

# MODELAGEM DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA A DIFUSÃO DE VAPOR D'ÁGUA DA GRAMA BATATAIS EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Gustavo Bastos LYRA<sup>1,4</sup>; Rafael Vasconcelos RIBEIRO<sup>1,5</sup>; Antônio Roberto PEREIRA<sup>2,6</sup>; Ricardo Ferraz de OLIVEIRA<sup>3</sup>; Alailson Venceslau SANTIAGO<sup>1,4</sup>

## INTRODUÇÃO

A resistência estomática ( $r_s$ ) a difusão de vapor d'água é um elemento importante em modelos de transpiração e evapotranspiração.

Segundo alguns autores (JARVIS, 1976; AVISSAR et al., 1985), o controle estomático é influenciado pela ação combinada de algumas variáveis ambientais, tais como, radiação fotossinteticamente ativa (RFA), déficit de pressão de saturação do vapor d'água do ar ( $DPV_{ar}$ ), temperatura da folha ( $T_f$ ), potencial de água na folha ( $\psi_f$ ) e no solo ( $\psi_s$ ) e concentração de  $CO_2$  ( $[CO_2]$ ).

JARVIS (1976) apresenta um modelo multiplicativo em que  $r_s$  é função do efeito de cada variável ambiental avaliada separadamente. A relação entre  $r_s$  e determinada variável pode ser obtida com experimentos em ambiente controlado. Assume-se não haver interação entre as variáveis independentes. Isso impossibilita inferir sobre qual variável é a principal responsável pelo controle estomático em condições de campo.

O objetivo do presente trabalho foi ajustar o modelo de Jarvis a resistência estomática da grama batatais em função da RFA e do  $DPV_{ar}$  sob condições de campo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Medidas do fluxo de vapor d'água foram realizadas em folhas de grama batatais (*Paspalum notatum* Flügge) completamente expandidas e em condições de campo, usando um analisador de gases por infra-vermelho em sistema aberto (LI-6400, LICOR, Lincoln, EUA). A condutância estomática ( $g_s$ ;  $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) foi calculada pelo software de análise de dados do LI-6400 de acordo com von CAEMMERER & FARQUHAR (1981). As medidas foram registradas quando o coeficiente total de variação se encontrava inferior a 0,01. A  $g_s$  foi analisada entre as 8:00 e 16:00 h, em intervalos de aproximadamente 1 h. A cada hora foram realizadas 7 medidas (repetições) em folhas distintas. A resistência estomática ( $s\ m^{-1}$ ) a difusão de vapor d'água foi determinada pelo inverso da condutância estomática ( $g_s$ ;  $m\ s^{-1}$ ), estimada por:

$$g_s = g_s \cdot \frac{R T_{ar}}{P_{atm}} \quad (1)$$

sendo, R a constante universal dos gases ideais ( $8,3143 \times 10^{-3}\ m^3\ kPa\ mol^{-1}\ K^{-1}$ );  $T_{ar}$  a temperatura do ar (K); e  $P_{atm}$  a pressão atmosférica (kPa).

Pressão atmosférica, radiação fotossinteticamente ativa ( $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ), temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ) e déficit de pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa) foram monitoradas pelo LI-6400, sendo amostradas simultaneamente com as trocas de vapor d'água. Devido à disposição e tamanho das folhas, as medidas foram

realizadas com auxílio de uma fonte de luz (6400-02 LED Light Source, LICOR, Lincoln, EUA) acoplada à câmara do LI-6400, ajustada para fornecer às folhas valores de RFA momentâneos. Foi possível amostrar a área foliar de  $6\ cm^2$  (área da câmara de fotossíntese do LI-6400) sem que o nível de radiação incidente fosse alterado devido à posição do aparelho.

O Modelo multiplicativo de JARVIS (1976) pode ser considerado primariamente função da radiação e do déficit de pressão de saturação (BAILLE et al., 1994, ALVES & PEREIRA, 2000), sendo expresso pela seguinte relação:

$$r_s = r_{s\_min} f_1(RFA) f_2(DPV_{ar}) \quad (2)$$

em que,  $r_{s\_min}$  ( $s\ m^{-1}$ ) é a resistência mínima, medida em ótima disponibilidade hídrica e ambiental e  $f_1(RFA)$  e  $f_2(DPV_{ar})$  são funções adimensionais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação diária da RFA e  $DPV_{ar}$ , durante o período do experimento, foi respectivamente entre 40 e 1988  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  e 1,7 e 3,5 kPa. A resistência estomática da grama batatais variou entre 157 e 2305  $s\ m^{-1}$ . A média diurna (entre 8:00 e 16:00 h) de  $r_s$  foi de 421 ( $\pm 489$ )  $s\ m^{-1}$ . Normalizando  $r_s$  pelo índice de área foliar (IAF) (BAILLE et al., 1994), e considerando o IAF de 2,88, para a grama com altura de aproximadamente 0,12 m (ALLEN et al., 1998), obtém-se uma resistência da superfície do dossel ( $r_c$ ) média de 146  $s\ m^{-1}$ . Esse valor é muito acima do apresentado por ALLEN et al. (1998) para a grama da superfície de referência (70  $s\ m^{-1}$ ) e do determinado por PERES et al. (1996) pela inversão do modelo de Penman-Monteith para a grama batatais na faixa de 60 a 80  $s\ m^{-1}$ .

A função adimensional de RFA melhor ajustada foi hiperbólica  $f_1(1,2 + 471/RFA)$ , com coeficiente de regressão  $r^2 = 0,9637$ . Reposta similar, para diversas culturas, foi observado por JARVIS (1976), BAILLE et al. (1994) e ALVES & PEREIRA (2000).

Diferenciando a equação ( $f_1$ ) em função de RFA ( $dr_s/drFA$ ), tem-se que a taxa de variação tende a zero para valores acima de 1000  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$  indicando, nesse caso, a máxima abertura dos estômatos. Enquanto que para valores abaixo de 100  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ,  $r_s$  apresenta os maiores valores, forçado pelo fechamento estomático.

A  $r_s$  não apresentou relação significativa, quando avaliada separadamente com o  $DPV_{ar}$ , para a escala observada no experimento (Figura 2), não sendo possível a aplicação do modelo de Jarvis. Isso mostra que a resposta da  $r_s$  foi mais sensível a RFA, com  $DPV_{ar}$  entre 1,7 e 3,5 kPa.

ALVES & PEREIRA (2000) observaram relação linear entre  $r_c$  e  $DPV_{ar}$ , com saldo de radiação acima de

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Física do Ambiente Agrícola, LCE/ESALQ/USP. Av. Pádua Dias, 11, CP 9. Piracicaba, SP – CEP: 13418 – 900. e-mail: [gblyra@esalq.usp.br](mailto:gblyra@esalq.usp.br); [rvribeir@esalq.usp.br](mailto:rvribeir@esalq.usp.br)

<sup>2</sup> Prof. Titular do Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP. e-mail: [arpereir@esalq.usp.br](mailto:arpereir@esalq.usp.br).

<sup>3</sup> Prof. Associado do Departamento Ciências Biológicas, ESALQ/USP.

<sup>4</sup> Bolsista CAPES; <sup>5</sup> Bolsista FAPESP; <sup>6</sup> Bolsista CNPq

500 W m<sup>-2</sup> e DPV<sub>ar</sub> entre 1,0 e 2,0 kPa, para a cultura da alface em condições de campo. ZOLNIER et al. (2001) avaliando  $r_s$  para níveis diversos níveis de radiação incidente e DPV<sub>ar</sub> entre 1,5 e 2,5 kPa, encontraram relação linear crescente entre  $r_s$  e DPV<sub>ar</sub>, em condições de ambiente controlado para poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*). Dessa forma, para conclusões mais gerais é necessário avaliar  $r_s$  para uma maior amplitude de DPV<sub>ar</sub>.

A superfície de resposta de  $r_s$  em função de RFA e DPV<sub>ar</sub> (Figura 3), apresentou R<sup>2</sup> = 0,9661 superior ao da curva de  $r_s$  em função apenas da RFA. Pela superfície, pode-se observar o efeito de DPV<sub>ar</sub> para níveis constantes de RFA, em que a resposta de  $r_s$  é linear e crescente (1,67 + 0,35 DPV<sub>ar</sub>), concordando com o discutido na literatura. Observa-se também que a resposta a RFA continua sendo hiperbólica.

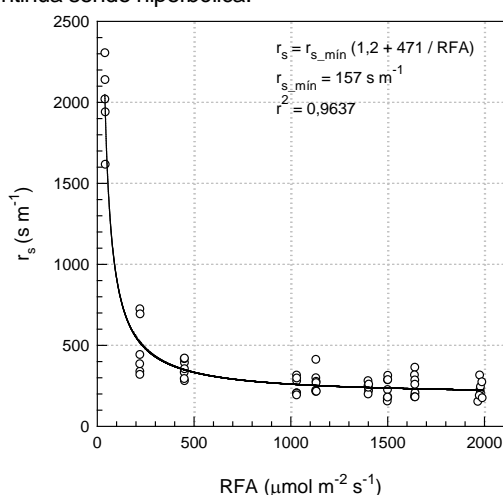


Figura 1 – Valores observados (○) para a variação da resistência estomática ( $r_s$ ) da grama em função da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

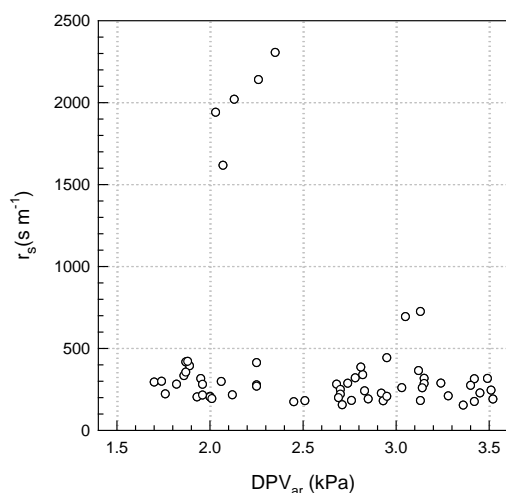


Figura 2 – Valores observados (○) da resistência estomática ( $r_s$ ) da grama em função do déficit de pressão de saturação (DPV<sub>ar</sub>).

## CONCLUSÕES

A resposta de  $r_s$  foi mais sensível a variação da RFA quando comparada a níveis de DPV<sub>ar</sub> entre 1,7 e 3,5 kPa. Sendo necessário a avaliação da  $r_s$  para amplitudes maiores de DPV<sub>ar</sub>.

O modelo de Jarvis apresentou ajuste satisfatório em função de RFA, apresentando tendência hiperbólica,

enquanto para o DPV<sub>ar</sub> avaliado separadamente não foi observado nenhuma tendência, porém a níveis constantes de RFA, sua resposta foi linear.

Valores acima de 1000 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> proporcionaram a máxima abertura estomática para a grama batatais, em que o estômato começa a responder a RFA superior a 100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

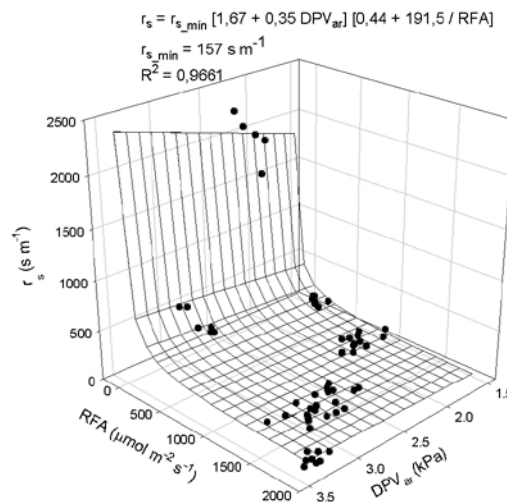


Figura 3 – Valores observados (●) e superfície de resposta para a variação da resistência estomática ( $r_s$ ) da grama em função do déficit de pressão de saturação do ar (DPV<sub>ar</sub>) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome, FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56)
- ALVES, I.; PEREIRA, L.S. Modelling surface resistance from climates variables?. **Agricultural Water Management**. Amsterdam, v. 42, p. 371-385, 2000.
- AVISSAR, R.; AVISSAR, P.; MAHRER, Y. et al. A model to simulate response of plant stomata to environmental conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 34, p. 21–29, 1985.
- BAILLE, M.; BAILLE, A.; LAURY, J.C. Canopy surface resistances to water vapour transfer for nine greenhouse pot plant crops. **Scientia Horticulturae**, v. 57, p. 143-155, 1994.
- JARVIS, P.G., The interpretation of the variations in leaf area water potential and stomatal conductance found in canopies in the field. **Phil. Transaction Royal Society London** v. 273, p. 595-610, 1976.
- PERES, G.J.; PEREIRA, A.R.; FRIZZONE, J.A.; VILLA NOVA, N.A. Determinação da resistência do dossel da grama para as condições de evapotranspiração potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 55-60, 1996.
- von CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G.D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, Berlin, v.153, p.376-387, 1981.
- ZOLNIER, S.; GATES, R.S.; GENEVE, R.L.; BUXTON, J.W. Surface resistances of rooted poinsettia cuttings under controlled-environment conditions. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 44, n.6, p. 1779-1787, 2001.