



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Estimativa e modelagem da resistência do dossel ao fluxos de vapor d' água em cultivo de soja na Amazônia

José P. R. Costa¹; Cleber A. Santos²; Gaglielly S. Costa²; Silvia A. E. Martins²; José C. Moraes³

¹ Meteorologista, Prof. Associado, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém – PA, Fone: (91)98248-4465, jpaulo@ufpa.br

² Graduandos em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém – PA. cleber_ufpa@yahoo.com.br

³ Eng. Civil, Prof. Adjunto, Faculdade de Meteorologia, UFPA, Belém – PA. carvalho@ufpa.br

RESUMO: A resistência da cultura ao fluxo de vapor d'água é avaliada a partir da resistência média dos estômatos medida em folhas individuais nos diferentes níveis das plantas e estendida para todo o dossel, ponderado pelo índice de área foliar. A resistência do dossel ao fluxo de vapor d'água em função de fatores do clima e do solo na cultura de soja foi analisada neste estudo. O estudo foi realizado no município de Paragominas, região nordeste do Pará (02° 38'S; 046° 27'W). A cultura de soja estudada foi a (*Glycine Max* (L.) Merrill), variedade Tracajá, durante o período de cultivo de fevereiro a junho de 2007. A resistência da cultura estimada (Rce) foi obtida a partir da medida do índice de área foliar e estimativa da resistência estomática a partir das variáveis atmosféricas, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor do ar e radiação global. A resistência da cultura modelada (Rcm) foi realizada através do modelo LAPS (Land-Air Parametrization Scheme) porque na sua estrutura computacional, tem como variáveis de entrada, além da medida índice de área foliar e das variáveis atmosféricas citadas acima, informações da resistência estomática máxima e mínima, capacidade de campo e ponto de murcha permanente. Na comparação entre valores estimados e modelados, o coeficiente de ajuste foi alto ($R^2 = 0,95$) e que o método estimativo com base somente em variáveis atmosféricas facilmente medidas mostrou desempenho satisfatório.

PALAVRAS-CHAVE: parametrização, laps, clima

Estimation and modeling of the canopy resistance to vapor flow of water in soybean cultivation in the Amazon

ABSTRACT: The crop resistance to the water vapor flow is evaluated from the average resistance of the stomatas of individual leafs at different levels on plants and extended to the entire canopy, weighted by the leaf area index. The canopy resistance to vapor flow as function of climate and soil factors in a soybean crop was analyzed in this study. The study was carry out in the municipality of Paragominas, Northeast region of Pará (02° 38'S; 046° 27 'W). The soybean crop studied was (*Glycine max* (L.) Merrill). Tracajá variety during the growing season from February to June 2007. The estimated crop resistance (Rce) was obtained from the measurements of leaf area index and and estimation of stomatal resistance from the atmospheric variables, air temperature and vapor pressure deficit and global radiation. The modeled crop resistance (Rcm) was by LAPS (Land-Air Parametrization Scheme) model, because to involve in its computational structure as input variables, beyond measurements leaf area index and atmospheric variables mentioned above, the maximum and minimum stomatal resistance, field capacity and wilting point. On comparison between values estimated and modeled, the coefficient was high ($R^2 = 0.95$) and that the estimated method based solely on weather variables easily observed showed significant performance.

KEYWORDS: parametrization, laps, climate

As transferências gasosas que ocorrem no sistema planta-atmosfera representam uma importante resposta fisiológica da vegetação às condições agronômicas predominantes realizadas através dos estômatos. Paiva et al. (2005), asseguram que o controle estomático é uma importante propriedade fisiológica, por meio do qual as plantas controlam sua perda de água, reduzindo a condutância estomática juntamente com as trocas gasosas, como forma de resposta da planta para diversos fatores, incluindo o estresse hídrico.

Na escala de folha individual, a resistência estomática é a grandeza que controla a abertura do estômato, que depende da condição e distribuição dos estômatos na superfície da folha e se constituindo no principal parâmetro fisiológico que explica o controle estomático na transpiração (Alves e Pereira, 2000). Na escala de dossel, tem-se a resistência da cultura ou da superfície foliar, que é obtida com base nas medições da resistência estomática média em diferentes níveis do dossel, ponderado pelo índice de área foliar como, grandeza que representa a resistência total do dossel às trocas gasosas, supostamente exercidas por todas as folhas e, juntamente com as condições aerodinâmicas do ar (dentro e sobre o dossel), modulam o fluxo de vapor d' água na interface planta-atmosfera. Devido às dificuldades operacionais para se avaliar a resistência do dossel em condições de campo, as formas comumente utilizadas são através métodos estimativos ou por meio de modelos computacionais. Em virtude da importância da modelagem das interações biosfera-atmosfera e do conhecimento da resposta fisiológica da planta e sua relação com importantes fatores atmosféricos, o principal objetivo desse estudo foi estimar e modelar a resistência do dossel aos fluxos de vapor d' água em cultivo de soja na Amazônia.

MATERIAIS E MÉTODOS

OS DADOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em área de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill, BRS cultivar Tracajá), semeada em fileiras no sentido norte-sul, obedecendo espaçamento de 0,50 metros entre fileiras e semeadura variando de 25 a 27 sementes por metro linear. O solo da área do estudo foi classificado como Latossolo amarelo argiloso de textura variando de franco-arenosa a muito argilosa. A semeadura ocorreu em 24 de fevereiro de 2007 e a colheita em 17 de junho do mesmo ano, totalizando 116 dias o ciclo de cultivo.

O MODELO LAPS

O LAPS (Land-Air Parametrization Scheme) é um modelo de superfície, com embasamento biofísico, que utiliza na sua estrutura computacional duas camadas de solo para descrever o transporte vertical da água no solo; utiliza também, as características morfológicas e fisiológicas da vegetação para obter os coeficientes e as resistências que governam os fluxos de calor e massa da superfície do solo para a atmosfera. Nas análises dos processos de transferência de solo nu e do dossel, as forçantes atmosféricas implementadas no modelo são: temperatura e umidade do ar em dois níveis, vento, radiação global, saldo de radiação, pressão atmosférica, e precipitação. Uma descrição detalhada do modelo LAPS pode ser encontrada em Mihailovic (1996) e Mihailovic, et al. (1996).

A resistência da cultura ao fluxo de vapor d' água é descrita por:

$$R_c = \frac{r_e}{IAF} \quad (1)$$

em que,

R_c - resistência da cultura ao fluxo de vapor d'água ($s\ m^{-1}$);

r_e - resistência estomática medida ou estimada ($s\ m^{-1}$);

IAF - Índice de área foliar ($m^2\ m^{-2}$).

O IAF foi determinado segundo Benicasa (2003). A partir da resistência estomática medida com porômetro de equilíbrio dinâmico (Licor – 1600) e seguindo metodologia proposta por Carneiro et al. (2008), a expressão derivada neste estudo para estima resistência estomática, com base na temperatura do ar, radiação global e déficit de pressão de vapor do ar durante a estação de cultivo foi:

$$r_e = 2811 e^{10,29(DPV.Ta.Rg^{-1})} \quad (2)$$

em que,

DPV – Déficit de pressão de vapor do ar (kPa);

Ta – Temperatura do ar ($^{\circ}C$);

Rg – Radiação global ($w\ m^{-2}$).

O modelo LAPS descreve a dependência da resistência estomática, em função das condições atmosféricas e tensão hídrica como:

$$r_e = r_{e\min} f_R [f_w f_T f_v]^{-1} \quad (3)$$

em que,

$r_{e\min}$ - resistência estomática mínima ($s\ m^{-1}$);

f_R , f_w , f_T e f_v - fatores de ajustamento que variam de 0 a 1 (adimensional);

O fator de dependência da resistência estomática à radiação solar é obtido por:

$$f_R = (1 + f) \left(\frac{f + r_{s\min}}{r_{e\max}} \right)^{-1} \quad (4)$$

em que,

f_R - fator de dependência da resistência estomática à radiação solar (adimensional)

f - fator radiativo (adimensional);

R_{gl} - o valor limite da radiação global, de 30 ($W\ m^{-2}$) para floresta e 100 ($W\ m^{-2}$) para cultura agrícola;

$r_{e\max}$ - resistência estomática máxima ($s\ m^{-1}$).

O fator radiativo é descrito por:

$$f = \frac{1,1Rg}{R_{gl}IAF} \quad (5)$$

O fator que expressa a dependência da tensão hídrica no solo na resistência estomática é parametrizado por:

$$f_w = \begin{cases} 1 & W_{\theta 1} > CC \\ 1 - \left(\frac{PMP}{W_{\theta 1}} \right)^{1,5} & PMP \leq W_{\theta 1} \leq CC \end{cases} \quad (6)$$

$$0 \quad W_{\theta_1} < PMP$$

em que,

f_w - fator de dependência da tensão hídrica no solo (adimensional);

W_{θ_1} - Teor de água no solo ($m^3 m^{-3}$)

PMP - Ponto de murcha permanente ($m^3 m^{-3}$);

CC – Capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$).

O fator que expressa a dependência da resistência estomática da temperatura do ar é descrito (Mihailović, et al, 1996) por:

$$f_T = 1,0 - 0,0016(298 - T_r) \quad (7)$$

em que,

f_T - fator de dependência da temperatura do ar na resistência estomática (adimensional);

T_r - temperatura do ar na altura de referência.

O fator que expressa a dependência da resistência estomática ao efeito do déficit de vapor do ar é descrito por:

$$f_v = 1 - \eta [e_*(T_f) - e_r] \quad (8)$$

em que,

f_v - fator de dependência da resistência estomática ao efeito do déficit de vapor do ar (adimensional);

$e_*(T_f)$ - Pressão de saturação do vapor à temperatura foliar (hPa);

e_r - pressão real de vapor à temperatura do ar (hPa);

η - parâmetro empírico, definido por:

$$\eta = 0,025 hPa^{-1} \quad (9)$$

A partir da Equação (1), determinou-se com auxílio das Equações (2 e 3), a resistência da cultura. Denominou-se de resistência da cultura estimada (R_{ce}), a substituição da (Eq.2) na (Eq.1) e resistência da cultura modelada (R_{cm}), a substituição da a (Eq.3) na (Eq.1).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra o curso médio diário da resistência da cultura estimada (R_{ce}) e modelado (R_{cm}) durante a estação de cultivo, referente as fase de crescimento vegetativo (15 a 53 DAS), linear (54 a 92 DAS) e maturação (93 a 105 DAS). Pode ser visto que na fase de crescimento vegetativo, quando a cobertura vegetal é baixa, ocorreu acentuado decaimento dos valores de R_{ce} e R_{cm} . Atribui-se que este fato seja decorrente da maior porcentagem de área descoberta de solo e menor IAF, aspectos característicos da fase inicial de cultivo. Na fase linear, período em que o dossel fechou e o IAF atingiu valor máximo foi percebida discreta variabilidade média diária tanto nos valores da R_{ce} quanto da R_{cm} , como consequência da diminuição tanto da resistência estomática média, quanto da área de solo exposto. Na fase maturação, os valores de R_{ce} e R_{cm} voltaram a crescer novamente, em consequência simultânea do aumento a resistência estomática pelo amadurecimento das folhas e diminuição do IAF com a queda das folhas maduras.

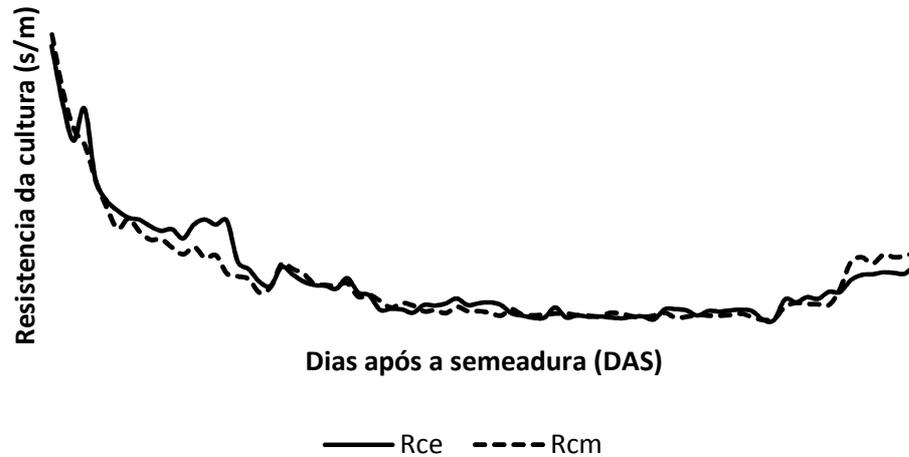


Figura 1. Curso médio diário da resistência da cultura estimado (Rce) e modelado (Rcm).

O gráfico de dispersão entre os valores da Rce e da Rcm (Figura 2) mostra que foi elevado o coeficiente de ajuste ($R^2 = 0,95$). A boa significância estatística entre valores estimados e modelados, pode se visto através do coeficiente angular da regressão próximo da unidade (0,952) e o coeficiente linear próximo de zero (0,014). Apesar de simples, o método estimativo da resistência da cultura com base somente em variáveis atmosféricas normalmente medidas nas estações meteorológicas, mostrou valores bem próximos daqueles obtidos através de cálculos mais complexos realizados pelo modelo computacional LAPS, o qual se mostrou mais realista por envolver nos cálculos simultaneamente, características físicas da atmosfera e condições hídricas do solo na obtenção da resistência da cultura.

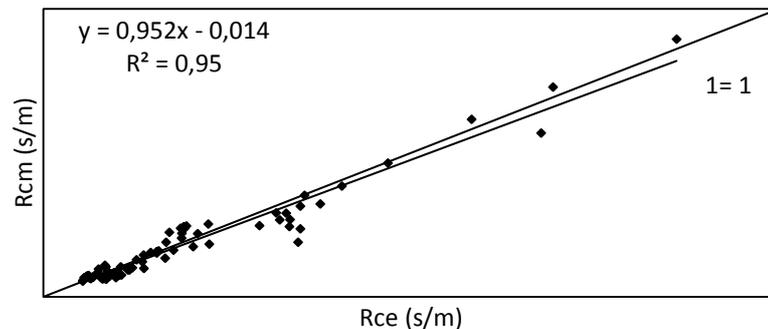


Figura 2. Dispersão entre valores da resistência da cultura estimados (Rce) e modelados (Rcm).

CONCLUSÕES

1. Os valores da resistência da cultura estimados e modelados não mostraram diferenças significativas ao longo da estação de cultivo;
2. Os valores modelados se mostraram mais realistas por envolver simultaneamente nos cálculos, características físicas da atmosfera e condições hídricas do solo;



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



3. O confronto entre valores estimados e modelados mostrou alta significância estatística;

4. O método estimativo com base somente em variáveis atmosféricas mostrou desempenho significativo na obtenção da resitância da cultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, I; Pereira, L.S. Modelling surface resistance from climatic variables. **Agricultural Water Management**, v. 42, p. 371-385, 2000.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. Jaboticabal: Funep, 2ª edição. 41p, 2003.

CARNEIRO, R.L. et al. Consumo de água em plantios de eucalipto: Parte 2 – Modelagem da resistência estomática e estimativa da transpiração em tratamentos irrigados e não irrigados. **Revista Árvore**. v. 32 (1), p.11-18, 2008.

MIHAILOVIĆ, D. T. Description of a land - air parametrization scheme (LAPS). **Global and Planetary Change**. v.13, p.207-215. 1996.

MIHAILOVIĆ, D. T.; RUMML, M. Design of a land - air parametrization scheme (LAPS) for modeling boundary layer surface process. **Meteorology and Atmosphere Physics**. v. 58, p.65-81. 1996.

PAIVA, A. S. et al. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Eng. Agríc. Jaboticabal**. v.25 (1), p.161-169, 2005.