



Interceptação da luz pelo cajueiro

Thiago F. Duarte¹, Luiz de Anunciação², Victor A. T. de Matos³, José H. Campelo Júnior⁴,
Francisco de A. Lobo⁵ & Carmen E. R. Ortíz⁶

¹ UFMT, Cuiabá, MT. E-mail: thiagof.duarte@hotmail.com (Autor correspondente)

² UFMT, Cuiabá, MT. E-mail: anunciacao18@gmail.com

³ UFMT, Cuiabá, MT. E-mail: victor_arlindo@hotmail.com

⁴ UFMT, Cuiabá, MT. E-mail: campelo@ufmt.br

⁵ UFMT, Cuiabá, MT. E-mail: f_a_lobo@ufmt.br

⁶ UFMT, Cuiabá, MT. E-mail: cerortiz@yahoo.com.br

Palavras-chave:

Anacardium occidentale L.
coeficiente de extinção da luz
lei de Beer
modelagem de culturas
transferência de radiação

RESUMO

A interceptação da luz pelas plantas pode ser utilizada na simulação de vários processos ecofisiológicos que influenciam a produtividade e a qualidade de frutos, tornando-se fator estratégico no manejo de plantas no pomar. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o modelo de Charles-Edward & Thornley de interceptação da luz em plantas isoladas de cajueiro anão. O trabalho foi realizado na fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, no período de 03/09/2012 a 09/11/2012. A simulação da luz interceptada foi efetuada em intervalos de 60, 120, 180, 240 e 300 min. A interceptação variou entre as plantas e entre as escalas temporais adotadas. Em escala de 60 min os dados simulados apresentaram tendência de subestimar valores de radiação medida com sensores pontuais no início e no final do dia, independente da planta utilizada. Na escala de 300 min, por sua vez, a simulação foi a mais próxima do valor medido com sensores pontuais, com R^2 : 0,90; d: 0,96; c: 0,91 e EAMP 5,65.

Key words:

Anacardium occidentale L.
light extinction coefficient
Beer's Law
crop modeling
radiation transfer

Light interception by cashew crop

ABSTRACT

The light interception by plants can be used to simulate various ecophysiological processes that influence the productivity and fruit quality, making it a strategic factor in the management of plants in orchard. The aim of this study was to evaluate the Charles-Edward & Thornley light interception model in isolated plant of cashew crop. The study was conducted at the experimental farm of the Federal University of Mato Grosso between the period from 03/09/2012 to 09/11/2012. The simulation of light interception was made at intervals of 60, 120, 180, 240 and 300 min. The light intercept varied between plants and between the adopted scales. In the scale of 60 min simulated data tended to underestimate values of radiation measured with punctual sensors at the beginning and at the end of the day regardless of the used plant. In the scale of 300 min, on the other hand, the simulation was very close to the measured with punctual sensor value with R^2 : 0.90; d: 0.96; c: 0.91 and EAMP: 5.65.

INTRODUÇÃO

O cajueiro (*A. occidentale* L.) é uma frutífera tropical encontrada naturalmente no Cerrado, na Caatinga e na Amazônia, onde geralmente é explorada de forma extrativista tendo em vista que a espécie cultivada está disseminada em pomares na região Nordeste, que responde por praticamente 100% da plantação nacional (IBGE, 2014).

A cultura mobiliza cerca de 280 mil pessoas (Oliveira, 2008) possui uma área cultivada de cerca 724.000 ha com uma produção de aproximadamente 107 mil toneladas de castanha em 2013 (IBGE, 2014). A matéria-prima, castanha, chega a movimentar no Brasil, anualmente, cerca de 225 milhões de dólares (Oliveira, 2008).

As informações existentes na literatura sobre a utilização da luz solar pelo cajueiro são escassas e dificultam a utilização agrônoma desta planta, a qual pode tornar-se uma alternativa

importante para a fruticultura em Mato Grosso, sobretudo se considerando que se trata de uma espécie adaptada às condições ambientais da região.

A quantidade de luz interceptada por uma planta expressa a quantidade de energia potencialmente disponível para a realização da fotossíntese e, portanto, é a base para o crescimento e produtividade das culturas (Teh, 2006). O entendimento da interceptação e a distribuição da luz através da copa permitem manejar adequadamente a arquitetura e disposição das plantas no pomar (Bastías & Corelli-Grappadelli, 2012; Cherbiy-Hoffmann et al., 2012). Pode ser utilizada também na melhoria da qualidade dos frutos através do manejo da poda e estimativa da produção de matéria seca em um pomar (Bastías & Corelli-Grappadelli, 2012; Cherbiy-Hoffmann et al., 2012).

Na literatura são vários os modelos de transferência da radiação através do dossel classificados em três grupos por

Johnson & Lakso (1991): modelos de secção do dossel, camadas do dossel e dossel inteiro. Na primeira categoria está o modelo desenvolvido por Charles-Edwards & Thornley (1973) para uma planta isolada. Neste modelo a copa das plantas é análoga à forma geométrica de um elipsoide com folhas distribuídas de maneira uniforme, ângulo foliar com distribuição aleatória ou horizontal e a atenuação da luz ao longo da copa descrita pela lei de Beer (Abraha & Savage, 2010).

Recentemente, o modelo geométrico de Charles-Edwards & Thornley (1973) foi testado e validado para várias espécies (Abraha & Savage, 2010). A validação de um modelo que descreve, de maneira adequada, a interceptação da luz pelo cajueiro, poderia contribuir na implementação de modelos matemático-fisiológicos de estimativa da produtividade e qualidade de frutos. Assim, o objetivo neste trabalho foi simular a interceptação de luz em plantas de cajueiro com base na lei de Beer e no modelo geométrico proposto por Charles-Edwards & Thornley (1973).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no pomar de cajueiro da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, em Santo Antônio de Leverger, região sudeste do estado (latitude: 15° 47' S; longitude: 56° 04' W; altitude: 140 m) no período entre 03/09/2012 a 09/11/2012. Foram utilizadas três espécimes de *A. occidentale* L. do clone FAGA 1 com dez anos de idade, de um pomar cujas plantas se encontravam dispostas no espaçamento de 7 x 8 m. As características das plantas se encontram descritas na Tabela 1.

As medidas de radiação fotossinteticamente ativas (PAR) foram realizadas semanalmente em dias de céu limpo ou parcialmente nublado, das 9:00 às 16:00 h (horário local) utilizando-se quatro sensores pontuais de fotodiodo de silício (PP Systems, modelo PAR-1, Hitchin, Reino Unido) conectados a um datalogger 21X (Campbell Scientific Inc., Logan, UT, EUA). As leituras foram realizadas a cada segundo com médias a cada 15 min. Para medir a PAR transmitida, três sensores foram dispostos abaixo da copa das plantas e o quarto sensor posicionado na entrelinha sobre um mastro de 1,80 m de altura para coleta da PAR incidente acima da copa. A posição dos sensores em relação às plantas foi medida no sentido das linhas e entrelinhas e posteriormente ajustada em relação ao norte verdadeiro para determinação da trajetória da luz no interior da copa, em função da posição do sol (Antunes Júnior et al., 2009).

O modelo de Charles-Edwards & Thornley (1973) combina a informação da posição do sol com a geometria da planta visando calcular o comprimento da trajetória da luz no interior da copa; assumindo que a copa possui o formato de um elipsoide, sua superfície pode ser descrita pela expressão:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (1)$$

em que:

x, y e z - coordenadas dos eixos cartesianos

a, b e c - três semieixos da copa no formato de elipsoide

Introduzindo Z_0 , ou seja, distância entre a superfície do solo e o centro da copa hemi-elipsoidal no eixo Z (Abraha & Savage, 2010) a Eq. 1 resulta em:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{(z - Z_0)^2}{c^2} = 1 \quad (2)$$

Considerando um ponto Q sobre a superfície da copa e um ponto P qualquer, as respectivas intensidades de luz I_q e I_p estão relacionadas do seguinte modo (Campelo Júnior et al., 1996):

$$I_p = I_q \times \exp^{-KL} \quad (3)$$

em que:

I_p - PAR transmitida no ponto P

I_q - PAR incidente no ponto Q

L - índice de área foliar ao longo da trajetória QP projetada sobre um plano normal à QP

K - coeficiente da extinção de luz, considerando $K = OPG/\sin(\beta)$ conforme Colaizzi et al. (2012)

β - elevação solar

O parâmetro L pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$L = F \times OPG \times s \quad (4)$$

em que:

F - densidade de área foliar (relação entre a área foliar e o volume da copa)

OPG - projeção média da área unitária na direção do sol, com valor de 0,5 admitindo-se uma distribuição esférica ou aleatória do ângulo das folhas

s - comprimento da trajetória da luz no interior da copa

A densidade de área foliar foi estimada para cada planta nos dias 28/09/12 e 05/11/12 (época inicial e final do experimento) pela Eq. 5, descrita por Antunes Júnior et al. (2009) cujos parâmetros foram definidos anteriormente:

$$F = \frac{\ln\left(\frac{I_p}{I_q}\right)}{0,5 \times K \times s} \quad (5)$$

Tabela 1. Parâmetros da copa de cajueiro anão adotados no modelo de interceptação da luz

| Planta | Sem-eixo (m) | | | Distância do solo ao centro da copa, Z_0 (m) | Volume (m ³) | Densidade foliar (m ² m ⁻³) | |
|--------|--------------|------|------|------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------|---------------|
| | a | b | c | | | 03/09 a 26/10 | 29/10 a 09/11 |
| 1 | 4,00 | 4,13 | 2,12 | 2,12 | 146 | 1,60 | 1,75 |
| 2 | 4,00 | 3,40 | 2,10 | 2,12 | 120 | 1,37 | 1,46 |
| 3 | 3,65 | 3,35 | 1,66 | 1,86 | 85 | 1,29 | 1,40 |

Para simular a quantidade de luz incidente abaixo da copa em todos os outros dias de medida durante o experimento, a densidade foliar foi estimada como o valor médio de todas as estimativas obtidas com o emprego da Eq. 5 nas medidas realizadas a intervalos de 10 min, nos dias 28/09 e 05/11. Portanto, os dados medidos nesses dois dias foram utilizados exclusivamente para estimar duas densidades foliares adotadas na simulação e não puderam ser empregados na comparação entre dados medidos e simulados de interceptação da luz.

Para efeito de validação dos resultados a densidade de área foliar foi estimada de modo independente, no período de 24/08/2012 e 19/12/2012, por método não destrutivo, em plantas diferentes daquelas utilizadas no modelo de interceptação da luz. As plantas utilizadas foram selecionadas aleatoriamente em uma área de 16 x 56 m do mesmo pomar, sendo 3 plantas do clone FAGA 1, 3 plantas do FAGA 10 e 3 plantas do FAGA 11.

As estimativas foram realizadas em amostragens realizadas mensalmente, para obter a área foliar e o volume de um ramo de aproximadamente 1,5 m de comprimento, previamente identificado em cada planta.

A área foliar de cada ramo foi obtida pelo produto entre o número de lançamentos (nL) e sua área foliar média (AFL). A área foliar média dos lançamentos foi obtida em três lançamentos selecionados visualmente como representativos do ramo, nos quais foi contado o número de folhas e efetuadas as medidas do comprimento e maior largura da folha visualmente mais representativa. O comprimento e a maior largura da folha mais representativa foram utilizados para se obter a área da folha com o uso de um fator de correção (FC). O FC foi obtido por uma equação de regressão linear ($R^2 = 0,9184$), que correlacionou a área foliar de 50 folhas digitalizadas pelo programa Sigma Scan Pro®, e o produto do comprimento e da maior largura dessas mesmas folhas, medidos com paquímetro ($F_c = 0,6452x$). O volume do ramo foi determinado por $V = 4\pi abc/3$ em que a foi a metade do comprimento do ramo e b e c foram as metades das dimensões do ramo medidas transversalmente na posição central do comprimento com base na forma geométrica de um elipsoide.

Foi medido, também, o índice de área foliar (IAF) determinado com auxílio do ceptômetro (AccuPAR LP-80, Decagon Devices Inc., Pullman, WA, EUA) entre o período de 27/08/2012 e 26/06/2013 com frequência mensal. As plantas utilizadas foram as mesmas adotadas para simular a

interceptação da luz. O valor de IAF obtido foi resultado da média de quatro leituras distantes em aproximadamente 90° entre si. Essas avaliações são resultado prévio da análise da variação sazonal do IAF em clones de cajueiro anão.

Os valores simulados e observados de luz incidente abaixo da copa a intervalos de 60, 120, 180, 240 e 300 min, foram comparados utilizando-se o coeficiente de determinação (R^2), o índice de concordância de Willmott (d), o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo & Sentelhas (1997) e o erro absoluto médio percentual (EAMP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da densidade de área foliar medida estão descritos na Tabela 2. Houve diferença significativa entre as datas de avaliação e entre os clones porém a interação Data x Clone não foi significativa. A FAGA 10 foi o clone que obteve o menor valor de densidade de área foliar, com a média geral de $1,04 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$. Com relação às datas de avaliação, ocorreu diferença apenas entre os meses de agosto e outubro, com valores de $1,12$ e $2,02 \text{ m}^2 \text{ m}^{-3}$ respectivamente; contudo, não é possível afirmar que houve aumento ou diminuição na densidade de área foliar ao longo do tempo já que os demais meses não diferiram estatisticamente entre si.

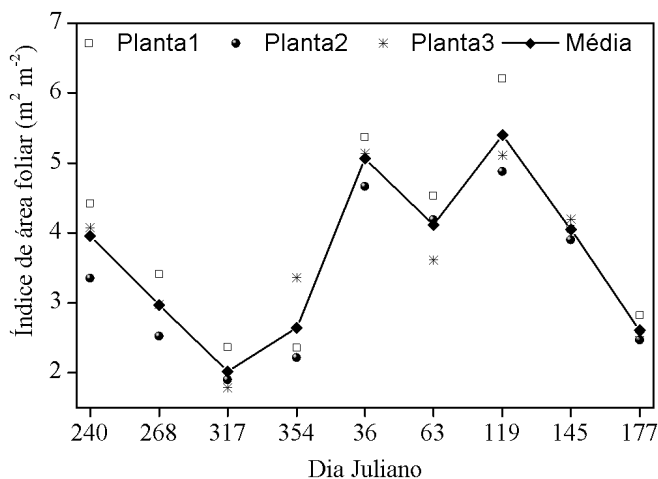
Por outro lado, a dinâmica do índice de área foliar (Figura 1) demonstra que houve tendência de diminuição com posterior aumento e novamente decréscimo nos valores. A variação temporal no índice de área foliar pode ser explicada tanto pela queda das folhas velhas quanto pelo surgimento de folhas novas na copa. Em cajueiro o surgimento de novas folhas ocorre pela brotação dos fluxos vegetativos e reprodutivos sobretudo na periferia da copa. Inicialmente, os fluxos possuem uma pequena área foliar e, em consequência, pouca influência na interceptação da luz. Posteriormente, as folhas produzidas se desenvolvem e crescem até se tornar completamente expandidas com máxima área foliar e maior capacidade de interceptação da luz. Assim, a dinâmica descrita ajudaria a explicar também a variabilidade na estimativa da densidade de área foliar pelo método de contagem dos lançamentos. A contagem do número total de lançamentos (novos e velhos) presentes no ramo pode ter ocasionado superestimativa da densidade de área foliar nos períodos de surgimento dos novos fluxos vegetativos e reprodutivos sem, porém, ser detectada instrumentalmente.

Tabela 2. Densidade de área foliar média dos clones FAGA 1, FAGA 10 e FAGA 11 de cajueiro anão entre 24/08/2012 e 23/11/2012 com frequência de medição mensal

| Data | Densidade de área foliar ($\text{m}^2 \text{ m}^{-3}$) | | | Média ($\text{m}^2 \text{ m}^{-3}$) |
|----------|----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|
| | FAGA 1 | FAGA 10 | FAGA 11 | |
| 24/08/12 | $0,98 \pm 0,88$ ns | $0,96 \pm 0,23$ ns | $1,41 \pm 0,60$ ns | $1,12 \pm 0,59$ B |
| 21/09/12 | $2,05 \pm 0,41$ ns | $0,83 \pm 0,08$ ns | $1,15 \pm 0,18$ ns | $1,35 \pm 0,59$ AB |
| 26/10/12 | $2,38 \pm 0,21$ ns | $1,36 \pm 0,75$ ns | $2,34 \pm 0,90$ ns | $2,02 \pm 0,78$ A |
| 23/11/12 | $2,22 \pm 0,68$ ns | $0,99 \pm 0,42$ ns | $1,86 \pm 0,92$ ns | $1,69 \pm 0,82$ AB |
| 19/12/12 | $1,74 \pm 0,53$ ns | $1,08 \pm 0,23$ ns | $2,04 \pm 0,81$ ns | $1,62 \pm 0,66$ AB |
| Média | $1,875 \pm 0,713$ a | $1,043 \pm 0,392$ b | $1,761 \pm 0,764$ a | $*1,56 \pm 0,73$ |
| CV (%) | | | | 39 |

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). O símbolo \pm indica a média mais e menos o desvio padrão. ns: não significativo.

* Valor correspondente à média geral da densidade de área foliar. CV - coeficiente de variação



Dados correspondentes às médias de quatro leituras distantes em aproximadamente 90° entre si

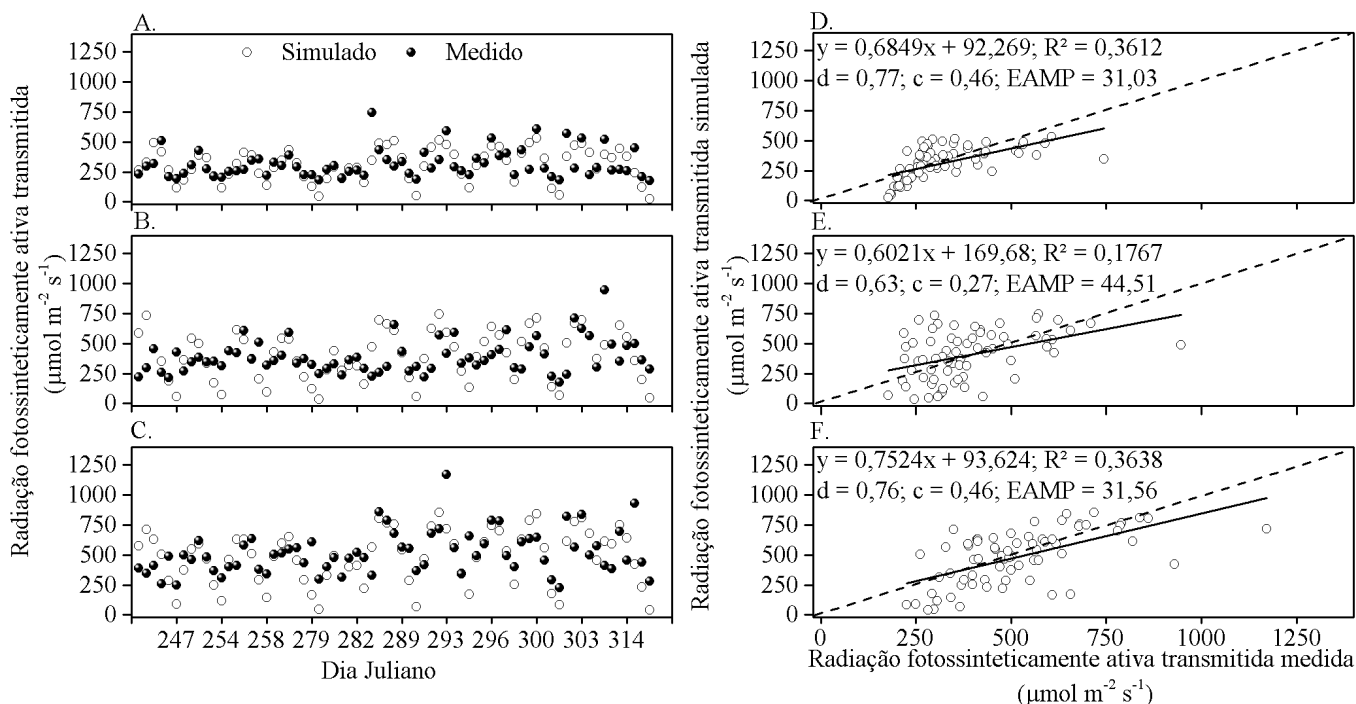
Figura 1. Índice de área foliar (IAF) de plantas de cajueiro anão (Planta1, Planta2 e Planta3) entre 27/08/2012 e 26/06/2013 com frequência de medição mensal

A variação nos dados medidos de densidade foliar demonstra, conforme afirmado por Abraha & Savage (2010) que dentre os parâmetros de entrada do modelo a densidade de área foliar pode ser considerada a variável mais difícil de se obter e, além do mais, é uma das que mais influenciam no resultado. Diante disto, diversas metodologias para determinação direta ou indireta deste parâmetro têm sido desenvolvidas. A utilização da interceptação da luz como metodologia de estimativa da densidade de área foliar foi proposta por diversos autores, como Antunes Júnior et al. (2009) em mangueira. Para dosses

horizontais e homogêneos, a estimativa pode ser obtida pela simples inversão do modelo de Beer-Lambert. No caso de dosses descontínuos, como em plantas isoladas, é necessário encontrar modelos capazes de simular a interceptação da luz em copas com formatos muitas vezes complexos. Neste sentido, o modelo de Charles-Edwards & Thornley (1973) é uma alternativa para plantas cuja copa possui a forma de um elipsoide; para tanto, a validação do modelo é de fundamental importância.

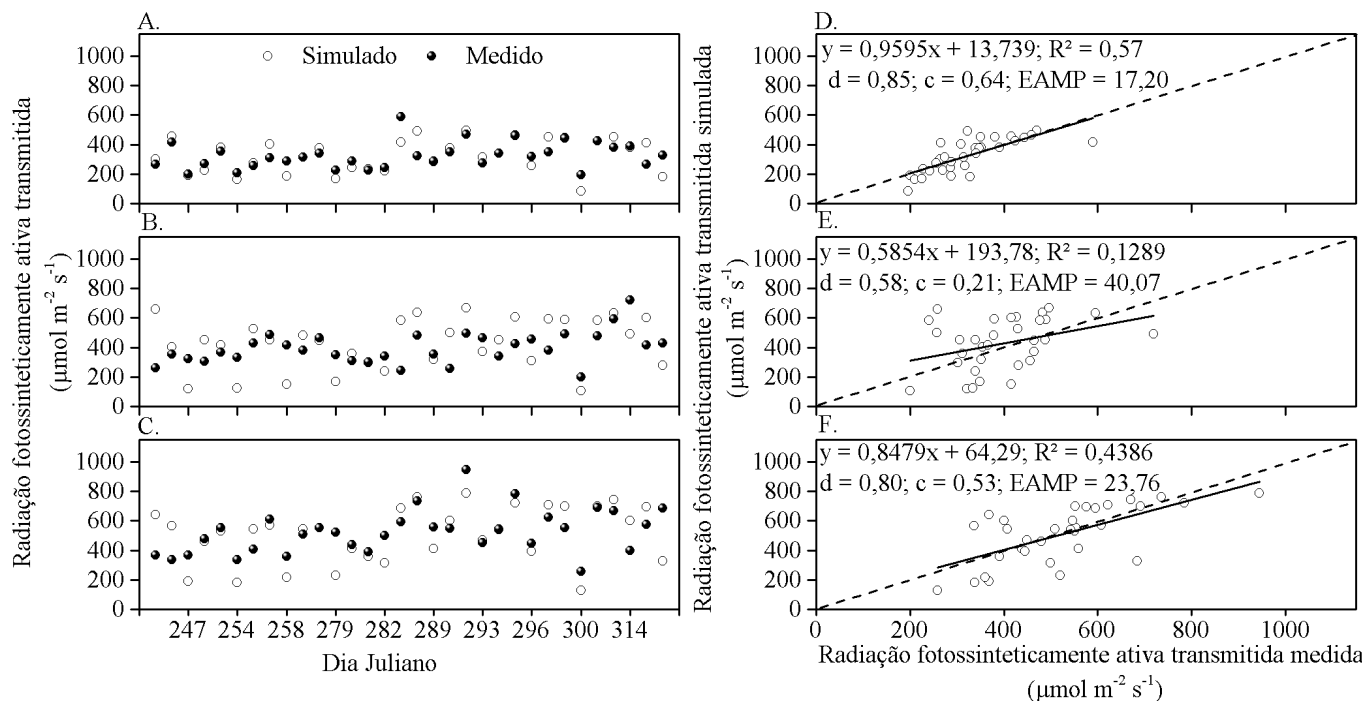
A avaliação dos resultados obtidos pelo modelo demonstra que, em todo período de estudo a transmissão da PAR variou entre as plantas e entre a escala temporal adotada. Nota-se que, à exceção da planta 2, à medida em que a simulação foi efetuada em uma escala temporal maior, houve aumento nos valores de R^2 , d e c , e redução no EAMP (Figuras 2, 3, 4, 5 e 6). Na última escala horária simulada os parâmetros estatísticos alcançaram valores de R^2 : 0,90; d : 0,96; c : 0,91 e EAMP; 5,65, para planta 1 (Figuras 6A e 6D). Durante todo o período de estudo, independentemente da escala temporal utilizada, os maiores valores de R^2 , d e c , e os menores de EAMP foram encontrados na planta 1. Na planta 2 foram encontrados valores máximos de 0,20; 0,63; e 0,27 para R^2 , d e c respectivamente e EAMP mínimo de 21,45% (Figuras 2E e 6E). A planta 3, por sua vez, obteve R^2 , d , c , e EAMP intermediários às plantas 1 e 2 (Figuras 2C, 2F, 3C, 3F, 4C, 4F, 5C, 5F, 6C e 6F).

Abraha & Savage (2010) utilizaram o modelo de Charles-Edwards & Thornley (1973) para simular a interceptação da radiação solar global em escala horária para várias espécies. Em alguns casos, o modelo apresentou tendência de subestimar ou superestimar a quantidade de radiação solar transmitida



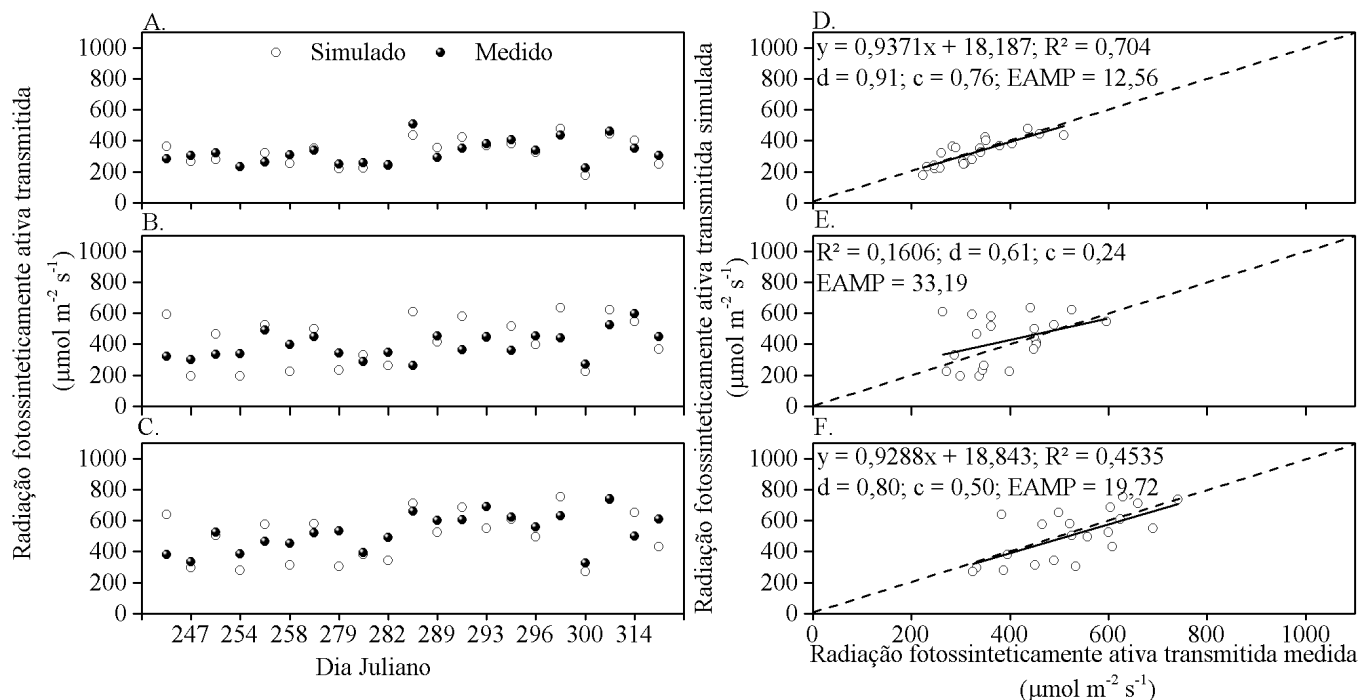
Regressões significativas ($P < 0,05$)

Figura 2. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) transmitida abaixo da copa da planta 1 (A e D), planta 2 (B e E) e planta 3 (C e F) de cajueiro anão, simulada e medida com sensores pontuais a cada 60 min entre 09:00 e 16:00 h, no período de 03/09/2012 a 09/11/2012, com frequência semanal



Regressões significativas ($P < 0,05$)

Figura 3. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) transmitida abaixo da copa da planta 1 (A e D), planta 2 (B e E) e planta 3 (C e F) de cajueiro anão, simulada e medida com sensores pontuais a cada 120 min, das 09:00 às 16:00 h, no período de 03/09/2012 a 09/11/2012, com frequência semanal

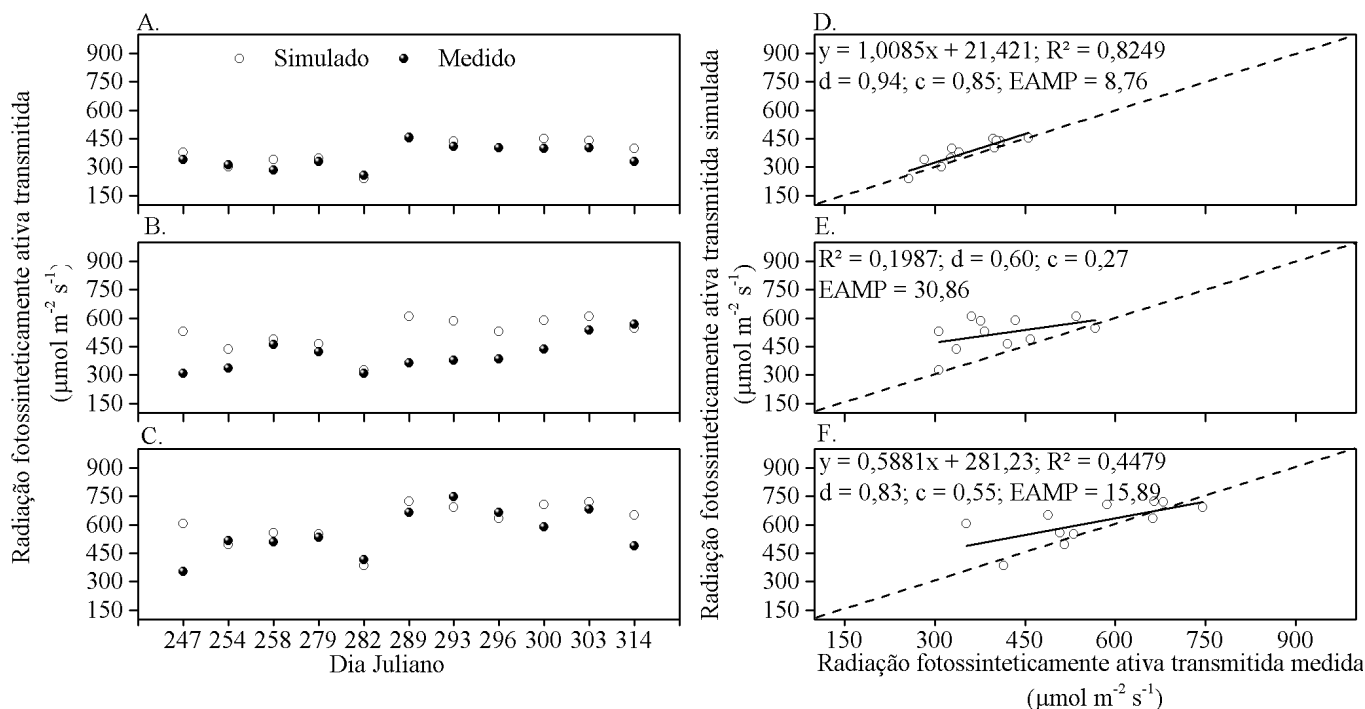


Regressões significativas ($P < 0,05$)

Figura 4. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) transmitida abaixo da copa da planta 1 (A e D), planta 2 (B e E) e planta 3 (C e F) de cajueiro anão, simulada e medida com sensores pontuais a cada 180 min, entre 09:00 até 16:00 h, no período de 03/09/2012 a 09/11/2012, com frequência semanal

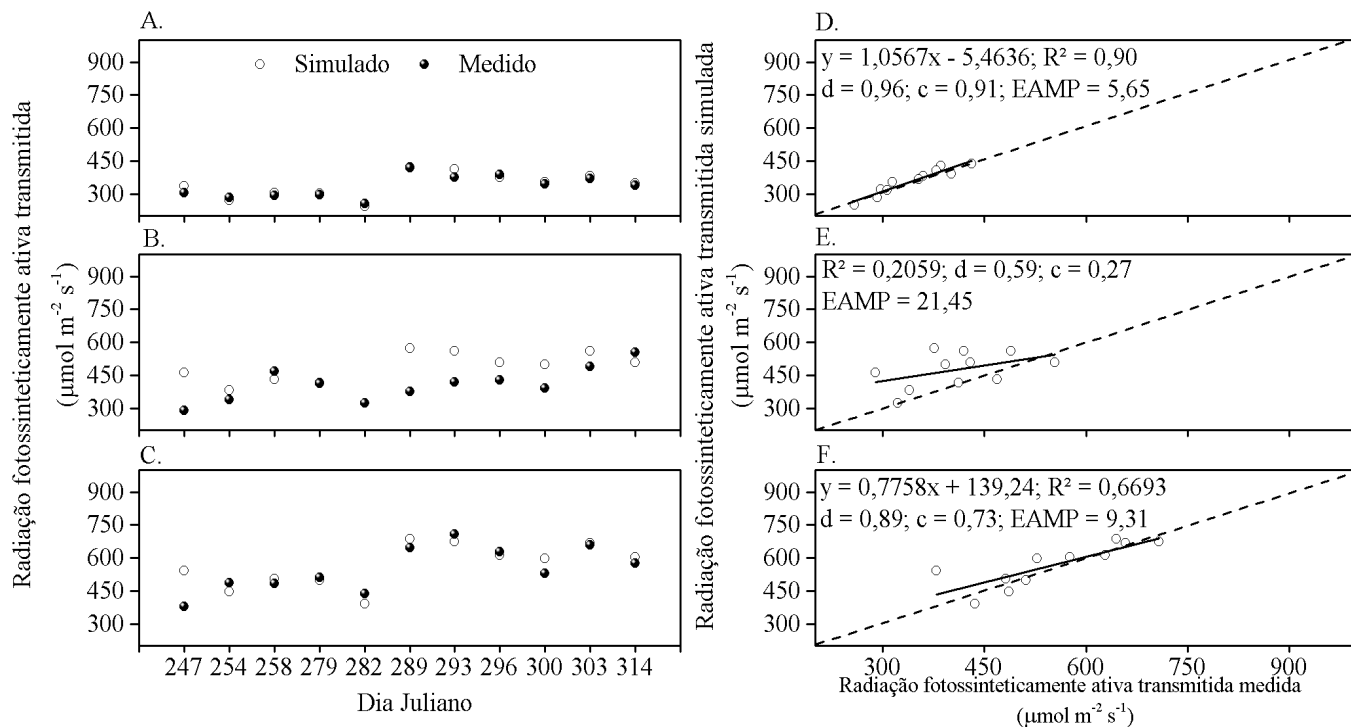
abaixo da copa, especialmente em plantas de grande porte. A concordância entre os valores simulados e os medidos, avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2) e pelo d , variou de 0,35 a 1 e 0,58 a 1, respectivamente. Segundo os autores, as causas

desta discrepância seriam a assimetria das copas com relação à ramificação, a densidade foliar e as dimensões da copa. Outro modelo tridimensional foi apresentado por Castro & Fetcher (1998) que dividiram a copa em células cúbicas caracterizadas



Regressões significativas ($P < 0,05$)

Figura 5. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) transmitida abaixo da copa da planta 1 (A e D), planta 2 (B e E) e planta 3 (C e F) de cajueiro anão, simulada e medida com sensores pontuais a cada 240 min, das 09:00 às 16:00 h, no período de 03/09/2012 a 09/11/2012, com frequência semanal

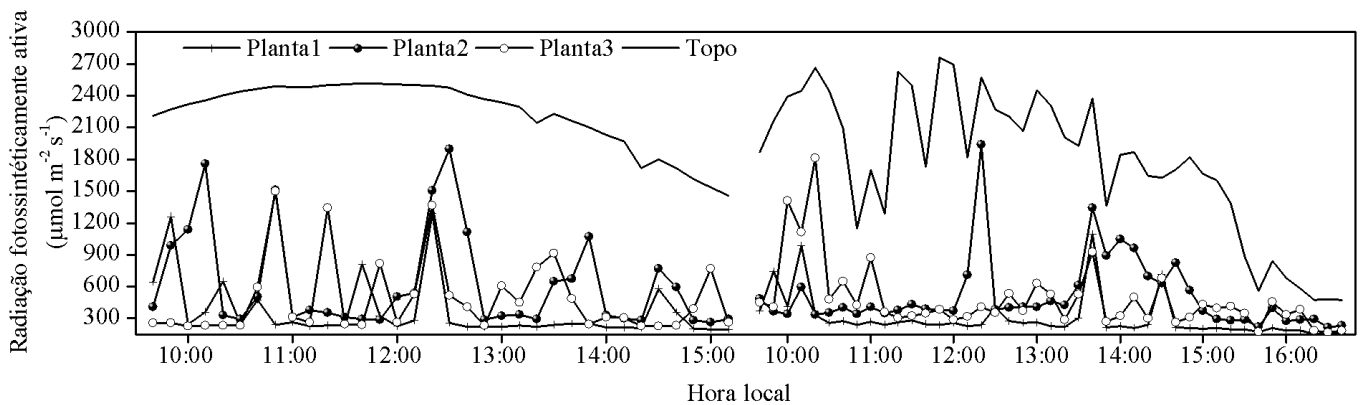


Regressões significativas ($P < 0,05$)

Figura 6. Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) transmitida abaixo da copa da planta 1 (A e D), planta 2 (B e E) e planta 3 (C e F) de cajueiro anão, simulada e medida com sensores pontuais a cada 300 min, entre 09:00 e 16:00 h, no período de 03/09/2012 a 09/11/2012, com frequência semanal

pelo ângulo foliar e índice de área foliar. O coeficiente de determinação entre os valores simulados e os medidos encontrado pelos autores, foi de 0,714.

As diferenças na qualidade do ajuste entre as plantas demonstram que, dependendo do local escolhido no interior ou abaixo da copa, a simulação da interceptação da luz para dados



Dados correspondentes às médias, a cada 10 min

Figura 7. Valores medidos com sensores pontuais de radiação fotossinteticamente ativa incidente e transmitida pela copa das plantas de cajueiro anão nos dias 29/10/2012 e 09/11/2012

pontuais pode ser impraticável devido à diferença natural das características da arquitetura e distribuição da área foliar na copa. Pela avaliação visual observou-se que a planta 1 foi a que possuía a copa com características estruturais mais próximas das exigidas pelo modelo. O modelo de Lambert-Beer assume que a copa é horizontalmente homogênea com folhas distribuídas aleatoriamente no espaço, o que pode resultar em erros na simulação. Segundo Whitehead et al. (1990) a suposição de que a densidade foliar segue distribuição aleatória na copa, pode levar à superestimação de 20 a 30% na simulação da intercepção da luz.

Outra provável fonte de erros seria a ocorrência de períodos em que a luz direta atravessa a copa sem ser interceptada ou quando é minimamente interceptada pelas folhas já que a transmissão da radiação solar através da folhagem é caracterizada por uma grande variabilidade horizontal (Cohen & Fuchs, 1987).

Na Figura 7 são apresentadas as médias de 10 min da PAR medidas acima e abaixo da copa das plantas em dois dias de avaliação. Observa-se que em alguns períodos do dia ocorrem determinados “picos” de medição da luz em razão da maior incidência de luz solar direta sobre os sensores e graças à presença de espaços vazios dentro da própria copa das plantas (Campelo Júnior et al., 1996). Neste caso, como o modelo de intercepção da luz adotado assume que a copa possui formato geométrico de um elipsoide com distribuição foliar uniforme ao longo da copa, a simulação da transmissão da luz abaixo da copa tende a subestimar o valor real. Situação semelhante a esta foi encontrada por Cohen & Fuchs (1987) trabalhando com citros, Campelo Júnior et al. (1996) com seringueira e por Mariscal et al. (2000) com oliveira.

Uma alternativa para minimizar a situação descrita anteriormente seria a utilização de tubos solarímetros que integram a radiação solar medida em determinada área representativa, como feito por Flerchinger et al. (2009) e Abraha & Savage (2010). Porém a medição da PAR com sensores pontuais e a comparação entre dados medidos e simulados permite avaliar a possibilidade de se estimar a PAR interceptada em ramos de cajueiro, como feito em macieras por Stephan et al. (2008).

Os melhores resultados obtidos pela simulação da intercepção da luz em escalas maiores podem ser explicados pela redução na variabilidade espacial e temporal da quantidade de luz transmitida pela copa (Cohen & Fuchs, 1987; Génard & Baret, 1994; Mariscal et al., 2000). Referida variação foi encontrada em citros (Cohen & Fuchs, 1987), em pessegueiro (Génard & Baret, 1994) e em oliveira (Mariscal et al., 2000), e foi atribuída, em parte, pelas características da arquitetura das plantas e distribuição foliar dentro da copa. Como consequência, as suposições assumidas nos modelos da transmissão da luz podem não ser suficientes para simulação em escala horária em algumas espécies.

Para contornar o problema antes descrito, Génard & Baret (1994) sugeriram a introdução de parâmetros explicativos que variem dentro da copa como, por exemplo, a distribuição da densidade foliar. Oyarzun et al. (2007) utilizaram a porosidade da copa como parâmetro de entrada em um modelo tridimensional de intercepção da luz. Os autores estimaram este parâmetro a partir da proporção entre “sunflecks” com a área sombreada pela copa no solo.

A utilização de dados simulados em escala horária tem a vantagem de representar, com maior precisão temporal, a posição do sol quanto à copa das plantas e aos diversos processos ecofisiológicos dependentes da luz interceptada (Abraha & Savage, 2010). Outrossim, com a disponibilidade de equipamento para medidas fotossintéticas instantâneas no campo, a obtenção de resultados horários da transmissão da luz pode resultar no entendimento mais adequado dos processos que resultam na produção de frutos porém, dentro das suposições assumidas no modelo, os resultados demonstraram que, pontualmente, a simulação da intercepção da luz com o modelo tridimensional de Charles-Edwards & Thornley (1973) não foi adequada em escala horária sendo mais próxima do valor medido quando simulado em escala temporal de 300 min.

CONCLUSÕES

1. O modelo tridimensional de Charles-Edwards & Thornley (1973) não foi adequado para simular a intercepção da luz em

pontos abaixo da copa de plantas do clone FAGA 1 de cajueiro anão adulto, em escala horária.

2. Entre as escalas temporais simuladas a escala de 300 min foi a mais próxima do valor medido.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMAT, através do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX) pela ajuda financeira ao projeto de pesquisa Processo n. 753676/2011; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro.

LITERATURA CITADA

- Abraha, M. G.; Savage, M. J. Validation of a three-dimensional solar radiation interception model for tree crops. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, v.139, p.636-652, 2010.
- Antunes Júnior, M. Z.; Ferronato, A.; Ferronato, S. D.; Rodrigues, K.; Gallon, M. M. P.; Gomes, N. M. G.; Stieven, A. C.; Campelo Júnior, J. H. Métodos não destrutivos para estimativa de densidade de área foliar em mangueira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, p.1624-1630, 2009.
- Bastías, R.M.; Corelli-Grappadelli, L. Light quality management in fruit orchards: physiological and technological aspects. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 72, p. 224-231, 2012.
- Camargo, Â. P.; Sentelhas, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, p.89-97, 1997.
- Campelo Júnior, J. H.; Mendonça, E. D. D.; Mendonça, M. M. D. D.; Priante Filho, N.; Caneppele, M. A. B. Interceptação de luz pela seringueira. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.4, p.21-28, 1996.
- Castro, F.; Fetcher, N. Three dimensional model of the interception of light by A canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.90, p.215-233, 1998.
- Charles-Edwards, D. A.; Thornley, J. H. M. Light interception by an isolated plant: a simple model. *Annals of Botany*, v.37, p.919-28, 1973.
- Cherbiy-Hoffmann, S.U.; Searles, P.S.; Hall, J.A.; Rousseaux, M.A. Influence of light environment on yield determinants and components in large olive hedgerows following mechanical pruning in the subtropics of the Southern Hemisphere. *Scientia Horticulturae*, v.137, p.36-42, 2012.
- Cohen, S.; Fuchs, M. The distribution of leaf area, radiation, photosynthesis and transpiration in a shamouti orange hedgerow orchard: Leaf area and radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.40, p.123-144, 1987.
- Colaizzi, P. D.; Evett, S. R.; Howell, T. A.; Li, F.; Kustas, W. P.; Anderson, M. C. Radiation model for row crops: I. Geometric view factors and parameter optimization. *Agronomy Journal*, v.104, p.225-240, 2012.
- Flerchinger, G. N.; Xiao, W.; Sauer, T. J.; Yu, Q. Simulation of within-canopy radiation exchange. *NJAS Wageningen Journal of Life Sciences*, v.57, p.5-15, 2009.
- Génard, M.; Baret, F. Spatial and temporal variation of light inside peach trees. *Journal of American Society of Horticulture Science*, v.119, p.669-677, 1994.
- Johnson, R. S.; Lakso, A. N. Approaches to modeling light interception in orchards. *HortScience*, v.26, p.1002-100, 1991.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola abril. <<http://www.ibge.gov.br/>>10 Jun. 2014.
- Mariscal, M. J.; Orgaz, F.; Villalobos, F. J. Modelling and measurement of radiation interception by olive canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.100, p.183-197, 2000.
- Oliveira, V. H. Cajucultura. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, p.1-3, 2008.
- Oyarzun, R. A.; Stockle, C. O.; Whiting, M. D. A simple approach to modeling radiation interception by fruit-tree orchards. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.142, p.12-24, 2007.
- Stephan, J.; Sinoquet, H.; Dones, N.; Haddad, N.; Talhouk, S.; Lauri, P.E. Light Interception and partitioning between shoots in apple cultivars influenced by training. *Tree Physiology*, v.28, p.331-342, 2008.
- Teh, C. B. S. Introduction to mathematical modeling of crop growth: How the equations are derived and assembled into a computer program. 1.ed. Boca Raton: Brown Walker Press, 2006. 256p.
- Whitehead, D.; Grace, J. C.; Godfrey, M. J. S. Architectural distribution of foliage in individual *Pinus radiata* D. Don crowns and the effects of clumping on radiation interception. *Tree Physiology*, v.7, p.135-155, 1990.