

Área: Irrigação e Drenagem

ESTRATÉGIAS ÓTIMAS DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTIVAR BRS GUARIBA DE FEIJÃO-CAUPI

**Herbert Moraes Moreira Ramos¹; Edson Alves Bastos²; Aderson Soares Andrade Júnior²; Waldir
Aparecido Marouelli³; Valdenir Queiroz Ribeiro²**

¹ Eng. Agrônomo, Professor, Universidade Federal do Piauí, Campus da Socopo - Teresina - PI, moreiramos@uol.com.br

² Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, Teresina-PI.

³ Eng. Agrícola, Pesquisador Embrapa Hortaliças, Caixa Postal 218, CEP 70359-970 Brasília, DF.

Resumo - O objetivo deste trabalho foi definir estratégias ótimas de irrigação para a cultivar BRS Guariba de feijão-caupi, considerando-se a água como fator limitante da produção e diferentes valores para o preço do produto. O experimento foi conduzido na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, entre setembro e novembro de 2009. Foram avaliadas cinco lâminas de irrigação, estabelecidas com base em frações da evapotranspiração de referência (25, 50, 75, 100 e 125% da ETo) e a cultivar BRS Guariba de feijão-caupi. Aplicou-se a irrigação por sistema de aspersão convencional fixo. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. As lâminas de irrigação entre 285,0 a 448,9 mm maximizam a receita líquida na faixa de variação de preço do produto entre US\$ 1,00 e 2,00 kg⁻¹.

Palavras-Chave: *Vigna unguiculata*, evapotranspiração, manejo de irrigação.

Introdução

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma das principais fontes de proteína para grande parte da população das regiões Norte e Nordeste do Brasil e é cultivado, predominantemente, por agricultores familiares.

Atualmente, pesquisas realizadas por instituições públicas, como a Embrapa, têm permitido o lançamento de cultivares de feijão-caupi, as quais possuem, além de resistência às diversas doenças, caracteres agrônômicos altamente favoráveis à produção de grãos secos (FREIRE FILHO et al., 2006; FREIRE FILHO et al., 2005). Porém, existe uma grande carência de informações sobre o manejo ótimo da água de irrigação para a obtenção do máximo rendimento físico e econômico da cultura.

De acordo com Andrade Júnior et al. (2002), um dos elementos básicos para estudos econômicos relativos ao planejamento de irrigação é a obtenção da função de resposta de produção da cultura à água. A partir da função de resposta, é possível obter a solução ótima para uma determinada combinação insumo-produto, que possa maximizar a receita líquida do produtor.

Segundo Frizzone (1993), a definição de estratégias ótimas de irrigação, com base na análise econômica de funções de produção, pode considerar duas situações. A primeira onde a disponibilidade de terra é o único fator limitante da produção e a água pode ser adquirida e aplicada a um custo unitário constante. A regra da otimização agroeconômica preconiza que a lâmina de água aplicada deva maximizar a receita líquida por unidade de área. Na segunda situação a disponibilidade de água é o único fator que limita a produção. Nesta condição, a quantidade de terra é relativamente abundante e não limitante. A regra da otimização é atingir a máxima receita líquida por unidade de volume de água. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi definir estratégias ótimas de irrigação da cultivar BRS Guariba de feijão-caupi, considerando-se a água como fator limitante da produção e diferentes valores para o preço do produto.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (5°05'S e 42°29'W, a 72 m de altitude), entre setembro e novembro de 2009. Avaliou-se a cultivar BRS Guariba de feijão-caupi. O semeio da cultivar, realizado em 10/9/2009, foi feito com plantadeira manual, no espaçamento de 0,7x0,2 m. A adubação de fundação foi realizada com base na análise de solo e consistiu na aplicação de 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Vinte dias após a semeadura, aplicaram-se 20 kg ha⁻¹ de N em cobertura. A irrigação foi efetuada por sistema de aspersão convencional fixo, com aspersores espaçados em 12x12 m.

Foram avaliadas cinco lâminas de irrigação, estabelecidas em função das seguintes frações da evapotranspiração de referência (ET_o): 25, 50, 75, 100 e 125% da ET_o. A ET_o foi estimada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998) e os dados climatológicos foram obtidos em estação agrometeorológica automática. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Os tratamentos de irrigação foram iniciados a partir do trigésimo primeiro dia após a semeadura e se estenderam até a colheita. Cada tratamento foi constituído por quatro blocos, formados por sete fileiras de plantas de 7,0 m de comprimento.

As funções de produção água-cultura para o feijão-caupi foram determinadas ao se relacionar as lâminas de irrigação aplicadas com as produtividades de grãos secos obtidas, conforme Bernardo (1998). Para tal, utilizou-se a seguinte função de produção água-cultura do tipo polinomial de segundo grau: $Y(w) = a_1 + b_1 + c_1 w^2$, em que: $Y(w)$ é a produtividade de grãos secos; w é a lâmina de água; e a_1 , b_1 e c_1 são os coeficientes da equação de regressão. Para a função de custo de produção linear, assumiu-se, como condição simplificadora, que a soma dos custos fixos com os custos indiretamente dependentes da quantidade de água aplicada é constante, conforme English (1990): $C(w) = C_o + C_w \times W$, em que: $C(w)$ é o custo total de produção por unidade de área irrigada (US\$ ha⁻¹); C_o é a soma dos custos fixos com os custos indiretamente dependentes da irrigação (US\$ ha⁻¹); C_w é o custo da água de irrigação (US\$ mm⁻¹ ha⁻¹); e W é a lâmina de irrigação (mm).

Para a determinação das estratégias ótimas de irrigação, utilizou-se a metodologia proposta por English (1990), que consiste na definição das lâminas máxima, ótima e equivalente para cada combinação de preço do produto e custo da água. A lâmina máxima (W_m) proporciona a máxima produtividade fisiológica; a lâmina ótima (W_o), a máxima receita líquida por volume de água aplicado, para um dado preço do produto (P_c) e preço da água (C_w); e a lâmina equivalente (W_e) proporciona uma receita líquida igual à lâmina máxima, conforme descrito pelas equações a seguir: $W_m = -b_1/2a_1$; $W_o = (P_c a_1 - a_2)^{1/2} / P_c \times c_1$ e $W_e = -Z + [Z^2 - 4P_c c_1 (P_c a_1 - a_2)^{1/2}] / P_c \times c_1$, sendo: $Z = P_c b_1^2 - 4a_2 c_1 + 4P_c a_1 c_1 / 2b_1$, em que: a_1 , b_1 e c_1 são os coeficientes da função de produção; a_2 e b_2 são os coeficientes da função de custo; e P_c é o preço do produto.

A receita líquida, para cada combinação de preço do produto (P_c) e preço da água (C_w), foi determinada com uso da equação (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001): $RL = [P_c Y_{w_i} - (C_o + C_w W_i)] / 10W_i$, em que: RL é a receita líquida obtida com a aplicação da lâmina W_i (US\$ m⁻³); P_c é o preço do produto (US\$ kg⁻¹); Y_{w_i} é a produção obtida com a aplicação da lâmina W_i (kg ha⁻¹); C_o é a soma dos custos fixos com os custos indiretamente dependentes da irrigação (US\$ ha⁻¹); C_w é o custo da água de irrigação (US\$ mm⁻¹ ha⁻¹); e W_i é a lâmina máxima, ótima ou equivalente de irrigação (mm).

Para o cálculo da água economizada pela irrigação $\Delta(W_i)$, da área adicional $\Delta(A)$ e da produção adicional $\Delta Y(w)$, utilizaram-se as equações: $\Delta(W_i) = W_m - W_i$; $\Delta(A_i) = (\Delta(W_i)/W_i)$ e $\Delta Y(w) = \Delta(A_i) \times Y_{w_i}$, em que: ΔW_i é a água economizada com a aplicação da lâmina, W_i (mm), em comparação à aplicação da lâmina máxima;

W_m é a lâmina máxima (mm); W_i é a lâmina ótima ou equivalente de irrigação (mm); $\Delta(A_i)$ é a área adicional para irrigação com a água economizada (ha); $\Delta Y(w)$ é a produção adicional obtida com a aplicação da lâmina economizada (kg ha^{-1}); e Y_{w_i} é a produção obtida com a aplicação da lâmina ótima ou equivalente (kg ha^{-1}).

O preço da água estimado em função do preço do quilowatt-hora (kWh) de energia elétrica, em outubro de 2010, foi de R\$ 0,320 kWh^{-1} ou US\$ 0,188 kWh^{-1} (ELETROBRÁS DISTRIBUIÇÃO PIAUÍ, 2009), convertido em dólar à taxa de câmbio R\$ 1,70 por US\$ 1,0, que representa o valor cobrado para a tarifa rural irrigante sem os subsídios da Lei Estadual de incentivo à irrigação. O consumo médio de energia elétrica, para cada lâmina de irrigação, foi obtido em função do tempo de irrigação durante o experimento de campo.

Assim, os custos da água para cada lâmina de irrigação avaliada, que expressou apenas o custo de energia para bombeamento, foram obtidos pela seguinte equação: $C_w = (CEE/LL) \times P_e$, em que: C_w é o custo da água de irrigação ($\text{US\$ mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$); CEE é o consumo de energia elétrica durante o ciclo da cultura (kWh ha^{-1}); LL é a lâmina de irrigação total aplicada (mm); e P_e é o preço do quilowatt-hora de energia elétrica ($\text{US\$ kWh}^{-1}$).

O custo médio de produção do feijão-caupi (C_o), tendo-se excetuado o custo da água de irrigação, considerado na análise, foi de US\$ 882,35 ha^{-1} , para condições de solo arenoso e de baixa fertilidade natural do Estado do Piauí (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003).

Considerou-se que o valor histórico da saca de feijão-caupi é de US\$ 33,84 (FREIRE FILHO et al., 2005) e que no período de janeiro de 2008 a julho de 2010, no mercado atacadista de Teresina, o preço variou de US\$ 1,00 a US\$ 2,00 por quilo.

A colheita foi realizada aos 65 dias após semeadura, ao final as vagens foram debulhadas e foi avaliada a produtividade de grãos secos corrigida para 13% de umidade. As análises de regressão foram efetuadas utilizando-se o programa computacional estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

Resultados e Discussão

As frações de 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETo resultaram na aplicação das seguintes lâminas líquidas de água de irrigação: 165 mm (L1), 206 mm (L2), 243 mm (L3), 296 mm (L4) e 342 mm (L5), respectivamente.

A função de produção água-cultura para o feijão-caupi, cultivar BRS Guariba, ajustou-se a uma equação polinomial quadrática (Figura 1). Pela equação ajustada, a lâmina de irrigação que proporcionou a máxima produtividade física de grãos foi de 449 mm ($1.580,67 \text{ kg ha}^{-1}$). Resultados semelhantes também foram obtidos Andrade Júnior et al. (2002), ao observarem uma resposta quadrática da cultivar BR-17 Gurguéia à irrigação, tendo alcançado a maior produtividade de grãos de 2.809 kg ha^{-1} com uma lâmina de 449,1mm.

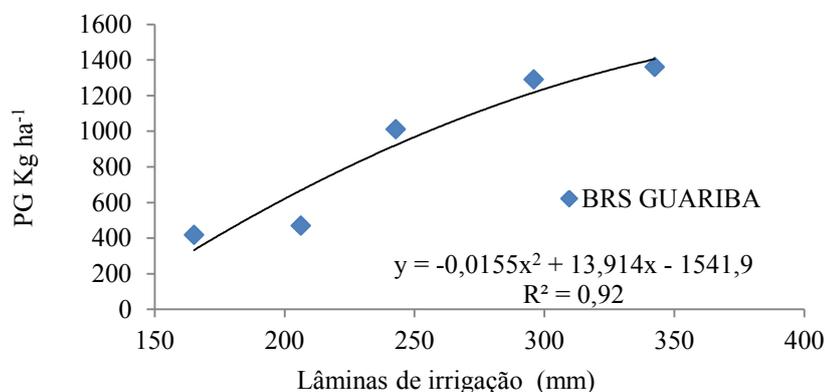


Figura 1. Produtividade de grãos seco da cultivar de feijão caupi BRS Guariba, em função das lâminas de irrigação aplicadas.

A estratégia ótima de irrigação e os valores das lâminas máxima, ótima e equivalente, bem como as respectivas receitas líquidas, foram obtidas em razão das diferentes combinações de preço do feijão-caupi e custo fixo de água, para a cultivar avaliada (Tabela 1).

Tabela 1. Estratégias de irrigação, lâminas máxima, ótima e equivalente e respectivas receitas líquidas (RL), com as diferentes combinações de preço do produto, ao se considerar o custo da água (Cw) de US\$ 1,25 ($\text{mm}^{-1} \text{ha}^{-1}$).

Preço do produto (US\$ kg^{-1})	$W_{(1)}$ (mm)	$Y(w)$ (kg ha^{-1})	RL (US\$ m^{-3})	$\Delta W^{(i)}$ (mm)	ΔA (ha)	$\Delta Y^{(w)}$ (kg/ha^{-1})
1,00	448,8	1580,67	0,03	0	0	0
	395,5	1536,54	0,04	53,36	0,12	182,67
	348,5	1424,50	0,03	100,38	0,22	318,57
1,25	448,8	1580,67	0,12	0	0	0
	380,8	1508,94	0,14	68,03	0,15	228,70
	323,1	1335,60	0,12	125,74	0,28	374,17
1,50	448,8	1580,67	0,21	0	0	0
	370,7	1486,06	0,24	78,13	0,17	258,67
	306,2	1265,25	0,21	142,65	0,32	402,13
1,75	448,8	1580,67	0,29	0	0	0
	363,3	1467,33	0,34	85,51	0,19	279,55
	294,1	1209,57	0,29	154,73	0,34	416,99
2,00	448,8	1580,67	0,38	0	0	0
	357,7	1451,89	0,44	91,15	0,20	294,85
	285,0	1164,84	0,38	163,79	0,36	425,08

(1) W_i , lâmina máxima, ótima ou equivalente de irrigação; $Y(w)$, produtividade de grãos; $\Delta W^{(i)}$, água economizada pela irrigação; $\Delta(A)$, área adicional para irrigação com a água economizada; e $\Delta Y^{(w)}$, produção adicional obtida com a aplicação da lâmina economizada.

Os valores inferiores para cada preço do produto representam as W_e , enquanto os valores superiores correspondem às lâminas que maximizam a produção (W_m) e os centrais representam as lâminas que otimizam a receita líquida (W_o).

Os intervalos de lâmina de irrigação que maximizaram a receita líquida para a produção de grãos secos foram de 285 a 449 mm, ao se considerar a faixa de preços de US\$ 1,00 a US\$ 2,00.

Os valores das lâminas ótimas (W_o) e equivalentes (W_e) foram obtidos em função da variação do preço do feijão-caupi (Figura 2). Verificou-se que à medida que o preço do produto aumenta, as lâminas W_o e W_e diminuem, o que aumenta o intervalo de manejo econômico da água. Dessa forma, a economia de água com a aplicação de W_o ou W_e varia de acordo com o preço do produto. Comportamento semelhante foi verificado por Andrade Júnior et al. (2002).

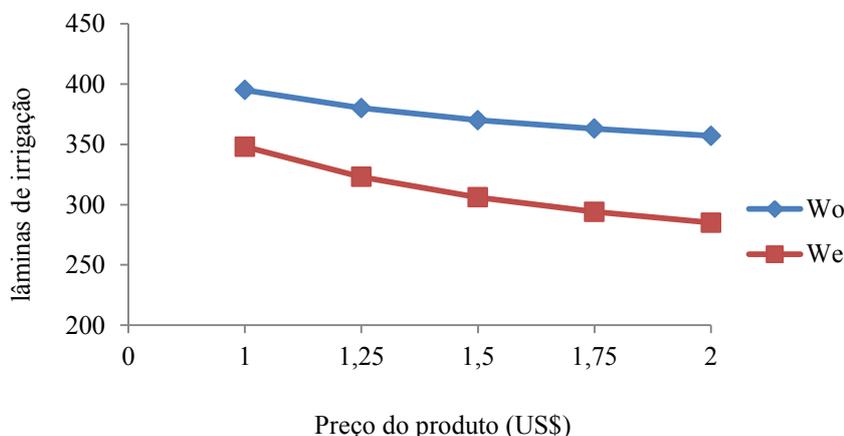


Figura 2. Lâminas de água ótima (W_o) e equivalente (W_e) em função do preço do produto.

Observa-se que o preço do produto a US\$ 1,00 o quilo, a lâmina ótima é de 395,5 mm o que corresponde a uma economia de água de 53,36 mm, em relação à lâmina para irrigação que proporcionou a máxima produção física 448,8mm. Com esta economia de água, é possível aumentar em 0,12 ha a área a ser irrigada, gerando uma produtividade adicional de 182,67 kg/ha⁻¹. Observa-se ainda que, dentro dos intervalos de preço definido, à medida que o preço do produto aumenta, torna-se mais recomendável a adoção da irrigação com déficit. Ressalta-se que a qualidade dos grãos secos, não foi afetada pela adoção da estratégia para o manejo econômico da irrigação.

Conclusões

A adoção de estratégia para o manejo econômico da irrigação do feijão-caupi, da cultivar BRS Guariba, visando a produtividades de grãos, mostra-se plenamente viável na faixa de variação de preço de produto de US\$ 1,00 kg⁻¹ a US\$ 2,00 kg⁻¹ com intervalos de lâmina de irrigação entre 285,0 a 448,9 mm.

Referências

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; SANTOS, A. A. dos; SOBRINHOS, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. de B.; PINTO VIANA, F. M.; FREIRE FILHO, F. R.; CARNEIRO, J. da S.; ROCHA, M. de M.; CARDOSO, M. J.; SILVA, P. H. S. da.; RIBEIRO, V. Q. **Cultivo de feijão-caupi**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2003. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoCaupi/coeficientestecnicos.htm>>. Acesso em: 18 nov. 2009.
- ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J. BASTOS, E. A.; MELO F. de B. Níveis de irrigação na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.
- ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; FRIZZONE, J.A.; BASTOS, E.A.; CARDOSO, M.J.; RODRIGUES, B.H.N. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.2, p. 301-305, 2001.
- BERNARDO, S. Irrigação e produtividade. In: FARIA, M.A. de (Coord.). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: SBEA: UFLA,1998. p.117-132.
- ELETROBRÁS DISTRIBUIÇÃO PIAUÍ. **Tarifas** – set/2009. Teresina: Cepisa, 2009. Disponível em: <http://www.cepisa.com.br/cepisa/sv_tarifas.php>. Acesso em: 20 dez. 2009.
- ENGLISH, M.J. Deficit irrigation. I. Analytical framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.116,p.339-412, 1990.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2005. 519 p.
- FREIRE FILHO, R. F.; ROCHA, M. D. M.; BRIOSO, P. S. T.; RIBEIRO, V. Q. 'BRS Guariba': white-grain cowpea cultivar for the mid-north region of Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 6, n. 2, p. 175-178, June 2006.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**.Piracicaba: ESALQ, 1993. 42p.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT user's guide**. Version 8.1.Cary, 2002. v. 1, 890p.14.