

ANÁLISE DE PARÂMETROS AERODINÂMICOS PARA O FEJJOEIRO EM DUAS CONDIÇÕES DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Romísio G.B. ANDRÉ¹, Anice GARCIA²,
Valdo S. MARQUES¹ & Francisca M.A. PINHEIRO¹

1. INTRODUÇÃO

Os parâmetros aerodinâmicos são muito importantes nos estudos de superfícies vegetadas, pois dão informações sobre o nível de absorção das diversas propriedades, tais como calor, vapor d'água, momentum, CO₂, etc., pela superfície considerada. Os parâmetros mais usados para se obter informações indiretas sobre o comportamento das plantas no uso da água e do calor são: altura da cultura (h), deslocamento do plano zero (d), parâmetro de rugosidade (z₀), resistência aerodinâmica (r_a) e resistência da cobertura vegetal. Uma das maneiras de se avaliar a relação entre estes parâmetros e o crescimento vegetal é efetuar medidas no meio de culturas. Diversos autores fizeram determinações desses parâmetros para diferentes superfícies, tais como de BRUIN & MOORE (1985), para florestas, VOLPE & BRUNINNI (1990) para a cultura do milho. BAILEY & DAVIES (1981) mostraram um procedimento para cálculo da resistência aerodinâmica, em condições de estabilidade neutra e Monteith estendeu o processo para qualquer condição de estabilidade (SILVA et al., 1995). Este trabalho procura mostrar as diferenças entre os parâmetros aerodinâmicos, durante o ciclo da cultura do feijão, para duas condições de disponibilidade hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a estação outono-inverno de 1999, na Área Experimental do Departamento de Horticultura da FCAV-UNESP - Câmpus de Jaboticabal, com latitude de 21°15'22"S, longitude de 48°18'58"W e altitude de 595 metros. O solo do local é Latossolo Roxo eutrófico. O clima (classificação de Köppen), é do tipo subtropical com inverno seco (Cwa), com precipitação média anual: 1400 mm, temperatura média anual: 22°C e umidade relativa média do ar: 70%.

A cultura estudada foi o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar IAC-Carioca. A sementeira foi realizada no dia 24/05/99. Cada parcela compreendeu uma área de 27 x 25 m, constituindo-se de 42 linhas de 25m de comprimento e espaçadas de 0,60 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. Em cada uma das parcelas foi realizado um tratamento de irrigação, sendo que em uma parcela a cultura foi mantida sem restrição de umidade (ANE), e na outra, a cultura foi submetida a situações de estresse hídrico através da supressão da irrigação (AE).

O sistema de irrigação adotado foi o de aspersão. As taxas de irrigações, foram baseadas no cálculo da Evapotranspiração máxima (ETM), com dados de evaporação do tanque Classe A. Os valores de kc utilizados foram os obtidos por SANTOS & ANDRÉ (1992), para os diversos estádios fenológicos da cultura do feijoeiro. A temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas com sistemas Vaisala modelo HMP35E. Os instrumentos foram montados em dois níveis, um junto do dossel vegetativo e outro a um metro acima do primeiro, permitindo-se, desta maneira, a obtenção dos gradientes de temperatura e umidade relativa. Para medida da velocidade do vento foram

utilizados dois anemômetros modelo Casela London MKIII, também montados em dois níveis, um junto ao dossel e outro 1 metro acima do dossel e um anemômetro (Met-One 014 A), a 3 metros acima do dossel, com a finalidade de se obter um perfil do vento e determinar os parâmetros aerodinâmicos da cultura: deslocamento do plano zero (d) e rugosidade (z₀). Foi utilizado o método em que d é obtido lançando-se em um gráfico ln(z-d) vs. u(z). O valor de d é aquele que lineariza perfeitamente o perfil. Como este valor é aproximado, foi utilizado, então, o método analítico (iterativo), através do perfil logaritmo do vento, aplicado a três níveis considerados z₁, z₂ e z₃, cujas velocidades do vento são u₁, u₂ e u₃, respectivamente. O correspondente valor do parâmetro de rugosidade (z₀) foi encontrado ao extrapolar-se a relação linear entre ln(z-d) e u(z) para u(z) = 0, em um determinado horário onde a atmosfera estava em estabilidade neutra (ANDRÉ, 1996).

Na parcela não estressada (ANE) o saldo de radiação foi obtido com um Saldo Radiômetro modelo Q-7 (REBS). Na parcela estressada foi utilizado o Saldo Radiômetro modelo NR-Lite (Sci.-Tec Inst). A temperatura do dossel vegetativo foi obtida com o auxílio de dois sensores de Infravermelho Everest Interscience Inc. modelo 4000-2H, um em cada parcela experimental. Os instrumentos foram instalados a 15 cm acima do dossel vegetativo da cultura, formando um ângulo de 45° com a normal. A transformação de voltagem para °C foi feita por: Y = 0,0556X - 17,778, em que Y é dado em °C e X em mV.

A resistência aerodinâmica foi obtida com base na expressão proposta por Monteith, citado por SILVA et al. (1995), válida para qualquer condição de estabilidade atmosférica:

$$r_a = \frac{\{\ln[(z-d)/z_0]\}^2}{k^2 u} \left[1 - \frac{5 \cdot g \cdot (z-d) \cdot (T_{kc} - T_{ka})}{T_{km} u^2} \right] \quad (1)$$

em que, d e z₀ representam respectivamente o deslocamento do plano zero (m) e o parâmetro de rugosidade da superfície (m), u é a velocidade média do vento obtida no nível z acima do solo, (m/s), g é a aceleração da gravidade (9,8 m/s²) e T_{kc}, T_{ka} e T_{km} representam, respectivamente, as temperaturas médias absolutas (K) do dossel da cultura, do ar e a média entre essas duas.

Para o cálculo da resistência da cobertura, numa condição de evapotranspiração potencial (r_{cp}) utilizou-se a metodologia proposta por O'TOOLE & REAL (1986), em que:

$$\bar{r}_{cp} = -\bar{r}_{ap} \left(\frac{\bar{s} + 1/b}{\gamma} + 1 \right) \quad (2)$$

em que, r_{ap} é o valor médio da resistência aerodinâmica em evapotranspiração potencial (s.m⁻¹):

$$\bar{r}_{ap} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot a}{Q^* \cdot b(\bar{s} + 1/b)} \quad (3)$$

¹ Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo. UENF - Macaé - RJ. romisio@furnas.gov.br

² Faculdade de Agronomia Dr. Francisco Maeda. Ituverava - SP. anice@cade.com.br

Tabela 1. Valores de altura da cultura (h), deslocamento do plano zero (d), parâmetro de rugosidade (zo), resistências aerodinâmica (ra) e da cobertura vegetal em evapotranspiração potencial (rcp), para duas condições de disponibilidade hídrica

	Parâm.	Estádios						médias	r ²
		DV 21/jul	FL 29/jul 03/ago		EG 11/ago 17/ago		MT 26/ago		
ANE	h	0,42	0,51	0,6	0,63	0,91	0,97	0,71 0,13	0,99 0,82
	d	0,27	0,361	0,421	0,456	0,652	0,719		
	zo	0,043	0,077	0,089	0,091	0,109	0,112		
	d/h (%)	0,65	0,71	0,7	0,72	0,72	0,74		
	zo/h (%)	0,1	0,15	0,15	0,14	0,12	0,12		
	ra	118,19	41,74		39,14		36,33		
	rap	22,69	19,71		19,1		25,26		
	rcp	20,96	22,89		25,66		11,72		
AE	h	0,33	0,47	0,5	0,51	0,79	0,82	0,76 0,16	0,97 0,98
	d	0,217	0,355	0,4	0,418	0,583	0,615		
	zo	0,065	0,075	0,084	0,079	0,101	0,122		
	d/h (%)	0,66	0,75	0,8	0,83	0,74	0,75		
	zo/h (%)	0,2	0,16	0,17	0,16	0,13	0,15		
	ra	29,67	20,69		23,82		16,86		

em que, a e b são os coeficientes obtidos na regressão entre $(T_c - T_a)$ e DPV , Q^* é o saldo de radiação ($W.m^{-2}$), \square_s é o valor médio da tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água em relação à temperatura do ar ($kPa. ^\circ C^{-1}$), ρ a massa específica do ar ($kg.m^{-3}$), c_p o calor específico do ar à pressão constante ($J.kg^{-1}. ^\circ C^{-1}$) e γ a constante psicrométrica ($kPa. ^\circ C^{-1}$)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para h , d , z_o , r_a e r_{cp} , para as duas condições de disponibilidade hídrica, podem ser visualizados na Tabela 1.

De acordo com esta tabela, a correlação entre h e d é muito alta ($r^2 = 0,99$ e $r^2 = 0,97$), tanto para a cultura sem restrição de umidade como aquela submetida a estresse hídrico. Para a correlação entre h e z_o encontrou-se $r^2 = 0,82$ e $r^2 = 0,98$ respectivamente, para as condições acima descritas. Foram encontradas as relações $d = 0,71 h$ e $z_o = 0,13h$, para condições de boa disponibilidade hídrica e de $d = 0,76h$ e $z_o = 0,16h$ para cultura submetida a estresse hídrico. Em literatura há citação dessas relações para milho, com valores de $d = 0,71h$ e $z_o = 0,20 h$ (VOLPE & BRUNINNI, 1990) e $d = 0,70 h$ e $z_o = 0,19 h$, (ANDRÉ, 1996).

Os valores da resistência aerodinâmica são sistematicamente mais elevados para o caso da cultura mantida sem restrição de umidade, resultados observados também por JALALI-FARAHANI et al (1994) e que esses autores atribuíram à existência de umidade as diferenças entre as duas áreas de $T_c - T_a$ usados no fator de correção de estabilidade na equação 1.

Os valores são crescentes até o enchimento de grãos, voltando a decrescer. Quanto a resistência da cobertura à evapotranspiração potencial, a mesma apresenta um comportamento crescente até o estágio de enchimento de grãos, voltando a decrescer até a maturação fisiológica. Valores crescente de r_{cp} , também foram observados por O'TOOLE & REAL para a cultura do arroz, até o final do

enchimento de grãos.

4. CONCLUSÕES

- Os parâmetros aerodinâmicos apresentaram diferenças entre a ANE e a AE com relações: $d = 0,71 h$ e $z_o = 0,13h$ e de $d = 0,76h$ e $z_o = 0,16h$ respectivamente.

- A resistência aerodinâmica apresentou valores maiores na ANE com valores decrescentes com o desenvolvimento da cultura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, R.G.B. Um estudo dos transportes verticais de momentum, calor sensível e vapor d'água sobre superfície vegetada nos trópicos. São José dos Campos, 1981. 112p. Tese (Doutorado em Meteorologia)-INPE/MCT.
- ANDRÉ, R.G.B. *Aspectos energéticos e hídricos da cultura do milho (Zea mays L.) na região de Jaboticabal, SP.* Jaboticabal, 1996, 96 p. Tese (Livro-docência). FCAV:UNESP.
- BRUIN, H.A.R. de. MOORE, C.J. Zero plane displacement and roughness length for tall vegetation, derived from a simple mass conservation hypothesis. *Boundary-Layer Meteorol.*, Dordrecht, v.31, p.39-49, 1985.
- JALALI-FARAHANI, H.R. et al. Evaluation of resistances for bermudagrass turf crop water stress index models. *Agronomy Journal*, Madison, v.86, n.3, p.574-81, 1994.
- O'TOOLE, J.C., REAL, J.G. Estimation of aerodynamic and crop resistances from canopy temperature, *Agronomy Journal*, Madison, v.78, p.305-10, 1986.
- SANTOS, R.Z., ANDRÉ, R.G.B. Consumo de água nos diferentes estádios de crescimento da cultura do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.4, p.543-8, 1992.
- SILVA, B.B., et al. Quantificação do estresse hídrico em algodoeiro herbáceo com termometria infravermelha. *Rev. Bras. de Agromet.*, Santa Maria, v. 3, p.45-51, 1995.