomato was cultivated in greenhouse (not acclimatized), with covering of polyethylene 0.12 mm of thickness. The global solar irradiation ( $R_{gi}$ ), the net radiation ( $R_{ni}$ ) and the flux density of photosynthetic photons were obtained by radiometers connected to a datalogger installed into the protected environment. The external data (global solar irradiation,  $R_g$ ) were collected in the Agrometeorological Station of the Agricultural Science Center of Federal University of Alagoas. The protecting environment promoted reduction in the solar irradiation, expressed as the transmittance of the polyethylene in 62%. The relationships between the components of radiation from internal and external environment were expressed satisfactorily by linear regressions, with coefficients of determination ( $R^2$ ) greater than 0.88, while for the photosynthetic irradiation ( $PAR_i$ ) the  $R^2$  were higher than 0.52. The obtained relationships showed that  $R_{ni}$  is 0.60 of the  $R_{gi}$  and the  $PAR_i$  is proportional to 0.28 of the  $R_g$  and 0.44 of the  $R_{gi}$ . The mean albedo of crop over the cycle was 0.15.

**Key words:** *Lycopersicum esculentum*, greenhouse, transmittance

<sup>1</sup> CECA/UFAL, Campus Delza Gitaí, BR 101 – Norte, km 14, Rio Largo, AL. E-mail: [lavenere\\_reis@hotmail.com](mailto:lavenere_reis@hotmail.com); [ricardo\\_ceca@hotmail.com](mailto:ricardo_ceca@hotmail.com)

<sup>2</sup> ICAT/UFAL, A. C. Simões, BR 104 – Norte, km 97, Tabuleiro dos Martins, CEP 57072-970, Maceió, AL. E-mail: [jls@ccen.ufal.br](mailto:jls@ccen.ufal.br)

<sup>3</sup> UAEA/UFCG, Av. Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, CEP 58429-140, Campina Grande, PB. Fone: 83 3310-1056. E-mail: [cazevedo@deag.ufcg.edu.br](mailto:cazevedo@deag.ufcg.edu.br); [antuneslima@gmail.com](mailto:antuneslima@gmail.com)

<sup>4</sup> IF/DCA/UFRRJ, BR 465, Km 7, CEP 23890-970, Seropedica, RJ. E-mail: [gblyra@gmail.com](mailto:gblyra@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

O cultivo em ambiente protegido tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, não só no Brasil, mas, também em todo o mundo (Silva et al., 2003). Esta prática agrônômica visa aumentar a produtividade e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas e, assim, amenizar as variações sazonais na produção, o que é possível devido ao fato da proteção diminuir os efeitos adversos do excesso de chuva, da alta incidência de radiação e dos extremos de temperatura do ar. Além dessas vantagens as mudanças nos elementos meteorológicos, proporcionadas pela casa de vegetação, atuam no combate às pragas e doenças. As diversas alterações nos elementos meteorológicos induzidas pelo ambiente de casa de vegetação, constituem função das características de sua estrutura (tipo, teto e laterais) (Souza & Escobedo, 1997; Cunha & Escobedo, 2003). Um dos elementos ambientais modificados significativamente pela casa de vegetação é a densidade de fluxo da radiação solar no interior do ambiente protegido em virtude dos processos de absorção, transmissão e reflexão (Cunha et al., 2001; Radin, 2002).

O ambiente de casa de vegetação também proporciona maior dispersão da radiação solar em seu interior, causando aumento na fração solar difusa com maior contribuição na faixa do visível (radiação fotossintética), o que aumenta a quantidade de radiação transmitida para o interior do dossel de uma cultura (aumenta a quantidade de radiação interceptada) e compensa a diminuição causada pelo material da estrutura da casa de vegetação, principalmente o filme plástico (Silva et al., 2003; Monteith & Unsworth, 2008; Cabrera et al., 2009). Assim, o crescimento vegetal é melhorado com respeito ao aspecto radiativo solar (Guiseline et al., 2004). A energia radiante compreendida na faixa do visível (comprimentos de onda de 400 a 700 nanômetros do espectro solar) é denominada radiação fotossinteticamente ativa ou simplesmente luz e a sigla PAR oriunda da grafia da língua inglesa Photosynthetically Active Radiation, é comumente usada na literatura. O fluxo de radiação transmitido em uma casa de vegetação também é afetado por fatores extrínsecos, tais como: condensação da umidade atmosférica, deposição de poeira, envelhecimento do material plástico e o design da estufa (estruturas de sustentação) (Cabrera et al., 2009). Já a orientação da casa de vegetação e a inclinação do telhado, influenciam menos no espalhamento da radiação solar (Waaijenberg, 2006).

Estudos microclimáticos realizados em ambiente protegido (casa de vegetação) necessitam focar a irradiação solar global e o saldo de radiação, haja vista que esses elementos determinam a disponibilidade de energia para processos como evapotranspiração, aquecimento do ar e do solo e fotossíntese (Monteith & Unsworth, 2008). Em ambiente protegido ocorre aumento na temperatura do ar interna (mesmo durante a noite), provocado pela refração da luz solar sobre o filme de cobertura, transformando as ondas curtas em ondas longas, restando-as em seu interior e alterando o balanço de energia em relação ao ambiente externo (Souza et al., 1999; Braga & Klar, 2000; Atarassi, 2004). Deste modo, o processo de evapotranspiração (ET) também apresenta tendências diferenciadas que necessitam ser quantificadas para um manejo adequado da

irrigação (Braga & Klar, 2000). Estima-se que em ambientes protegidos a evapotranspiração se reduz em 30% e que o uso da água por unidade de produção diminui em até 50% (Stanghellini, 1993; Cunha et al., 2002). Visando aprimorar a técnica de produção de tomate caqui em ambiente protegido aliado às condições ambientais, este trabalho objetivou avaliar componentes da radiação solar em condições do cultivo de tomateiro em casa de vegetação e suas relações com o ambiente externo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, não climatizado, instalado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, Campus Delza Gitaí. Rio Largo, AL (09° 28' S, 35° 49' W; 127 m), localizado na região de Tabuleiros Costeiros. Baseado na classificação climática de Thorntwaite & Mather (1957), o clima do local é quente úmido (B1), com deficiência de água moderadamente no verão (s) e excesso de água no inverno (w). Quanto à disponibilidade térmica, apresenta temperatura do ar média anual de 25,4 °C (Souza et al., 2005).

A casa de vegetação foi construída com madeira e aço galvanizado, em forma de arco, coberta com polietileno transparente com 0,12 mm e tela preta na lateral (sombrite 50%), com 6,5 m de largura e 17,5 m de comprimento, orientada no sentido leste-oeste. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico, com textura média argilosa, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999) e com relevo plano. A adubação foi baseada na análise química do solo, aplicando-se NPK e nitrocálcio este parcelado 15, 30 e 45 dias após o transplantio.

Utilizaram-se sementes do híbrido de tomate caqui (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. Letícia, tipo salada, semeado em bandejas de poliuretano. O transplantio das mudas para a casa de vegetação foi realizado 30 dias após a emergência (02/06/2005), com quatro a seis folhas definitivas. As mudas foram plantadas em canteiros espaçadas 0,4 m entre plantas e 1,0 m entre linhas, onde ficaram até o final do ciclo (02/09/2005). A irrigação utilizada foi por gotejamento, efetuada com mangueiras espaçadas 1 m entre si e 0,40 m entre emissores e vazão média de 8 L h<sup>-1</sup> por emissor. A lâmina de irrigação foi aplicada com base na evapotranspiração de referência média diária (3 mm d<sup>-1</sup>) do período abril-agosto da região, determinada pelo método de Penman-Monteith FAO (Souza et al., 1998). Assim, adotou-se um turno de rega fixo de dois dias.

O saldo de radiação (Rn) representa a contabilidade da radiação de ondas curtas (Rc) e de ondas longas (Rl) incidente na superfície, ou seja,

$$R_n = R_c + R_l \quad (1)$$

$$R_c = R_g - R_r = (1 - \alpha) R_g \quad (2)$$

em que: R<sub>g</sub> é a irradiação solar global incidente, R<sub>r</sub> é a irradiação refletida pela superfície e  $\alpha$  é o albedo (R<sub>r</sub>/R<sub>g</sub>). O balanço de

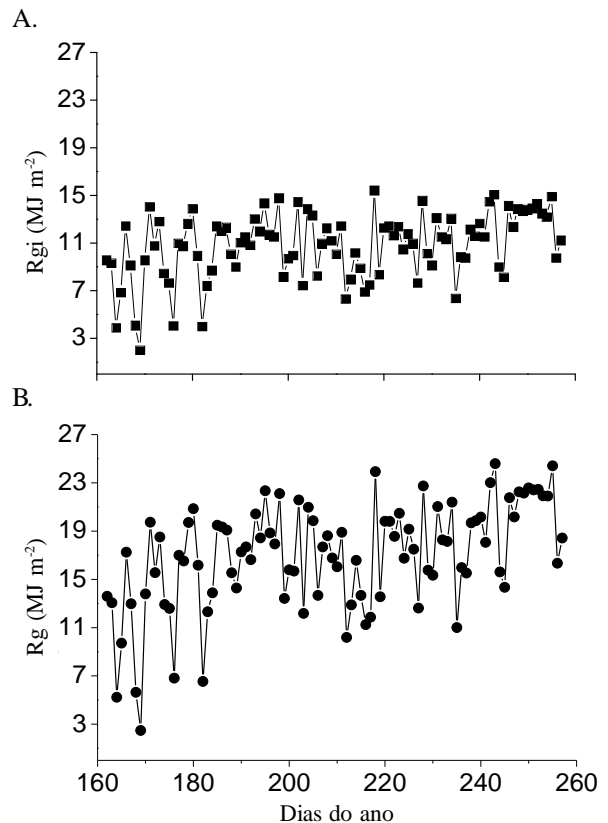
radiação de ondas longas (RI) pode ser obtido como resíduo da equação do balanço de radiação. A irradiação solar incidente ( $R_{gi}$ ) ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) e a refletida ( $R_{ri}$ ) ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) no interior da casa de vegetação foram obtidas pelas integrações das irradiâncias ( $\text{W m}^{-2}$ ) de piranômetro e albedômetro (CM3, Kipp & Zonen, Netherlands) além de um sensor quantum (Li-190, Licor) que quantificava a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e seu correspondente de irradiância fotossintética ( $\text{W m}^{-2}$ ) foi obtido pelo fator 4,6 ( $1 \text{ W m}^{-2}$  é igual a  $4,6 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) (McCree, 1972) que, integrado no tempo, produzia a irradiação fotossintética (PARI). Associado a essas observações, um saldo radiômetro (NR LITE, Kipp & Zonen, Netherlands) realizava medidas do saldo de radiação ( $R_{ni}$ ) no interior do ambiente protegido. Os sensores de radiação estavam instalados acima do dossel da cultura e acoplados a um datalogger - sistema automático de aquisição de dados (CR10X, Campbell Scientific, Logan, Utah), programado para fazer medições a cada dez segundos e armazenar as médias dessas observações a cada dez minutos. A irradiação solar global ( $R_g$ ) ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) externa foi proveniente da estação agrometeorológica do CECA, vizinha à casa de vegetação.

Regressões lineares simples foram ajustadas e forçadas a passar pela origem (coeficiente linear ou intercepto igual a zero) entre a irradiação solar global do exterior com a do interior da casa de vegetação ( $R_g$  versus  $R_{gi}$ ) e com a irradiação fotossintética ( $R_g$  versus PARI). Também se avaliaram as relações entre ambas as variáveis do ambiente interno: irradiação solar com o saldo de radiação ( $R_{gi}$  versus  $R_{ni}$ ), com irradiação refletida ( $R_{gi}$  versus  $R_{ri}$ ) e com a fotossintética ( $R_{gi}$  versus PARI).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

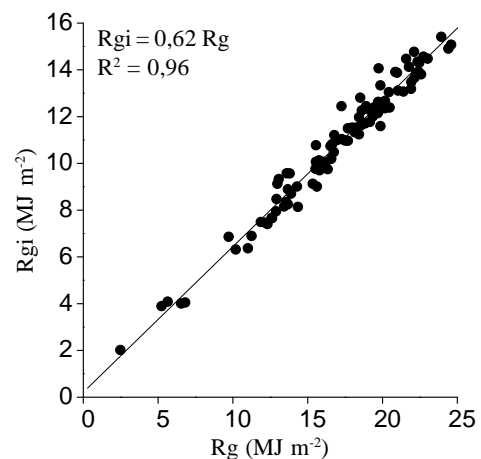
Comparando-se a irradiação solar global externa e a interna do ambiente protegido, observou-se que  $R_g$  apresentou valor mínimo de aproximadamente  $2 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  (Figura 1A), valor este próximo ao valor mínimo obtido no ambiente protegido ( $2,2 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ). Contudo, os máximos de irradiação no ambiente externo ( $24 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) atingiram valores em torno de 55% superiores aos máximos do interior do ambiente protegido ( $15,42 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ). A soma dos valores integrados durante o período estudado para  $R_{gi}$ , foi de  $1.035,18 \text{ MJ m}^{-2}$ , com média diária de  $12,4 \text{ MJ m}^{-2}$ , enquanto  $R_g$  acumulada para o mesmo período foi de  $1.629,34 \text{ MJ m}^{-2}$ , com média diária de  $16,97 \text{ MJ m}^{-2}$ . A  $R_{gi}$  mostrou elevada oscilação nos primeiros 40 dias com valores entre  $2,0$  e  $14,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$  além de tendência de aumento dos seus valores até aproximadamente o dia Juliano (DJ) 200. Após este período ocorreu diminuição gradativa de  $R_{gi}$  até aproximadamente DJ 218; desta data até o final do experimento, o padrão geral foi de aumento de  $R_{gi}$ , ressaltando-se que tendência similar também foi observada para  $R_g$ , embora com maior taxa de variação diária.

A relação  $R_{gi}$  e  $R_g$  mostrou excelente correlação ( $R^2 = 0,96$ ) durante o período experimental com transmitância média do material (polietileno) que compõe a casa de vegetação de 62%, determinada com a inclinação da regressão linear entre a irradiação solar global externa e interna forçada a passar pela



**Figura 1.** Irradiação solar global ( $R_{gi}$ ) diária no interior da estufa plástica (A) e irradiação solar global ( $R_g$ ) no exterior da estufa ao longo do ciclo da cultura do tomate (B)

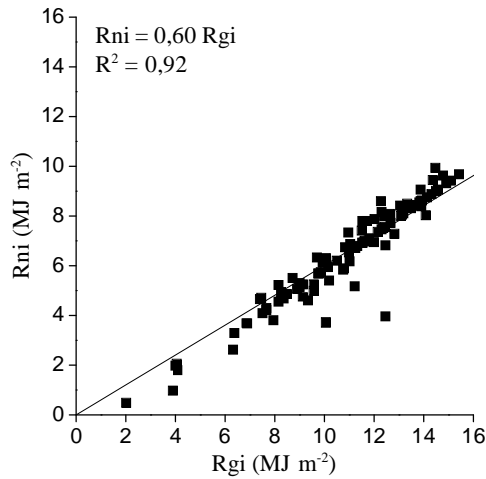
origem (Figura 2). Portanto, este resultado indicou redução de 38% da irradiação solar provocada pela cobertura de polietileno. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) indicou que o modelo linear entre  $R_{gi}$  (para as especificações da casa de vegetação em estudo) e  $R_g$  explicou a maior parte da variabilidade observada de  $R_{gi}$ . Sandri et al. (2003) encontraram, avaliando a cultura do tomate em estufa plástica no Rio Grande do Sul, valores de  $R_{gi}$  média diária de  $12,4 \text{ MJ m}^{-2}$  e acumulado de  $1.362,6 \text{ MJ m}^{-2}$  e uma transmitância de 83% da irradiação solar global para o ambiente da casa de vegetação. Diversos estudos têm comprovado que a irradiação solar global no interior de casas



**Figura 2.** Razão entre irradiação solar global no interior da estufa ( $R_{gi}$ ) e no exterior da estufa ( $R_g$ )

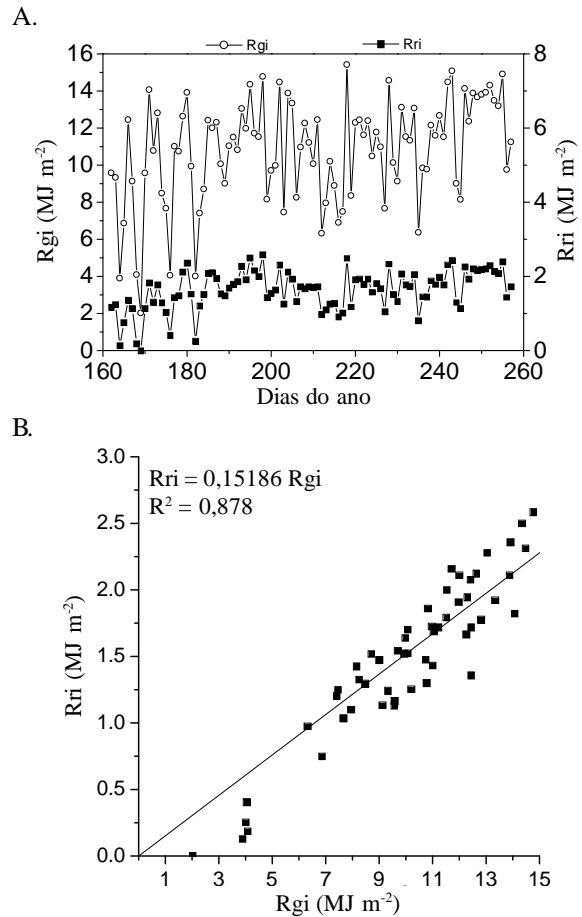
de vegetação é menor que no ambiente externo mas, em contrapartida, ocorre maior proporção entre o saldo de radiação e a irradiação solar global no ambiente interno (Souza et al., 1997; Frisina & Escobedo, 1999; Galvani et al., 2001; Cunha et al., 2002). Tal fato é explicado pelo efeito de multirreflexões e emissão de radiação de ondas longas pelas estruturas da cobertura da casa de vegetação, que reduz a perda de energia ao longo do dia com maior contribuição no período noturno. O saldo de radiação ainda é afetado pela fase da cultura associado sobretudo ao aumento do índice de área foliar que aumenta a porção da radiação interceptada e reduz a transmitida para o solo.

Durante o cultivo do tomateiro no ambiente protegido, o saldo de radiação acumulado foi de 615,53 MJ m<sup>-2</sup>, e representou em média 0,6015 da componente da irradiação solar incidente no interior da casa de vegetação (Figura 3). Esse resultado é similar ao apresentado por Galvani et al. (2001), que encontraram na relação de Rni com Rgi, dentro do ambiente protegido cultivado com pepineiro, o valor de 0,612. Durante o período de medições a razão entre o saldo de radiação e a irradiação solar global interna (Rni/Rgi) variou entre 0,2418 e 0,6478. A irradiação solar global interna mostrou relação linear com o saldo de radiação ajustando-se satisfatoriamente a uma regressão linear (Rni = 0,6015 Rgi), com R<sup>2</sup> = 0,92, desta forma e na ausência de medidas do saldo de radiação, a irradiação solar global pode ser utilizada para estimar essa componente do balanço de energia, essencial às estimativas de evapotranspiração.



**Figura 3.** Relação entre saldo de radiação (Rni) e irradiação solar global (Rgi) no interior da estufa

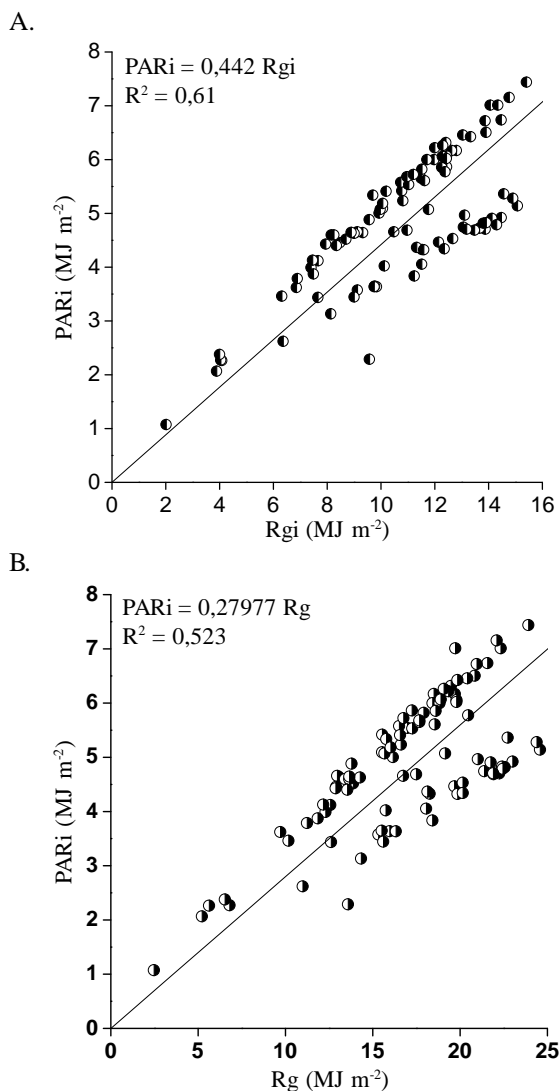
A irradiação refletida interna (Rri) está representada na Figura 4A, na qual se constatou tendência de variação similar à da irradiação solar global no interior da casa de vegetação. Os valores de Rri variaram entre 0,12 a 2,58 MJ m<sup>-2</sup>, com acumulado de 156,57 MJ m<sup>-2</sup> no decorrer do ciclo do tomateiro. Na Figura 4B tem-se a relação entre irradiação solar global e a refletida no interior da estufa plástica com cultivo de tomate, relação que indicou um albedo médio de 15% que, por sua vez, representa a porcentagem média da energia radiante refletida pelo cultivo do tomate no ambiente protegido em estudo (Figura 4B). A equação gerada pela regressão linear



**Figura 4.** Irradiação solar global e refletida (A) e relação entre irradiação refletida (Rri) e irradiação solar global (Rgi) no interior da estufa plástica com cultivo de tomate (B)

forçada a passa pela origem (Rri = 0,15186 Rgi) apresentou elevado R<sup>2</sup> (0,88).

Os valores de radiação fotossinteticamente ativa (PARI) no interior do ambiente protegido representaram, em média, 44% da irradiação solar global (Rgi) interna (Figura 5A) e aproximadamente 28% da irradiação solar global externa (Figura 5B). Observou-se que na relação entre PARI e Rgi (PARI = 0,44 Rgi e R<sup>2</sup> = 0,61) as distribuições estão mais próximas no início da reta e vão apresentando um afastamento no final da reta quando os valores de Rgi foram maiores que 12 MJ m<sup>-2</sup>. Essas discrepâncias são creditadas às obstruções provenientes das partes estruturais da estufa, e a razão que se assemelha aos estudos de ambiente externo (Udo & Aro, 1999) com valores de 0,42 – 0,47 e também em pesquisas realizadas em Alagoas, que obtiveram razões variando de 0,41 a 0,47 (Souza et al., 2005; 2011). As variações dessas razões são bastante dependentes do tipo de sensor utilizado, detalhes em Ross & Sulev (2000). A relação da PARI e Rg externa encontra-se na Figura 5A observando-se grande dispersão dos valores. Esta dispersão é atribuída principalmente ao efeito da estrutura de sustentação da estufa; todavia, a relação PARI versus Rg tem grande aplicabilidade já que estima um componente da radiação solar do interior da casa de vegetação em função da radiação solar externa (medidas mais rotineiras).



**Figura 5.** Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa diária no interior da estufa (PARi) (A) e a irradiação solar global interna (Rgi) e relação entre PARi e Irradiação solar global (Rg), durante o ciclo do tomateiro (B)

### CONCLUSÕES

1. O ambiente protegido promove redução considerável na irradiação solar global, com transmitância média do polietileno de 62%.
2. Na ausência de medidas de radiação em ambiente protegido a irradiação solar global pode ser utilizada para estimar componentes internos do balanço de radiação.

### LITERATURA CITADA

Atarassi, R. T. Modelagem do balanço de energia do dossel da cultura do pimentão em casa de vegetação. ESALQ/USP: Piracicaba, 2004. 70p. Tese Doutorado

Braga, M. B.; Klar, A. E. Evaporação e Evapotranspiração de referência em campo e estufa orientada nos sentidos norte/sul e leste/oeste. Irriga, v.5, p.222-228, 2000.

Cabrera, F. J; Baille, A.; López, J. C.; González-Real, M. M.; Pérez-Parra, J. Effects of cover diffusive properties on the components of greenhouse solar radiation, Biosystems Engineering, v.103, p.344-356,2009.

Cunha, A. R.; Escobedo, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura de pimentão. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, p.15-26, 2003.

Cunha, A. R.; Escobedo, J. F.; Klosowski, E. S. Balanço de energia em pimenteiro sob cultivo protegido e a campo. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.159-167, 2001.

Cunha, A. R.; Escobedo, J. F.; Klosowski, E. S. Efeito do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.735-743, 2002.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos e análises de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 73p.

Frisina, V. A.; Escobedo, J. F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, p.1775-1786, 1999.

Galvani, E. ; Escobedo, J. F. ; Pereira, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. Bragantia, v.60, p.139-147, 2001.

Guiseline, C.; Sentelhas, P. C.; Oliveira, R. C. Uso de malhas e sombreamento em ambiente protegido II: Efeito sobre a radiação solar global e a fotossinteticamente ativa no crescimento e produção da cultura de pimentão. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, p.15-26, 2004.

McCree, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. Agricultural Meteorology, v.10, p.443-453, 1972.

Monteith, J. L.; Unsworth, M. L. Principles of environmental physics. London: Edward Arnold, 2008. 418p.

Radin, B. Eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 124p. Tese Doutorado

Ross, J.; Sulev, M. Sources of errors in measurements of PAR. Agricultural and Forest Meteorology, v.100, p.103-125, 2000.

Sandri, M. A.; Andriolo, J. L.; Witter, M.; Dal Ross, T. Effect of shading on tomato plants grow under greenhouse. Horticultura Brasileira, v.21, p.642-645, 2003.

Silva, E. T.; Byllardt, L. V. B.; Gomes, S.; Wolf, G. D. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. Ciências Agrárias Ambientais, v.1, p.51-54. 2003.

Souza, J.L; Calheiros, C. B. M. ; Santos, E.A. Evapotranspiração pelo método de Penman-Monteith representativa da região do Tabuleiro Costeiro de Alagoas. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília, Anais... Brasília: SBMET, 1998. CD Rom

Souza, J. L.; Escobedo, J. F. Balanço de radiação em cultivos de feijão-vagem com e sem cobertura de polietileno. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.32, p.1-15, 1997.

Souza, J. L.; Escobedo, J. F.; Tornero, M. T. Albedo e estimativas do saldo de radiação em feijão-vagem sob cobertura de plástico e ambiente externo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, p.1763-1774, 1999.

- Souza, J. L.; Ferreira Júnior, R.A.; Silva, M. B. P.; Tiba, C.; Melo, R. O.; Lyra, G. B.; Santos, C. M.; Santos, M. V. C. Irradiância solar global e fotossintética em regiões de Alagoas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 17, 2011, Guarapari. Anais... Guarapari: SBA, 2011. CD Rom
- Souza, J. L.; Nicácio, R. M.; Moura, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. *Renewable Energy*, v.30, p.1205-1220, 2005.
- Souza, J. L.; Tavares, P. S.; Teodoro, I.; Silva, P. R. T.; Silva Neto, J. L. Irradiância solar global e radiação fotossinteticamente ativa em Maceió, ano 2003. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 14, 2005, Campinas. Anais... Campinas: SBA/UNICAMP, 2005. CD Rom
- Stanghellini, C. Evapotranspiration in greenhouse with special reference to Mediterranean conditions. *Acta Horticulturae*, v.335, p.296-304, 1993.
- Thorntwaite, C. W.; Mather, J. R. Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. Ceteron: Rexel Institute of Technology Laboratory, 1957. 311p.
- Udo, S.O.; Aro, T.O. Global PAR related to global solar radiation for central Nigeria. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.97, p.21-31, 1999.
- Waaijenberg, D. Design, construction and maintenance of greenhouse structures. *Acta Horticulturae*, v.710, p.31-42, 2006.