

PRODUTIVIDADE DE COLMOS E RENDIMENTO DE AÇÚCARES DA CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA

GUSTAVO HADDAD SOUZA VIEIRA¹; EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI²; GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA³; ÉDIO LUIZ DA COSTA⁴ e FÁBIO TEIXEIRA DELAZARI⁵

¹Prof. IFES *campus* Santa Teresa, ghsvieira@gmail.com

²Prof. Titular DEA/UFV, everardo@ufv.br

³ Prof. Titular DEA/UFV, g.sediyama@ufv.br

⁴Pesquisador Epamig Sete Lagoas, edio.costa@epamig.br

⁵Graduando Agronomia UFV, fabiodelazari@yahoo.com.br

1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos desenvolver equações que representem as relações entre lâmina de água (chuva e irrigação), produtividade de colmos e de açúcares (por tonelada de colmos de cana-de-açúcar por ha); e determinar as lâminas de máxima produtividade física e de máximo rendimento econômico para as condições experimentais. A lâmina que proporcionou a maior produtividade de colmos da cana-de-açúcar foi de 1.854,4 mm, para a produtividade de 125,9 t ha⁻¹. A lâmina de maior rendimento econômico foi de 1.726,2 mm para a produtividade de 123,9 t ha⁻¹. A lâmina que proporcionou a maior produtividade de açúcares por tonelada de colmos foi de 1.617,7 mm para a produtividade de 141,3 kg t⁻¹. A lâmina que proporcionou a maior produtividade de açúcares por hectare foi de 1.740,5 mm para a produtividade de 17,25 t ha⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, *Sacharum spp.*, função de produção água-cultura

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, E. L. da;
DELAZARI, F. T.
STALK PRODUCTIVITY AND SUGAR YIELD FROM SUGARCANE AS A
FUNCTION OF WATER DEPTHS

2 ABSTRACT

This study aimed to develop equations that represent the relationship among water depths (rainfall and irrigation) and yield of stalks and sugar (per ton of sugarcane stalks and per ha), to determine the water depths for maximum productivity and maximum physical economical yield. For the experimental conditions, the water depth that provided the highest productivity of sugarcane stalks was 1,854.4 mm, for a yield of 125.9 t ha⁻¹. The water depth with the highest economical income was 1,726.2 mm for a yield of 123.9 t ha⁻¹. The water depth that provided the highest yield of sugar per ton of stalks was 1,617.7 mm for a yield of 141.3 kg t⁻¹. The water depth that provided the highest yield of sugar per hectare was 1,740.5 mm for a yield of 17.25 t ha⁻¹.

KEYWORDS: irrigation, *Sacharum spp.*, water production function

3 INTRODUÇÃO

Devido à tendência de decréscimo de disponibilidade de água para a agricultura e ao aumento dos custos de energia (LÓPEZ-MATA et al., 2010) além da crescente preocupação mundial com os recursos hídricos, torna-se necessária a adoção de estratégias de manejo que possibilitem economia de água sem prejuízos da produtividade. Uma boa estratégia de manejo da irrigação é fundamental para economizar água sem, no entanto, por em risco o rendimento das culturas (JALOTA et al., 2006; PEREIRA et al., 2009).

O manejo adequado e estratégico da água pode ser feito utilizando-se o índice de eficiência de uso da água para o planejamento e a tomada de decisão da irrigação, aumentando-se a produtividade da cultura (KARATAS et al., 2009).

Segundo Doorenbos e Kassam (1979), dependendo do clima, a quantidade de água que a cultura necessita varia de 1.500 e 2.500 mm por ano. Assim, de acordo com Dantas Neto et al. (2006), para se obter altas produtividades, o uso da tecnologia de irrigação é imprescindível. Para Inman-Bamber e Smith (2005), uma precipitação pluvial anual a partir de 1.000 mm, bem distribuída, é suficiente para a obtenção de altas produções na cana-de-açúcar.

Chaves et al. (2008) citam que a deficiência hídrica afeta vários aspectos do metabolismo da cana-de-açúcar, em especial a fotossíntese. A fotossíntese das plantas é limitada pela restrição da abertura estomática, em condição de déficit hídrico (YORDANOV et al., 2003). Essa resposta adaptativa é promovida pelo fechamento parcial dos estômatos, que também afeta a disponibilidade de substrato (CO₂) para a fotossíntese (YORDANOV et al., 2003; FLEXAS et al., 2006). Esse processo fisiológico vital para as plantas é então comprometido em condição de déficit hídrico, ocasionando decréscimos na produção de carboidratos que posteriormente seriam armazenados (SINGELS et al., 2005).

Segundo Inman-Bamber e Smith (2005), para atingir alta produção de sacarose, a planta precisa de temperatura e umidade adequadas para permitir o máximo crescimento na fase vegetativa, seguida de restrição hídrica ou térmica para favorecer o acúmulo de sacarose no colmo na época de corte.

A síntese e o acúmulo rápido de açúcares acontecem durante a fase de maturação. Por isso o crescimento vegetativo é reduzido nesta fase. Conforme a maturação avança, açúcares simples (monossacrídeos, como frutose e glicose) são convertidos em sacarose (um dissacarídeo). A maturação da cana-de-açúcar procede de baixo para cima e, desse modo, a parte inferior contém mais açúcares do que a porção superior (LISSON et al., 2005; MOORE, 2005; INMAN-BAMBER et al., 2009).

Farias et al. (2009), em estudo realizado no Tabuleiro Costeiro Paraibano, analisaram o efeito de lâminas de água de irrigação na qualidade industrial da cana-de-açúcar, observando forte correlação entre as variáveis. Houve tendência de aumento dos sólidos solúveis totais (°Brix) para maiores valores de lâmina de água aplicada, assim como para Pol (%), pureza e ATR (açúcares totais recuperáveis). Quando ocorrem condições favoráveis e a planta atinge uma maturação relativa de desenvolvimento, pode ocorrer o florescimento (SILVA et al., 2010), que é um fenômeno indesejável em áreas comerciais, devido ao elevado consumo de sacarose e redução do volume de caldo, resultando no aumento do teor de fibras (ARALDI et al., 2010).

Para quantificar os benefícios econômicos da irrigação, é necessário saber quantificar o aumento esperado na produtividade em função do aumento da água aplicada. A representação gráfica ou matemática desta relação é denominada função de produção “água-cultura” (BERNARDO, 2006).

De acordo com Bernardo (2006), define-se como função de produção a relação técnica entre um conjunto específico de fatores envolvidos num processo produtivo qualquer e a produtividade física possível de se obter com a tecnologia existente. Segundo Doorenbos e Kassam (1979), a produtividade de uma cultura é função de complexos processos biológicos, fisiológicos, físicos e químicos, os quais são determinados pelas condições ambientais (clima, solo e água) e por fatores genéticos da própria cultura. Uma função de produção “água-cultura” típica é quando se relaciona a lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura versus a produtividade comercial (BERNARDO, 2006).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos: encontrar as equações que representem as relações entre lâmina de água (chuva e irrigação) e produtividades de colmos e de açúcares (por tonelada de colmos e por hectare); e determinar as lâminas de máxima produtividade física e de máximo rendimento econômico da cana-de-açúcar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma fazenda pertencente ao grupo Sada Bioenergia e Agricultura, no município de Jaíba - MG, latitude 15°20'S e longitude 43°40'W e 475 m de altitude na parte empresarial do Projeto Jaíba.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico de classe textural franco-arenoso com até 90 % de areia. Trata-se de um solo com baixa fertilidade natural, como se pode observar no resultado da análise de solo (Tabela 1) e pequena capacidade de retenção de água, com valores de capacidade de campo e ponto de murcha permanente de 7,08% e 3,5%, em massa, respectivamente. A velocidade de infiltração básica é de, aproximadamente, 20 mm h⁻¹ e a densidade do solo no perfil de 0-60 cm, é de 1,55 g cm⁻³.

Tabela 1. Resultados da análise do solo da área experimental.

pH	Mat. org. Dag kg ₁ ⁻¹	P mg dm ₃ ⁻¹	K	Ca	Mg	Al	H+ Al cmol _c dm ⁻³	CTC T	CTC t	V %	m	SB cmol _c dm ⁻³
6,1	2,9	14	32	2,1	0,8	0,0	1,4	4,36	2,96	68	0	2,96

O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Bw, ou seja, clima quente e seco, com estação chuvosa no verão. A região apresenta precipitação em torno de 700 mm ano⁻¹, sendo julho a outubro os meses mais secos e novembro a março, os mais chuvosos. O relevo da região, onde se localiza as áreas de produção, é plano.

Selecionaram-se oito áreas irrigadas com pivôs centrais, de aproximadamente 54 ha cada (parcelas experimentais), com dois anos de uso, que possuíam características de solo, cultura e topografia semelhantes, e uniformidade de aplicação de água (CUC) em torno de 85 a 90%. A cultivar de cana-de-açúcar utilizada no experimento foi a RB 86-7515, primeira soca, já plantada na fazenda um ano antes da instalação do experimento, com espaçamento de 1,50 m entre fileiras e aproximadamente 8 a 10 gemas por metro linear.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), em que os tratamentos foram as lâminas de irrigação (variáveis independentes) e as variáveis dependentes foram produtividade (t ha⁻¹), açúcares totais recuperáveis – ATR por toneladas de cana-de-açúcar (kg t⁻¹) e ATR por unidade de área (t ha⁻¹).

Os dados de produtividade ($t\ ha^{-1}$) foram obtidos pela pesagem dos colmos, na balança da Usina São Judas Tadeu (SADA Bioenergia e Agricultura), que foram colhidos com colheitadeiras mecânicas nas áreas pré-determinadas. A colheita ocorreu no período seco, não havendo chuvas, com a irrigação interrompida cinco dias antes da do início da colheita. Para as análises de ATR, foram enviadas amostras de cada parcela experimental ao laboratório da Usina, coletadas durante a pesagem.

O manejo da irrigação foi realizado com auxílio do aplicativo Irriger® versão 3.0, com o qual se determinou a demanda hídrica da cana-de-açúcar, utilizando-se coeficientes de ajuste (coeficiente da cultura “kc”, localização da irrigação “kl” e do solo “ks”) sobre a evapotranspiração de referência (ET_o). A lâmina bruta de irrigação foi calculada por meio de um balanço hídrico, em que as entradas de água foram a irrigação e precipitação pluvial efetiva e as saídas, a evapotranspiração da cultura (ET_c) e percolação além da profundidade considerada para o sistema radicular.

A lâmina bruta foi calculada pelo somatório das ET_c no intervalo entre irrigações, indicando a necessidade hídrica da cultura considerando-se a uniformidade de aplicação do sistema e a área adequadamente irrigada de acordo com o valor comercial da cultura.

O método de estimativa da ET_o utilizado pelo aplicativo Irriger®, utilizando os elementos meteorológicos disponíveis (radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar), foi o modelo de Penman-Monteith-FAO (ALLEN, et al., 1998). Os dados meteorológicos utilizados para a realização do experimento foram obtidos na estação meteorológica automática instalada na área experimental.

A relação entre as variáveis dependente (produtividade) e as independentes (lâminas de água aplicadas) foi obtida por análise de regressão do tipo polinomial de segundo grau (Equação 1).

$$Y = a + bW + cW^2 \quad (1)$$

Em que,

Y = produtividade da cultura ($t\ ha^{-1}$);

W = lâmina total aplicada (mm); e

a, b e c = coeficientes de ajuste da Equação de regressão.

Utilizando dados de produtividade e custos relacionados à irrigação da cana-de-açúcar, obtidos junto à administração da fazenda Sada Bioenergia e Agricultura, fez-se os cálculos das lâminas de obtenção da máxima produtividade física (W_{mpf}) e da lâmina de máximo rendimento econômico (W_{mre}).

Para determinar a produtividade máxima, em relação à lâmina aplicada, a Equação 1 foi derivada em relação à lâmina aplicada, igualando-se o resultado a zero, como apresentado nas Equações 2 e 3, conforme sugerido por Bernardo (2006).

$$\frac{\partial Y}{\partial W} = b + 2cW = 0 \quad (2)$$

$$W_{mpf} = -\frac{b}{2c} \quad (3)$$

Em que,

W_{mpf} = lâmina que resultará na máxima produtividade física (mm).

Para determinar a lâmina de irrigação recomendável para a cultura da cana-de-açúcar que forneça o ponto ótimo de rendimento econômico (W_{mre}) foi estimado o rendimento (lucro) em relação à lâmina aplicada, utilizando a função representada pela Equação 4 e, posteriormente, substituindo-se a Equação 3 na Equação 5, resultando na Equação 6.

$$R = p_y Y - (p_a W + C_f) \quad (4)$$

$$\frac{\partial R}{\partial W} = \frac{\partial Y}{\partial W} p_y - p_a \quad (5)$$

$$W_{mre} = \frac{p_a - b p_y}{2c p_y} \quad (6)$$

Em que,

Y = produtividade da cultura ($t \text{ ha}^{-1}$);

W = lâmina total aplicada (mm); e

W_{mre} = lâmina de máximo rendimento econômico (mm);

b e c = coeficientes de ajuste da Equação de regressão;

R = rendimento ($R\$ \text{ ha}^{-1}$);

p_y = preço do produto ($R\$ \text{ t}^{-1}$);

p_a = custo da aplicação de água de irrigação ($R\$ \text{ mm}^{-1}$); e

C_f = custos fixos do sistema de irrigação para o ano agrícola em estudo ($R\$ \text{ ha}^{-1}$).

O preço do produto (p_y) foi obtido pelo valor de mercado cotado em junho de 2011 junto à União dos Produtores de Bioenergia (UDOP). O custo da aplicação de água (p_a) foi obtido pela soma dos custos de energia elétrica (CEE) e tarifa de água do perímetro irrigado (TAP). Os custos fixos do sistema de irrigação (C_f), para o ano agrícola em estudo, foram obtidos a partir do valor de aquisição do equipamento, dividido pela sua vida útil (15 anos) e pela área irrigada, somando-se os custos da mão-de-obra empregada na irrigação.

Os custos dos equipamentos (pivôs-centrais) foram consultados junto à administração da Fazenda Sada Bioenergia e Agricultura, em reais (R\$). Foram computados os custos fixos (C_f), de depreciação dos componentes do sistema (DC) e dos juros sobre o capital investido (JC). Para o cálculo dos custos de depreciação dos equipamentos, utilizou-se a Equação 7 (FERNANDES, et al., 2008).

$$DC = \frac{[(VAC) - (0,2VAC)]}{VU} \quad (7)$$

Em que,

DC = depreciação do componente do sistema (R\$);

VAC = valor de aquisição do componente (R\$); e

VU = vida útil (anos).

O valor residual ou de sucata foi calculado como sendo 20% do valor de compra do componente. Os valores de vida útil dos equipamentos foram obtidos de Fernandes et al. (2008) e Frizzone e Andrade Júnior (2005).

O custo de oportunidade foi calculado como sendo o custo dos juros do mercado financeiro sobre o capital investido, conforme sugerido por Frizzone e Andrade Júnior (2005).

O custo dos juros sobre o capital investido (JC) foi calculado considerando-se a taxa de rendimentos da poupança, que no Brasil está em torno de 7,2% ao ano (BCB, 2010), aplicados sobre o valor de aquisição dos equipamentos (Investimento inicial), conforme Equação 8.

$$JC = TAJ \times VAE \quad (8)$$

Em que,

JC = Juros sobre o capital investido (R\$);

TAJ = Taxa anual de juros (%);

VAE = Valor de aquisição dos equipamentos (R\$).

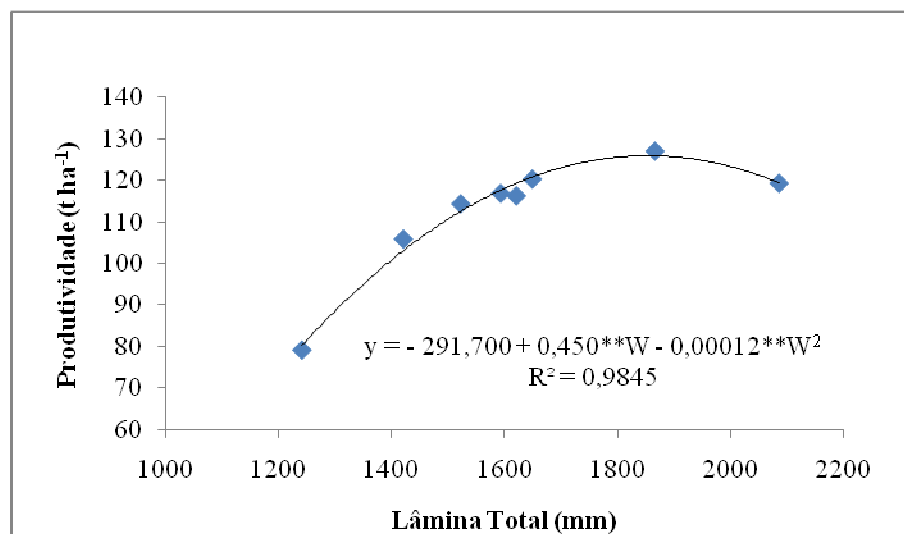
Para obtenção dos dados de campo, foram totalizadas as lâminas aplicadas em cada pivô central (chuva e irrigação) no ciclo da cultura para a safra 2008/2009, com lâminas crescentes, como descritos na Tabela 2. A partir dos dados de campo, foram obtidos os coeficientes da Equação (1), por meio de regressão polinomial de segundo grau, utilizando o aplicativo MS-Excel 2007.

Tabela 2. Lâminas de água (chuva e irrigação) aplicadas nos respectivos pivôs centrais onde os tratamentos (Lâminas) foram conduzidos.

Número do Pivô	Chuva (mm)	Irrigação (mm)	Lâminas (mm)
5004	435	806	1.242
3005	621	800	1.421
3010	715	808	1.523
3006	710	883	1.594
3004	731	890	1.621
3008	715	934	1.650
3007	737	1.130	1.867
3002	789	1.297	2.086

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a relação existente entre a produtividade da cultura e a lâmina de água aplicada no ciclo da cana-de-açúcar (primeira soca). Observa-se um crescimento da produtividade à medida que se aumenta a lâmina aplicada, até atingir um valor máximo de 125,9 t ha⁻¹, com a aplicação de 1.854,4 mm, obtidos da Equação de Regressão. Estes valores representam a lâmina de máxima produtividade física (W_{mpf}), calculada pela Equação 3.



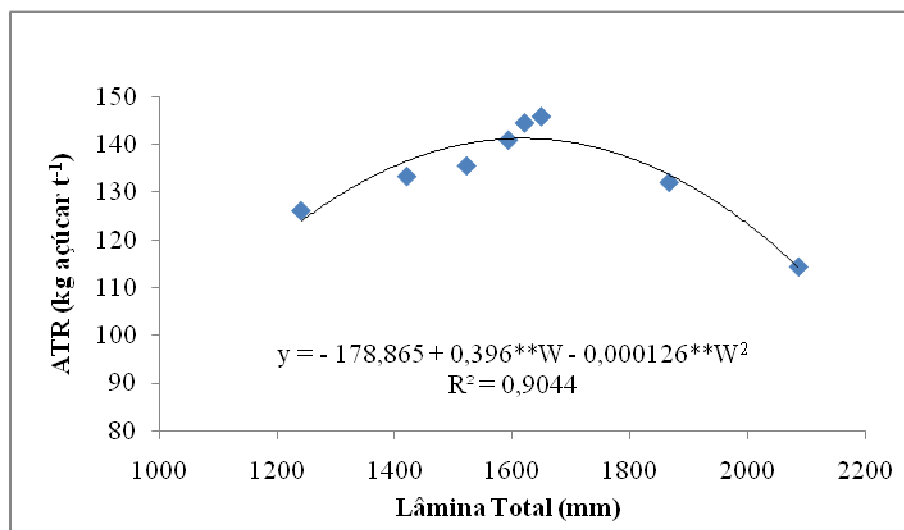
**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1. Produtividade (t colmos ha⁻¹) em função da Lâmina de água aplicada no ciclo da cultura da cana-de-açúcar.

Farias et al. (2008), avaliando a eficiência do uso de água da cana-de-açúcar cultivada na região dos Tabuleiros Costeiros do município de Capim, PB, verificaram que a maximização do uso eficiente de água para a cultivar SP 79-1011 pôde ser obtida com a lâmina de 1.276,29 mm. Baillie (2004) cita que, para as condições climáticas da Austrália, os requerimentos de água da cultura podem variar entre 1.110 a 1.960 mm.

No entanto, a produtividade máxima não representa o maior lucro. A lâmina de máximo rendimento econômico (W_{mre}), calculada pela Equação 6, foi de 1726,2 mm, com a produtividade de 123,9 t ha⁻¹ para um valor do preço de água (P_a) igual a R\$ 1,56 mm⁻¹ ha⁻¹ e preço do produto (cana-de-açúcar) de R\$ 50,00 t⁻¹. Baseando-se nos valores encontrados, recomenda-se que seja aplicada uma lâmina 6,9% menor do que aquela para a máxima produtividade.

Na Figura 2 é apresentado o rendimento de açúcares, em termos de ATR (Açúcares Totais Recuperáveis), em função da lâmina de água aplicada. A lâmina que proporcionou maior rendimento de açúcares foi de 1.617,7 mm com 141,3 kg de açúcares por tonelada de colmos. A partir deste valor, o teor de açúcares é reduzido, devido à maior quantidade de água que está disponível para a cultura, concordando com a afirmação de Bernardo (2006), que classifica o estágio de maturação, como responsivo positivamente ao déficit hídrico, visto que, o teor de sacarose costuma ser afetado adversamente pelo excesso de água no estágio de maturação. Os valores encontrados no presente trabalho são superiores aos encontrados por Farias et al. (2009), com valores máximos de ATR da ordem de 147 kg t⁻¹.

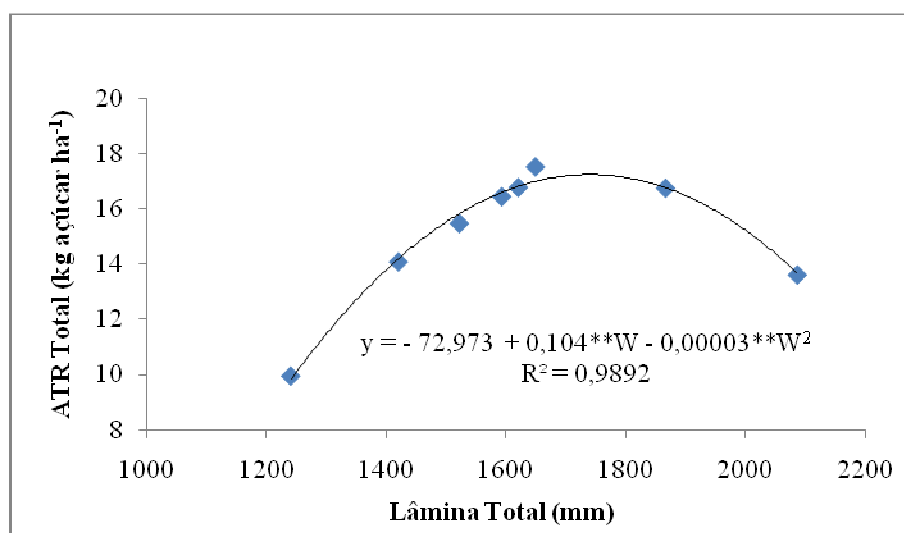


**Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2. Rendimento de açúcares – ATR (kg_{açúcar} t⁻¹) em função da lâmina de água aplicada.

Como a cultura foi irrigada, em todos os tratamentos, até cinco dias antes da colheita, as plantas que receberam maiores quantidades de água apresentaram redução da concentração de açúcares.

Apresenta-se na Figura 3 o rendimento de açúcares por unidade de área (t ha⁻¹), em que o máximo valor de ATR foi atingido com a lâmina de 1.740,5 mm com 17,25 t ha⁻¹. Esta lâmina (1.740,5 mm) ficou muito próxima da lâmina de maior retorno econômico (1.726,2 mm). O valor de 1.740,5 mm representa a lâmina de maior retorno para a indústria, uma vez que os açúcares são o principal produto de interesse econômico, seja para a produção de etanol, açúcar ou aguardente.



*Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3. Rendimento de açúcares – ATR (t ha⁻¹) em função da lâmina de água aplicada.

6 CONCLUSÕES

Com os resultados observados, pode-se concluir que, para as condições experimentais, a lâmina que proporciona a maior produtividade de colmos de cana-de-açúcar é de 1.854,4 mm, para uma produtividade de 125,9 t ha⁻¹. A lâmina de maior rendimento econômico foi de 1.726,2 mm para uma produtividade de 123,9 t ha⁻¹. A lâmina que proporcionou a maior produtividade de açúcares por tonelada de colmos foi de 1.617,7 mm para uma produtividade de 141,3 kg t⁻¹. A lâmina que proporcionou a maior produtividade de açúcares por hectare foi de 1.740,5 mm para uma produtividade de 17,25 t ha⁻¹.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

ARALDI, R.; SILVA, F.M.L.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Florescimento em cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.40, n.3, 2010.

BAILLIE, C. Strategies for Maximizing Sugarcane Yield with Limited Water in the Bundaberg District. Queensland, 2004. 183p. **Dissertação** (Mestrado) – University of Southern Queensland. 2004.

BCB – Banco Central do Brasil. Boletim do Banco Central do Brasil - Relatório 2010: **Mercado financeiro e de capitais**, p.59-64, 2010. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/boletim/banual2010/rel2010cap3p.pdf>> Acesso em 03 de fev. 2012.

BERNARDO, S. **Manejo da irrigação na cana-de-açúcar**. Palestra no XVI CONIRD. Goiânia-GO. 2006. 11p. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana_irrigada_producao_000fizvd3t102wyiv802hvm3jlwle6b8.pdf>. Acesso em: 01 de mai, 2011.

CHAVES, M.M; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. **Annals of Botany**, v. 103, p. 551-560, 2008.

DANTAS NETO, J.; FIGUERDO, J.L.C.; FARIAS, C.H.A.; AZEVEDO, H.M.; AZEVEDO, C.A.V. Resposta da cana-de-açúcar, primeira soca, a níveis de irrigação e adubação de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.283-288, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 33).

FARIAS, C. H. de A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; DANTAS NETO, J. Qualidade industrial de cana-de-açúcar sob irrigação e adubação com zinco, em Tabuleiro Costeiro

paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.13, n.4, p.419-428, 2009.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2 ed. Uberaba: O Lutador. 2008. 476 p.

FLEXAS, J.; RIBAS-CARBO, M.; BOTA, J. GALMES, J.; HENKLE, M.; MARTINEZ-CANELLAS, S.; MEDRANO, H. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomatal conductance and chloroplast CO₂ concentration. **New Phytologist**, v.172, p. 73-82, 2006.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília: EMBRAPA. 2005. 626p.

INMAN-BAMBER, N.G., SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits. **Field Crops Research**, v.92, p.185-202, 2005.

INMAN-BAMBER, N.G.; BONNETT, G.D.; SPILLMAN, M.F.; HEWITT, M.L.; JINGSHENG X. Source–sink differences in genotypes and water regimes influencing sucrose accumulation in sugarcane stalks. **Crop & Pasture Science**, v.60, n.4, p.316-327, 2009.

JALOTA, S. K.; SOOD, A. G. B. S.; CHAHAL, B. U. Crop water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) – wheat (*Triticum aestivum* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **Agricultural Water Management**, v.84, p.137-146, 2006.

KARATAS, B. S.; AKKUZU, E.; UNAL, H. B.; ASIK, S.; AVCI, M. Using Satellite remote sensing to asses irrigation performance in water user Associations in the Lower Gediz Basin, Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 96, p.982-990, 2009.

LISSON, S. N.; INMAN-BAMBER, N. G.; ROBERTSON, M. J.; KEATING, B. A. The historical and future contribution of crop physiology and modeling research to sugarcane production systems. **Field Crops Research**, v.92, p.321-335, 2005.

LÓPEZ-MATA, E.; TARJUELLO, J. M.; JUAN, J. A. DE; BALLESTEROS, R.; DOMÍNGUEZ, A. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. **Agricultural Water Management**, v.98, p.190-198, 2010.

MOORE, P.H. Integration of sucrose accumulation processes across hierarchical scales: towards developing an understanding of the genetic-crop continuum. **Field Crops Research**, v.92, p.119-135, 2005.

PEREIRA, L. S.; PAREDES, P.; EHOLPANKULOV, E. D.; INCHENKOVA, O. P.; TEODORO, P. R.; HORST, M. G. Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. **Agricultural Water Management**, v. 96, p.723-735, 2009.

SILVA, M. de A.; SANTOS, C. M. dos; ARANTES, M.T.; PINCELLI, R.P. **Fenologia da cana-de-açúcar**. In: CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M. de A.; ROSSETO, R.; SORATTO, R.P. Tópicos em Ecofisiologia da Cana-de-Açúcar. Botucatu: FEPAF. p. 8-21, 2010.

SINGELS, A.; DONALDSON, R.A.; SMIT, M.A. Improving biomass production and partitioning in sugarcane: theory and practice. **Field Crops Research**, v.92, p. 291-303, 2005.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought and stress tolerance. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Special Issue, p. 187-206, 2003.