

## ESTRATÉGIAS ÓTIMAS DE IRRIGAÇÃO PARA A CULTIVAR BRS 1030 NA PRODUÇÃO DE MILHO VERDE

HERBERT M. M. RAMOS<sup>1</sup>, EDSON A. BASTOS<sup>2</sup>, FÁBIO N. NASCIMENTO<sup>3</sup> ADERSON S. ANDRADE JUNIOR<sup>2</sup>; WALDIR A. MAROUELLI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Assistente, UFPI, Campus da Socopo - Teresina - PI, [moreiraramoss@hotmail.com](mailto:moreiraramoss@hotmail.com)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Meio-Norte, Teresina-PI.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Pós-Graduando, UFPI, Campus da Socopo - Teresina - PI.

<sup>4</sup>Engenheiro Agrícola, Pesquisador Embrapa Hortaliças, Brasília, DF.

Apresentado no  
 XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013  
 04 a 08 de agosto de 2013 - Fortaleza - CE, Brasil.

**RESUMO:** O manejo da irrigação das culturas, geralmente, é feito para atender plenamente à demanda hídrica pelas plantas, com vistas à maximização da produção. Entretanto há carência de informações sobre um manejo de irrigação considerando a avaliação econômica. O objetivo deste trabalho foi definir estratégias ótimas de irrigação para cultivar BRS 1030 na produção de milho verde, considerando-se a água como fator limitante da produção e diferentes valores para o preço do produto, como maximizar a receita líquida por unidade de volume de água. O experimento foi conduzido na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, entre setembro e novembro de 2009. Foram aplicadas cinco lâminas de irrigação, com base em frações da evapotranspiração de referência (25, 50, 75, 100 e 125% da ETo). Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. A função de produção água-cultura ajustou-se a equação polinomial quadrática. A máxima produtividade de espigas verdes com palha (14.144,72 kg ha<sup>-1</sup>) foi estimada com as lâminas de irrigação 369,7 mm. As lâminas de irrigação entre 272,5 a 369,7 mm maximizam a receita líquida. O manejo econômico mostra-se viável na faixa de variação de preço de produto de US\$ 0,20 kg<sup>-1</sup> a US\$ 0,90 kg<sup>-1</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação econômica, espiga verde, *zea mays*.

## OPTIMAL STRATEGIES OF IRRIGATION FARMING OF BRS 1030 TO PRODUCTION GREEN CORN

**ABSTRACT:** The irrigation management of crops is used in order to satisfy the crop water demand, for maximizing the production. However, there is a lack of information about irrigation management under the economic scope. The objective of this work was to define optimal strategies for irrigation of BRS 1030 in the production of corn, considering water as a limiting factor of production and different values for the price of the product, how to maximize the net revenue per volume unit of water. The experiment was carried out at EMBRAPA Meio-Norte, in the city of Teresina, state of Piauí, from September to November 2009. Five irrigation levels were applied, based on reference evapotranspiration fractions (25, 50, 75, 100 and 125% of the ETo). This experiment was a randomized block design, with four replications. The production function water-culture was adjusted to the quadratic polynomial equation. The maximum yield of husked green ears (14,144.72 Kg ha<sup>-1</sup>) was estimated with the 369.7 mm irrigation levels. The water levels between 272.5 and 369.7 mm maximize the net revenue. The economic management proves to be viable in the range of variation in the product price from US\$ 0.20 Kg<sup>-1</sup> to US\$ 0.90 Kg<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** Economic evaluation, green corn, *zea mays*.

**INTRODUÇÃO:** O milho (*Zea mays* L.) é utilizado na alimentação humana, na forma de grãos secos ou verdes. O cultivo do milho-verde é uma atividade praticamente exclusiva de pequenos e médios agricultores, constituindo-se em uma importante fonte de emprego e renda regional (PEREIRA FILHO, 2008). Atualmente, pesquisas realizadas por instituições públicas, como a Embrapa, têm permitido o lançamento de cultivares de milho, as quais possuem, além de resistência às diversas doenças, caracteres agrônômicos altamente favoráveis à produção de milho-verde (PARENTONI, et

al., 2004). 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 para cultivar BRS 1030 na produção de milho verde, considerando-se a água como fator limitante da produção e diferentes valores para o preço do produto, como maximizar a receita líquida por unidade de volume de água.

**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), no período de setembro a novembro de 2009. Avaliou-se a cultivar BRS 1030 na produção de milho verde. O plantio foi realizado em 10/9/2009, utilizando-se plantadeira manual. A adubação de fundação foi realizada com base na análise de solo. 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<sub>o</sub>): 25, 50, 75, 100 e 125% da ET<sub>o</sub>. A ET<sub>o</sub> foi estimada pelo método de Penman-Monteith. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela constou de seis fileiras de 7,0 m de comprimento espaçadas de 0,80 m e 0,25 m dentro das fileiras, mantendo uma planta por cova, após o desbaste. As funções de produção agrocultura para o milho verde foram determinadas ao se relacionar as lâminas de irrigação aplicadas com as produtividades de espigas verdes com palha obtidas, conforme BERNARDO (1998). 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). 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 receita líquida, para cada combinação de preço do produto (P<sub>c</sub>) e preço da água (C<sub>w</sub>), foi determinada com uso da equação (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001):  $RL = [P_c Y_{w_i} - (Co + C_w W_i)] / 10W_i$ , em que: RL é a receita líquida obtida com a aplicação da lâmina W<sub>i</sub> (US\$ m<sup>-3</sup>); P<sub>c</sub> é o preço do produto (US\$ kg<sup>-1</sup>); Y<sub>w<sub>i</sub></sub> é a produção obtida com a aplicação da lâmina W<sub>i</sub> (kg ha<sup>-1</sup>); Co é a soma dos custos fixos com os custos indiretamente dependentes da irrigação (US\$ ha<sup>-1</sup>); C<sub>w</sub> é o custo da água de irrigação (US\$ mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>); e W<sub>i</sub> é a lâmina máxima, ótima ou equivalente de irrigação (mm). Para o cálculo da água economizada pela irrigação Δ(W<sub>i</sub>), da área adicional Δ(A) e da produção adicional ΔY(w), utilizaram-se as equações: Δ(W<sub>i</sub>) = W<sub>m</sub> - W<sub>i</sub>; Δ(A<sub>i</sub>) = (Δ(W<sub>i</sub>)/W<sub>i</sub>) e ΔY(w) = Δ(A<sub>i</sub>) × Y<sub>w<sub>i</sub></sub>, em que: ΔW<sub>i</sub> é a água economizada com a aplicação da lâmina; W<sub>i</sub> (mm), em comparação à aplicação da lâmina máxima, W<sub>m</sub> é a lâmina máxima (mm); W<sub>i</sub> é a lâmina ótima ou equivalente de irrigação (mm); Δ(A<sub>i</sub>) é a área adicional para irrigação com a água economizada (ha); ΔY(w) é a produção adicional obtida com a aplicação da lâmina economizada (kg ha<sup>-1</sup>); e Y<sub>w<sub>i</sub></sub> é a produção obtida com a aplicação da lâmina ótima ou equivalente (kg ha<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup> ou US\$ 0,188 kWh<sup>-1</sup> (ELETROBRÁS DISTRIBUIÇÃO PIAUÍ, 2009), convertido em dólar à taxa de câmbio R\$ 1,70 por US\$ 1,0. O custo médio de produção do feijão-caupi (Co), tendo-se excetuado o custo da água de irrigação, considerado na análise, foi de US\$ 1176,5ha<sup>-1</sup>. Considerou-se que o valor da espiga de milho verde no período de janeiro de 2008 a julho de 2010, no mercado atacadista de Teresina, o preço variou de US\$ 0,20 a US\$ 0,90 a espiga de milho com palha. 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 166 mm (L1), 209 mm (L2), 255 mm (L3), 304 mm (L4) e 341 mm (L5), respectivamente. A análise de regressão para a produtividade de espigas verdes com palha ajustou-se a uma equação polinomial quadrática, onde a lâmina de irrigação que proporcionou a máxima produtividade física de espigas verdes foi a de 369,7 mm com máxima produtividade igual a 14.144,7 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1).

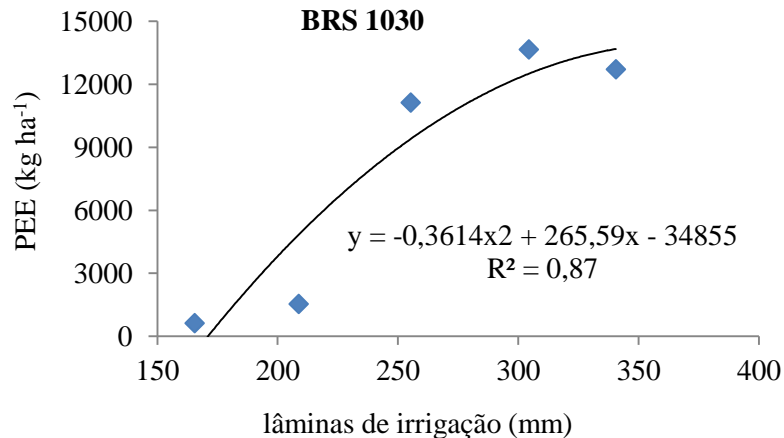


FIGURA 1. Produtividade espiga empalhada (PEE) em função lâminas de irrigação aplicadas.

As estratégias ótimas de irrigação e os valores das lâminas máxima, ótima e equivalente, bem como as respectivas receitas líquidas, foram obtidos em razão das diferentes combinações de preço da espigas verdes com palha e custo fixo de água (Tabela 01). Os valores inferiores para cada preço do produto representam as lâminas equivalentes  $W_e$ , enquanto os valores superiores correspondem às lâminas que maximizam a produção ( $W_m$ ) e os centrais representam as lâminas que otimizam a receita líquida ( $W_o$ ). O intervalo de lâminas de irrigação que maximizaram a receita líquida para a produção de espigas verdes foi de 272,5 a 369,7 mm, ao se considerar a faixa de preços de US\$ 0,20 a US\$ 0,90. Observa-se que o preço do produto a US\$ 0,50 o quilo, a lâmina ótima é de 322,0 mm o que corresponde a uma economia de água de 47,75 mm, em relação à lâmina para irrigação que proporcionou a máxima produção física 369,7 mm. Com esta economia de água, é possível aumentar em 0,13 ha a área a ser irrigada, gerando uma produtividade adicional de 1826,63 kg ha<sup>-1</sup>. Observa-se ainda que, dentro do intervalo de preços definido, à medida que o preço do produto aumenta, torna-se mais recomendável a adoção da irrigação com déficit. Os valores das lâminas ótimas ( $W_o$ ) e equivalentes ( $W_e$ ) foram obtidos em função da variação do preço da espigas verdes com palha (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.

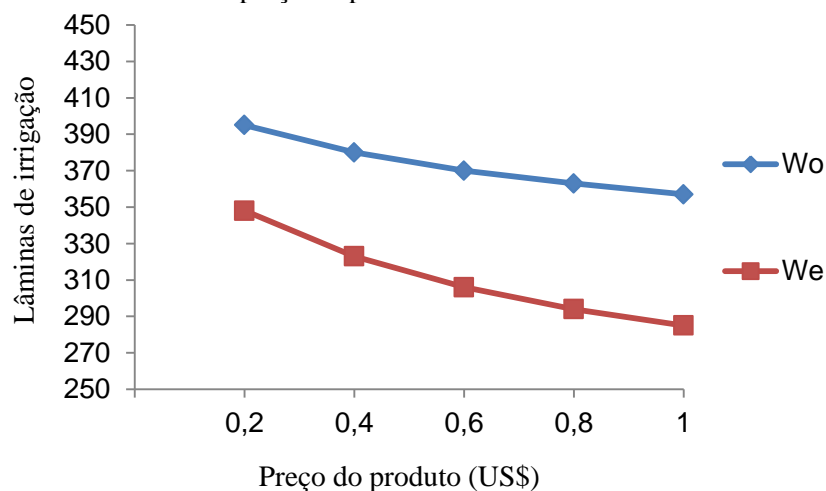


FIGURA 2. Lâminas de água ótima ( $W_o$ ) e equivalente ( $W_e$ ) em função do preço do produto.

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\$ 1,38(mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>).

Pc1	a	b	c	W	Y	RL	Δw	ΔA	ΔY(w)
0,20	-0,0714	48,33089	-8108,9	369,7	14144,72	0,31	0,00		
				337,0	13761,90	0,33	32,75	0,09	1252,71
				307,2	12746,06	0,31	62,59	0,17	2394,48
				369,7	14144,72	0,69	0,00		
0,30	-0,1071	70,90538	-11575,1	328,8	13544,71	0,74	41,00	0,11	1568,32
				292,3	12003,40	0,69	77,45	0,21	2962,75
				369,7	14144,72	1,07	0,00		
				324,5	13415,35	1,15	45,20	0,12	1729,13
0,40	-0,1428	93,47988	-15041,3	284,9	11572,99	1,07	84,87	0,23	3246,89
				369,7	14144,72	1,46	0,00	-	
0,50	-0,1785	116,0544	-18507,5	322,0	13330,78	1,57	47,75	0,13	1826,63
				280,4	11295,84	1,46	89,33	0,24	3417,37
				369,7	14144,72	1,84	0,00	-	
				320,3	13271,43	1,98	49,46	0,13	1892,06
0,60	-0,2142	138,6289	-21973,7	277,4	11103,19	1,84	92,30	0,25	3531,02
				369,7	14144,72	2,22	0,00	-	
0,70	-0,2499	161,2034	-25439,9	319,1	13227,55	2,40	50,69	0,14	1939,01
				275,3	10961,73	2,22	94,42	0,26	3612,21
				369,7	14144,72	2,60	0,00	-	
				318,1	13193,83	2,81	51,61	0,14	1974,34
0,80	-0,2856	183,7779	-28906,1	273,7	10853,52	2,60	96,02	0,26	3673,09
				369,7	14144,72	2,99	0,00	-	
0,90	-0,3213	206,3524	-32372,3	317,4	13167,10	3,22	52,33	0,14	2001,89
				272,5	10768,11	2,99	97,25	0,26	3720,45

<sup>1</sup>W<sub>i</sub>, lâmina máxima, ótima ou equivalente de irrigação (mm); Y(w), produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>); ΔW(i), água economizada pela irrigação (mm); Δ(A), área adicional para irrigação com a água economizada (ha); ΔY(w), produção adicional obtida com a aplicação da lâmina economizada (kg ha<sup>-1</sup>).

**CONCLUSÕES:** A estratégia para o manejo econômico da irrigação para produção de milho verde, da cultivar BRS 1030, mostra-se plenamente viável na faixa de variação de preço de produto de US\$ 0,20 kg<sup>-1</sup> a US\$ 0,90 kg<sup>-1</sup> com intervalos de lâmina de irrigação entre 272,5 a 369,7 mm.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- ELETOBRÁS DISTRIBUIÇÃO PIAUÍ. **Tarifas** – set/2009. Teresina: Cepisa, 2009. Disponível em: < [http://www.cepisa.com.br/cepisa/sv\\_tarifas.php](http://www.cepisa.com.br/cepisa/sv_tarifas.php)>. Acesso em: 20 dez. 2009.
- ENGLISH, M.J. Deficitirrigation. I. Analytical framework. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.116, p.339-412, 1990.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta das culturas à irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 1993. 42p.
- PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G. e; SANTOS, M. X. dos; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; MEIRELLES, W. F.; RIBEIRO, P. H. E.; CORRÊA, L. A.; CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S.; ALVES, V. M. de C.; FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, A. C. de; PEREIRA, F. F. **Milho híbrido simples BRS 1030**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 3 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 108).
- PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **A cultura do milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 61 p. il. color. (Coleção plantar, 59).
- SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT user's guide**. Version 8.1. Cary, 2002. v. 1, 890p.14.