

## **EFEITO DA VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE PENMAN-MONTEITH/FAO NO CONSUMO DE ÁGUA PELO FEIJÃO CAUPI**

R. A. O. LEÃO<sup>1</sup>; R. O. BATISTA<sup>2</sup>; B. G. LEAL<sup>3</sup>; A. A. SOARES<sup>4</sup>; D. O. NUNES<sup>5</sup>; J. A. SOUZA<sup>6</sup>

**RESUMO:** Este trabalho teve por objetivo analisar o efeito das mudanças climáticas no consumo de água pelo feijão caupi por meio da variação dos parâmetros da equação de Penman-Monteith. Foram realizadas simulações do manejo da irrigação em três texturas de solo nas condições climáticas do município de Jaguaruana-CE. A evapotranspiração de referência foi estimada com dados meteorológicos sub e superestimados em 5, 10 e 15%. Conforme os resultados, conclui-se que o consumo de água pela cultura do caupi é mais sensível às variações da umidade relativa e da temperatura máxima do ar. O efeito da variação climática no consumo de água pela cultura nos solos de textura média é menor do que nos de textura arenosa e argilosa. Os resultados evidenciam a importância do uso de dados meteorológicos de boa qualidade para o manejo da irrigação tendo em vista a necessidade de conservar este recurso e a sua crescente escassez.

**PALAVRAS-CHAVE:** irrigação, análise de sensibilidade, *Vigna unguiculata*.

## **EFFECT OF VARIATION FROM PARAMETERS OF THE EQUATION PENMAN-MONTEITH/FAO ON CONSUMPTION OF WATER FOR CAUPI BEANS**

**SUMMARY:** This work carried out to analyze the effect from variation of parameters of the equation Penman-Monteith on consumption of water for caupi beans. The management of irrigation was simulated in three texture of soil in the in the climatic conditions of the city of Jaguaruana-CE. The evapotranspiration of reference was estimate with meteorological data sub and overestimated in 5, 10 and 15%. The resulted showed that the water consumption for the culture from caupi beans is more sensible to the variations of the relative humidity and the maximum temperature of air. The effect of the climatic variation in the water consumption for the culture in soil of average texture is lesser of that in the ones of sand and loam texture. The results showed the importance of the use of

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Doutorando em Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa - MG, (0XX31) 38991938, e-mail: alipioleao@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Doutorando em Eng. Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG

<sup>4</sup> Prof. Titular, Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG

<sup>5</sup> Eng. Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Depto. de Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa - MG

meteorological data of good quality for management of irrigation in view of the necessity to conserve this resource and its increasing scarcity.

**KEYWORDS:** irrigation, sensibility analysis, *Vigna unguiculata*.

## INTRODUÇÃO

O manejo racional da irrigação se reveste de grande importância nos cenários de escassez e de competição pelos recursos hídricos, conforme sinalizado pelas mudanças climáticas em curso, em escala planetária. A maior eficiência na irrigação permite redução nos custos de produção e maior disponibilidade de água para outras atividades.

O município de Jaguaruana, no Estado do Ceará, localiza-se na região do baixo Jaguaribe cuja irrigação demanda 72,94% de toda a demanda hídrica pelos diferentes usos. A irrigação no município demanda em média  $2.960.500 \text{ m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}$ , perfazendo 40,5% de toda a demanda hídrica, precedida pela carcinicultura com 54,7% e na frente da piscicultura, consumo humano e industrial com 2,7, 1,7 e 0,4%, respectivamente (FIGUEIREDO et al., 2004). Em 2005, o município produziu 572 ton de feijão, com rendimento médio de  $408 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (IBGE). O consumo de água do feijão caupi varia de 300 a 450 mm/ciclo, em função da cultivar, solo e clima (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

O balanço volumétrico para o planejamento da irrigação é realizado considerando a evapotranspiração a qual é função das características da cultura, do meio e do clima. Os principais parâmetros climáticos que afetam a evapotranspiração são temperatura, radiação, umidade atmosférica e velocidade do vento e é através da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) que se expressa a força evaporativa da atmosfera (ALLEN et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito da variação dos parâmetros climáticos da equação de Penman-Monteith no consumo de água pelo feijão caupi.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG. Realizaram-se simulações do manejo da irrigação do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivado em três texturas de solo (arenosa-Arn, média-Med e argilosa-Arg) nas condições climáticas do município de Jaguaruana-CE. As principais características dos diferentes solos estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de porosidade, densidade, capacidade de campo (CC), ponto de murchamento (PM) e disponibilidade total de água no solo (DTA)

Textura	Porosidade		Densidade		CC		PM		DTA	
	(%)		(g.cm <sup>-1</sup> de solo)		(% em peso)		(% em peso)		(mm.cm <sup>-1</sup> de solo)	
	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa	Média
Arn	32-42	37	1,55-1,80	1,68	10-20	15	6-14	10	0,6-1,0	0.8
Méd	43-49	46	1,35-1,50	1,43	21-37	29	11-24	18	1,4-1,7	1.7
Arg	51-55	53	1,20-1,30	1,25	39-49	44	22-22	26	2,0-2,5	2.3

Fonte: Modificado de Bernardo et al. (2006). Classe de textura do solo: arenosa (Arn), média (Méd) e argilosa (Arg).

Considerou-se o ciclo da cultura de 75 dias, compatível com o das cultivares de ciclo médio (71 a 90 dias), subdividido em quatro estádios, sendo o estágio I ou inicial de 15 dias, o estágio II ou de desenvolvimento vegetativo de 25 dias, o estágio III ou de produção de 25 dias e o estágio IV ou final de 10 dias. No cálculo da irrigação real necessária (IRN), considerou-se a profundidade efetiva do sistema radicular (Z) de 30 cm. A Embrapa Meio-Norte determinou experimentalmente que a utilização de Z igual a 20 cm em Teresina-PI e Parnaíba-PI não causa problemas déficit hídrico (ANDRADE JÚNIOR et al., 2002).

Os coeficientes de cultura (Kc) para cada estágio de desenvolvimentos da cultura do feijão foram os identificados por ALLEN et al. (1998) citado por BARBOSA (2005) como adequados para a cultura na região do Baixo Jaguaribe, quais sejam: 0,4 durante todo o estágio I, variando linearmente de 0,4 a 1,15 para o estágio II, constante em 1,15 para o estágio III e variando linearmente de 1,15 a 0,35 no estágio IV.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) a cada dia do período considerado (01/06 a 15/08/2006) foi obtida através do método de Penman-Monteith/FAO (ALLEN et al. 1998). Os dados de entrada foram temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), temperatura mínima (T<sub>mín</sub>), umidade relativa (UR), velocidade do vento (V<sub>v</sub>) e insolação (Ins) dos meses considerados, no período de 1979 a 1988, obtidos na estação meteorológica de Jaguaruana (código 00437007) situada às coordenadas 4°47'S e 37°46'W (CABRAL, 2000). A ET<sub>o</sub> foi obtida com valores de T<sub>máx</sub>, T<sub>mín</sub>, UR, V<sub>v</sub> e Ins sub e superestimados em 5, 10 e 15%.

Simulou-se o manejo da irrigação pelo método do balanço volumétrico, com o auxílio de uma planilha eletrônica. O coeficiente de umidade do solo (K<sub>s</sub>) foi estimado conforme proposto por Bernardo, segundo a Equação 1 (BERNARDO et al., 2006):

$$K_s = \frac{\ln(LAA + 1,0)}{\ln(CTA + 1,0)} \quad (1)$$

em que LAA é a lâmina atual de água no solo, em mm e CTA é capacidade total de água no solo, em mm.

A Evapotranspiração da cultura foi obtida a partir da ETo, Kc e do Ks, conforme a Equação 2 (BERNARDO et al., 2006):

$$ETc = ETo \cdot Kc \cdot Ks \quad (2)$$

Adotou-se o critério de realizar as irrigações necessárias sempre antes da umidade do solo atingir a umidade crítica para a cultura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão as alterações no consumo de água pela cultura do caupi, devido à alteração nos dados climáticos. A maior alteração ocorreu com o aumento em 15% da UR, em solo argiloso, reduzindo-o em 395,6 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Esta variação foi seguida pela aumento no consumo de água de 387,5 e 381,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> devido ao aumento, respectivamente, de 10 e 15% na Tmáx em solo argiloso. O menor efeito no consumo de água deveu-se à redução em 15% da Ins, aumentando em 0,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> o consumo de água e à redução em 5% na Vv a qual provocou um aumento em 1,0 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> tanto em solo argiloso como de textura média.

A variação para mais nos parâmetros de clima levou também a aumentos no consumo de água, exceto para a UR, como era esperado. No entanto, geralmente, a variação para mais provocou impacto maior de que a variação para menos. O efeito do aumento da UR provocou uma redução média no consumo de 202,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo a redução de 73,3; 196,3 e 336,9 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> devidas ao acréscimo em 5, 10 e 15%, respectivamente. O aumento médio no consumo de água ocorreu na ordem de maior para menor intensidade na Tmáx, Ins, Tmín e Vv (258,8; 155,1; 132,6 e 49,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Desconsiderando-se a textura do solo, a redução nos parâmetros do clima ocasionou pequenos aumentos médios no consumo de água, exceto na redução da Tmáx, reduzindo-o. Mesmo para a Tmax, observou-se o aumento em 27,1 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> com a redução em 5%, devendo-se a redução média no consumo à redução em 58,3 e 21,4 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> para reduções em 15 e 10%, respectivamente. A redução na UR causou o maior aumento no consumo de água, comparada às reduções nos demais parâmetros (74,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), seguida da Ins (11,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>), Vv (6,8 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) e Tmin (5,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>).

O efeito da variação nos dados do clima foi sempre menor no solo de textura média do que nos solos argiloso e arenoso, a exceção da UR. A Vv e a UR causaram maior

alteração no consumo de água em solos arenosos, aumentando no primeiro caso e diminuindo no segundo. A variação da Tmin, Tmax e Ins provocaram maior efeito no consumo de água em solos argilosos, geralmente incrementando o mesmo.

Tabela 2 - Alteração no consumo de água pela cultura do feijão caupi, em decorrência da alteração nos dados climáticos.

Condições climáticas	Textura do Solo	LL (mm)	Efeito no consumo (m³.ha⁻¹)	Condições climáticas	Textura do Solo	LL (mm)	Efeito no consumo (m³.ha⁻¹)	
Real	Arg	282,85		Real	Arg	282,85		
	Arn	274,75			Arn	274,75		
	Méd	281,93			Méd	281,93		
5 (43,0)	Arg	281,28	-15,7	-15 (-0,7)	Arg	284,97	21,2	
	Arn	285,88	111,3		Arn	274,77	0,2	
	Méd	285,28	33,5		Méd	279,59	-23,4	
Ins (155,1)*	10 (174,0)	Arg	316,27	Ins (11,3).	10 (21,7)	Arg	286,43	35,8
	Arn	287,04	122,9		Arn	278,52	37,7	
	Méd	288,44	65,0		Méd	281,09	-8,4	
15 (248,3)	Arg	316,27	334,2	-5 (13,0)	Arg	287,09	42,3	
	Arn	289,75	150,0		Arn	274,58	-1,7	
	Méd	308,01	260,8		Méd	281,76	-1,7	
5 (180)	Arg	316,89	340,3	-15 (-58,3)	Arg	282,67	-1,9	
	Arn	287,67	129,2		Arn	262,17	-125,8	
	Méd	288,98	70,5		Méd	277,21	-47,2	
Tmax (258,8)	10 (295,1)	Arg	321,60	Tmax (-17,5).	10 (-21,4).	Arg	285,59	27,3
	Arn	295,08	203,3		Arn	267,31	-74,4	
	Méd	311,38	294,5		Méd	280,22	-17,1	
15 (305,4)	Arg	320,95	381,0	-5 (27,1).	Arg	286,96	41,1	
	Arn	307,72	329,7		Arn	279,07	43,2	
	Méd	301,28	193,5		Méd	281,63	-3,0	
5 (50,9)	Arg	285,32	24,7	-15 (-21,4).	Arg	285,58	27,3	
	Arn	285,02	102,7		Arn	267,32	-74,3	
	Méd	284,48	25,5		Méd	280,22	-17,1	
Tmin (132,6)	10 (166,1)	Arg	314,69	Tmin (5,3).	10 (23,9).	Arg	286,65	37,9
	Arn	287,68	129,3		Arn	278,75	40,0	
	Méd	286,98	50,5		Méd	281,31	-6,2	
15 (180,8)	Arg	316,96	341,1	-5 (13,4).	Arg	287,13	42,8	
	Arn	287,72	129,7		Arn	274,62	-1,3	
	Méd	289,09	71,6		Méd	281,81	-1,2	
5 (-73,3)	Arg	285,71	28,6	-15 (177,0).	Arg	316,57	337,1	
	Arn	259,86	-148,9		Arn	287,34	125,9	
	Méd	271,98	-99,5		Méd	288,72	67,9	
UR (-202,2)	10 (-196,3)	Arg	286,63	UR (74,2).	10 (50,0).	Arg	285,22	23,7
	Arn	242,51	-322,4		Arn	284,92	101,7	
	Méd	251,51	-304,2		Méd	284,38	24,5	
15 (-336,9)	Arg	243,30	-395,6	-5 (-4,4).	Arg	283,33	4,8	
	Arn	238,23	-365,2		Arn	272,46	-22,9	
	Méd	256,93	-250,6		Méd	282,42	4,9	
5 (45,3)	Arg	284,74	18,9	-15 (-18,4).	Arg	285,89	30,4	
	Arn	284,46	97,1		Arn	267,61	-71,4	
	Méd	283,92	19,9		Méd	280,52	-14,1	
Vv (49,3)	10 (47,7)	Arg	281,64	Vv (6,8).	10 (25,1).	Arg	286,77	39,1
	Arn	286,44	116,9		Arn	278,86	41,1	
	Méd	285,76	38,3		Méd	281,43	-5,0	
15 (55,0)	Arg	283,00	1,5	-5 (13,7).	Arg	287,15	43,0	
	Arn	285,52	110,7		Arn	274,64	-1,0	
	Méd	287,22	52,9		Méd	281,83	-1,0	

\* Os valores entre parênteses referem-se à média do consumo de água em m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, o consumo de água pela cultura do caupi é mais sensível às variações da UR e da Tmax. O efeito da variação climática no consumo de água pela cultura nos solos de textura média é menor do que nos de textura arenosa e argilosa. Quando a irrigação é realizada com base na equação de Penman-Monteith/FAO para determinação da ETo, os dados climatológicos devem ser obtidos com a maior exatidão possível para evitar o déficit ou o excesso hídrico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration (guideline for computing crop water requirements)**. (série FAO Irrigation and Drainage Paper, 56). Rome: FAO, 1998. 300 p.

ANDRADE JÚNIOR, A. R.; SANTOS, A. A.; SOBRINHOS, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B.; VIANA, F. M. P.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. S.; ROCHA, M. M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão caupi** (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002 (Sistemas de Produção 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#feijao>> Acesso em 02 jun. 2007.

BARBOSA, F. C. Estimativa das necessidades de irrigação e avaliação do impacto da cobrança pelo uso de recursos hídricos na bacia do Baixo Jaguaribe-CE. 2005. 115f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2005.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 Ed. Viçosa-MG: Ed. UFV. 2006.

CABRAL, R. C. Evapotranspiração de referência de Hargreaves (1974) corrigida pelo método de Penman-Monteith/FAO (1991) para o Estado do Ceará. 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2000.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; GONDIM, R. S.; SABOIA, L. F. Gestão da demanda hídrica em municípios do Médio e Baixo Jaguaribe. **Revista do Centro de Ciências Administrativa**, Fortaleza, v. 10, n. 1, p. 81-96. 2004.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <[ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Producao\\_Agricola\\_Municipal\\_Cereais\\_Leguminosas\\_Oleaginosas/2005/](ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_Cereais_Leguminosas_Oleaginosas/2005/)> Acesso em 02 jun. 2007.