



## 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*

## **Relação entre as variáveis do modelo de Penman-Monteith modificado para plantas isoladas e os elementos meteorológicos na cultura da videira**



*Vágnia da Costa Pereira<sup>1</sup>; Gilberto Chohaku Sedyama<sup>2</sup>; Magna Soelma Beserra de Moura<sup>3</sup>; Thieres George Freire da Silva<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Eng. Agrônoma, Doutoranda em Meteorologia Agrícola, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa-MG, Fone: (31)3899-1901, vagna.pereira@ufv.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Depto. de Eng. Agrícola, UFV, Viçosa-MG

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Pesquisadora A, Embrapa Semiárido, Núcleo Temático Recursos Naturais, Petrolina-PE

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Depto. de Ciências Agrárias, UFRPE, Serra Talhada-PE

**RESUMO:** Objetivou-se analisar a relação entre as variáveis do modelo de Penman-Monteith modificado para plantas isoladas da cultura da videira “*Syrah*” e os elementos meteorológicos. Os dados utilizados neste estudo foram coletados em uma área comercial da Fazenda Ouro Verde, no primeiro semestre de 2010, localizada na região semiárida do município de Casa Nova, Bahia. Para determinação do saldo efetivo de radiação da copa ( $R_{nf}$ ); resistência aerodinâmica ( $r_a$ ); e resistência a difusão de vapor d’água ( $r_f$ ) foram usados modelos empíricos adaptados para plantas em renques. As variáveis meteorológicas radiação solar global ( $R_g$ ), velocidade do vento ( $V_v$ ) e déficit de pressão de vapor (DPV) foram obtidas por meio de uma estação automática instalada no centro da área experimental. Os resultados mostraram que há correlação linear entre  $R_{nf}$  e  $R_g$  com coeficiente de determinação de 0,97 ( $p < 0,05$ ), enquanto que a  $V_v$  e a  $r_a$  demonstraram relação de 99%, com tendência logarítmica. O DPV e a  $r_f$  apresentaram boa relação, sendo que o melhor ajuste entre as variáveis ocorreu por meio do modelo tipo logarítmico, com dois parâmetros, que apresentou coeficiente de determinação ( $r^2$ ) igual a 0,94. Conclui-se que há possibilidade de se estimar as variáveis  $R_{nf}$ ,  $r_a$  e  $r_f$  de plantas de videiras em renques, na escala diária a partir dos elementos meteorológicos  $R_g$ ,  $V_v$  e DPV. Entretanto, para utilização desses modelos em condições semelhantes ao do presente estudo, deve-se verificar os fatores relacionados à planta (densidade da folhagem, espaçamento, geometria da copa, direção dos renques, etc.), uma vez que as variáveis estimadas são totalmente dependentes desses fatores.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Vitis vinifera* L., correlação, semiárido.

### **RELATIONSHIP BETWEEN THE VARIABLES OF THE MODIFIED PENMAN-MONTEITH MODEL TO INDIVIDUAL PLANTS AND METEOROLOGICAL ELEMENTS IN VINEYARDS**

**ABSTRACT:** The objective was to analyze the relationship between the variables of the modified Penman-Monteith model to individual plants of the vine crop “*Syrah*” and the weather elements. The data used in this study were collected in a commercial area of *Fazenda Ouro Verde* in the first half of 2010, located in the semiarid region of the city of *Casa Nova*, Bahia. To determine the effective radiation balance above the canopy ( $R_{nf}$ ); aerodynamic resistance ( $r_a$ ); and resistance to water vapor diffusion, ( $r_f$ ) we used the empirical models adapted to plants cultivated in rows. The meteorological variables, solar radiation ( $R_g$ ), wind speed ( $V_v$ ) and vapor pressure deficit (VPD) were obtained by an automatic station installed in the center of the experimental area. The results showed that there is a linear relationship between  $R_{nf}$  and  $R_g$  with a determination coefficient of 0.97 ( $p < 0.05$ ), while  $V_v$  and  $r_a$  demonstrated a relationship of 99%, with a logarithmic trend. The DPV and the  $r_f$  presented good value and was highly significant with  $r^2$  of 0.94. It can be concluded that it is possible to estimate the  $R_{nf}$  from,  $r_a$  and  $r_f$  of vines tree plantations in rows, in the daily scale from the weather elements  $R_g$ ,  $V_v$  and DPV.



## 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*

However, to use these models to similar conditions of this study, one must check the factors related to plant (foliage density, spacing, crown geometry, direction of rows, etc.), since the estimated variables are totally dependent on these factors.

**KEY WORDS:** *Vitisvinifera*L., correlation, semi-arid

## INTRODUÇÃO

Entre os modelos empíricos utilizados no cômputo da quantidade de água requerida pela cultura, destaca-se o modelo da unicamada – “folhona” (“big leafmodel”) ou da transpiração máxima para plantas isoladas com base no modelo de Penman-Monteith (MONTEITH, 1965). Seu uso tem ampliado, principalmente para cultivos irrigados por micro-aspersão e gotejamento e para fruteiras que não cobrem totalmente o terreno.

As medidas das variáveis de entrada no modelo de Penman-Monteith (saldo de radiação efetivo da copa, resistência aerodinâmica e resistência à difusão de vapor d’água) são laboriosas em condições de campo, e por este motivo pode-se utilizar modelos que possibilitam as suas estimativas, visando sanar tais dificuldades. Contudo, com a disponibilidade de dados da cultura como a área foliar e dados meteorológicos, tais como: radiação solar global, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor, torna-se possível estimar todas as variáveis do modelo de Penman-Monteith modificado. Nesse trabalho, foram adotados valores de  $g_r = 10 \text{ mm s}^{-1}$ ,  $\alpha$  entre 0,2 e 0,3 kPa e  $\beta$  entre 59 e 79  $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , como sugeridos por Angelocci (1996), que atingiram as melhores estimativas da transpiração máxima em macieiras utilizando esses coeficientes. Estudos sobre a relação dessas variáveis com os elementos meteorológicos tornam-se essencial, uma vez que possibilitam melhor entendimento da interação planta-ambiente.

Objetivou-se com esse trabalho analisar a relação entre as variáveis do modelo de Penman-Monteith modificado para plantas isoladas da cultura da videira “*Syrah*” e os elementos meteorológicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área comercial da Fazenda Ouro Verde (latitude: 09°16’S; longitude: 40°51’O e altitude: 444 m), no primeiro semestre do ano de 2010. A área de 9 hectares selecionada foi plantada com a videira (*Vitis vinifera* L.), variedade “*Syrah*”, localizada na região semiárida do município de Casa Nova, Bahia. As variáveis meteorológicas radiação solar global ( $R_g$ ), velocidade do vento ( $V_v$ ) e déficit de pressão de vapor (DPV) foram obtidas por meio de uma estação automática instalada no centro da área experimental.

O saldo de radiação efetivo da copa, que expressa à energia por unidade de área foliar ( $R_{nf}$ ) foi obtido conforme a equação 1, proposta por Landsberg et al. (1975) e Butler (1976). No presente estudo a área projetada pelo dossel da videira em um espaçamento de 1,0 m x 3,0 m, correspondeu a aproximadamente 1,10  $\text{m}^2$ . Com isto, a fração do  $R_{nf}$  foi tomada como sendo 20% do saldo de radiação ( $R_n$ ) medido acima do dossel da cultura:

$$R_{nf} = 0,2 * R_n \quad (1)$$

em que: “ $R_{nf}$ ” é o saldo efetivo de radiação acima da copa ( $\text{MJ m}^{-2}$  de área foliar) e “ $R_n$ ” é o saldo de radiação medido ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ).

***O desafio do uso sustentável dos biomás brasileiros***

A resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) ao transporte de momentum entre a vegetação e o nível acima dela para plantas de videira, foi determinada por meio da relação empírica sugerida por Landsberb& Powell (1973), como segue a equação 2:

$$r_a = 58 p^{0,56} \left( \frac{d}{u} \right)^{0,5} \quad (2)$$

em que: “ $r_a$ ” é a resistência aerodinâmica a difusão de vapor ( $s\ m^{-1}$ ); “ $d$ ” é a dimensão característica das folhas (m); “ $u$ ” é a velocidade do vento a 2 m de altura ( $m\ s^{-1}$ ); “ $p$ ” é uma medida da densidade foliar “vista” pelo vento, que corresponde a aproximadamente a 20% da área foliar da cultura ( $p = 0,2 Af$ ).

A estimativa da condutância a difusão de vapor d’água ( $r_f$ ) foi determinada por meio do modelo descrito por Thorpe et al. (1980) (equação 3), tendo em vista que medidas porométricas são laboriosas e difíceis de serem executadas em condições de campo.

$$r_f = gr \left( \frac{1 - \alpha Da}{1 + \beta / RFA_f} \right) \quad (3)$$

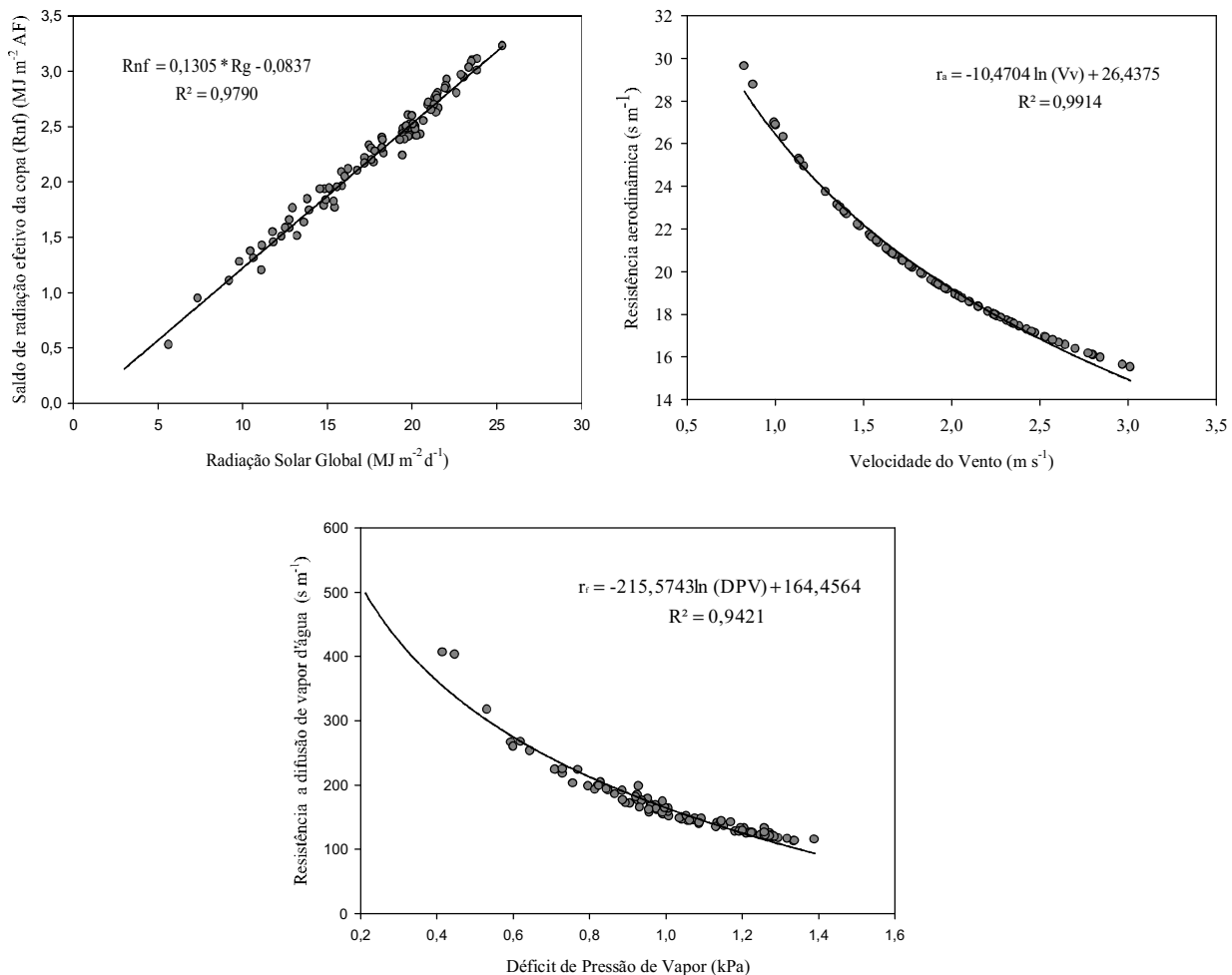
em que: “ $r_f$ ” é a resistência da cobertura das folhas a difusão de vapor ( $s\ m^{-1}$ ); “ $gr$ ” é condutância de referência ( $mm\ s^{-1}$ ); “ $Da$ ” é o déficit de pressão de vapor do ar (kPa); “ $RFA_f$ ” é a radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela cultura ( $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ); “ $\alpha$ ” e “ $\beta$ ” são coeficientes de ajuste.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis estimadas para utilização do modelo de Penman-Monteith modificado para plantas isoladas (saldo de radiação efetivo da copa,  $R_{nf}$ ; resistência aerodinâmica,  $r_a$ ; e resistência a difusão de vapor d’água,  $r_f$ ) e as relações com os elementos meteorológicos (radiação global,  $R_g$ ; velocidade do vento,  $V_v$ ; e déficit de pressão de vapor,  $DPV$ ), são apresentados nas Figuras 1.

Na Figura 1A pode ser observada a correlação entre as variáveis  $R_{nf}$  estimada por meio da equação sugerida por Landsberget al. (1975) e Butler (1976) e a radiação global incidente ( $R_g$ ). A relação linear entre  $R_{nf}$  e  $R_g$  resultou em boa correlação apresentando coeficiente de determinação ( $r^2 > 0,97$ ), com a equação de regressão significativa à 5% de probabilidade, demonstrando que a dispersão dos valores em torno da média foi de apenas 2,1%. Estes resultados indicam que há possibilidade de se estimar o saldo de radiação efetivo da copa de plantas de videiras em renques, na escala diária a partir de medidas de  $R_g$ . Entretanto, para utilização desse modelo em condições semelhantes à do estudo, deve-se verificar os fatores relacionados à planta (densidade da folhagem, espaçamento, geometria da copa, direção dos renques) uma vez que o  $R_{nf}$  é totalmente dependente dessas variáveis. As estimativas diárias de  $R_{nf}$  representaram, em média, 13,1% da  $R_g$ .

Na Figura 1B, pode-se observar a relação entre a velocidade do vento e a resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) estimada por meio do modelo de Landsberb& Powell (1973), para todo o ciclo da videira “*Syrah*” no Submédio do Vale do São Francisco. Constatou-se que o modelo do tipo logarítmico, com dois parâmetros, representou bem esta relação, com coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,99. Isto reflete um bom ajuste da curva aos dados observados. Verifica-se que os valores máximos de  $r_a$  ocorreram quando a velocidade do vento foi reduzida, sendo observado o inverso a medida que a velocidade do vento atingiu seus valores máximos. Segundo Marin (2003), o modelo de Landsberb& Powell (1973), para estimativa da  $r_a$ , é bastante sensível a velocidade do vento, em virtude da baixa variabilidade desse elemento meteorológico quando as medidas são realizadas a 1,5 m acima da copa da cultura, uma vez que este modelo considera a interferência mútua entre a folhagem, fator este que afeta a sua camada limite, favorecendo assim a redução da amplitude de variação da  $r_a$ .



**Figura 1.** Relação entre o saldo de radiação efetivo da copa (Rnf) e a radiação solar global (Rg) (A), velocidade do vento (Vv) e a resistência aerodinâmica (ra) (B) e do déficit de pressão de vapor (DPV) e a resistência a difusão de vapor d'água (rf) (C), durante o primeiro ciclo de produção da videira "Syrah", no Submédio do Vale do São Francisco, 2010.

O ajuste do modelo para estimativa diária da resistência à difusão de vapor d'água (rf) pode ser verificado na Figura 1C. Observa-se que a relação entre o DPV e a rf estimada pelo modelo descrito por Thorpe et al. (1980), apresentou bom desempenho e foi altamente significativa à 5% de probabilidade. Contudo, o melhor ajuste entre as variáveis ocorreu por meio do modelo tipo logarítmico, com dois parâmetros, que apresentou coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) igual a 0,94. Desse modo, constatou-se que apenas 5,8% dos dados analisados apresentaram dispersão em torno da média. Resultados inferiores foram verificados por Rogiers et al. (2009), que analisando a relação entre o DPV e rf em diferentes cultivares de videira, constataram R<sup>2</sup> igual a 0,60, com dados analisados à 1% de probabilidade, para a cv. "Syrah". Entretanto, Além disso, diferenças semelhantes em resposta estomática ao DPV entre cultivares já foi relatado também em outros estudos com videira (PRIETO et al., 2010).

Ainda na Figura 1C, verifica-se que as menores estimativas de rf foram observadas quando ocorreu aumento do DPV, que favoreceu uma relação não linear entre as variáveis. Este comportamento da resistência é contrário à condutância, uma vez quanto maior a demanda evaporativa do ar, menor serão



## 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*



os valores de  $r_f$ . Para todas as plantas, esta resposta da  $r_{rem}$  relação ao DPV é essencial, pois ocorre com o objetivo de evitar a perda excessiva de água pelas folhas e manter o potencial hídrico adequado, tendo em vista que menores valores de  $r_f$  podem aumentar a transpiração.

## CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que foi possível estabelecer equações bem ajustadas na escala diária entre as variáveis  $R_{nf}$ ,  $r_{ae}$  e  $r_{de}$  de plantas de videiras em renques e os elementos meteorológicos  $R_g$ ,  $V_v$  e DPV. As relações encontradas neste trabalho são específicas e a utilização desses modelos em condições semelhantes à do estudo estão condicionadas a fatores de crescimento e geometria de plantio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELOCCI, L.R. **Estimativa da transpiração máxima em macieiras (*Malus* spp) em pomares pelo método de Penman-Monteith.** 1996. 95f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

BUTLER, D.R. Estimation of the respiration rate in an apple orchard from net radiation and vapour pressure deficit measurements. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.16, p.277-289, 1976.

LANDSBERG, J.J.; POWELL, D.B.B. Surface exchange characteristics of leaves subject to mutual interference. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.13, p.169-184, 1973.

LANDSBERG, J.J.; BEADLE, C.L.; BISCOE, P.V.; BUTLER, D.R.; DAVIDSON, B.; INCOLL, L.D.; JAMES, G.B.; JARVIS, P.G.; MARTIN, P.J.; NEILSON, R.E.; POWELL, D.B.B.; SLACK, E.M.; THORPE, M.R.; TURNER, N.C.; WARRIT, B.; WATTS, W.R. **Diurnal energy, water and CO<sub>2</sub> exchanges in an apple (*Malus Pumila*) orchard.** *Journal of Applied Ecology*, v.12, p.659-683, 1975.

MARIN, F. R. **Evapotranspiração e Transpiração máxima em cafezal adensado**. 2003. 118 f. Tese (Doutorado Física do Ambiente Agrícola) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

MONTEITH, J. L. **Evaporation and the environment.** In: *The State and Movement of Water in Living Organisms*. XIX th Symposium of the Society for Experimental Biology, Swansea, UK. Cambridge University Press. p.205-234, 1965.

PRIETO, J.A.; LEBON, E. AND OJEDA, H. Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. **Journal International des Sciences de la Vignee et du Vin**, v.44, p.9–20, 2010.

ROGIERS, S.Y.; GREER, D.H.; HUTTON, R.J.; LANDSBERG, J.J. 2009. Does night-time transpiration contribute to anisohydric behaviour in a *Vitis vinifera* cultivar?. **Journal of Experimental Botany**, v.60, p.3751–3763, 2009.

THORPE, M.R.; WARRIT, B.; LANDSBERG, J.J. Responses of apple leaf stomata: a model for single leaves and a whole tree. **Plant, Cell and Environment**, v.3, p.23-27, 1980.