

ANÁLISE DE DECISÃO SOBRE A VIABILIDADE DA IRRIGAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum ssp*) PARA O ESTADO DE ALAGOAS¹

M. A. L. SANTOS²; J. A. FRIZZONE³; R. N. T. COSTA⁴; J. H. MIRANDA⁵; R. L. CRUZ⁶;
T. A. BROTEL⁷

RESUMO: O objetivo da pesquisa consistiu no emprego da técnica chamada “árvore de decisão”, que permite analisar a economicidade da introdução da tecnologia de irrigação suplementar na cultura da cana-de-açúcar cultivada no Litoral Sul do Estado de Alagoas. Com base na análise de viabilidade da tecnologia de irrigação em cana-soca, a árvore de decisão, foi utilizada na avaliação dos valores esperados dos retornos associados a diferentes alternativas disponíveis para a escolha do tomador de decisão. Levando-se em considerações as condições analisadas de irrigação suplementar da cana-de-açúcar (ciclo soca), para o Estado de Alagoas, os resultados do estudo permitiram obter as seguintes conclusões: a análise de sensibilidade dos resultados das receitas líquidas esperadas nas árvores de decisão das variáveis (lâmina de irrigação, custo fixo e custo operacional), mostrou que o efeito da variável lâmina de irrigação sobre as receitas líquidas, é inversamente proporcional aos efeitos das variáveis de custos fixo e operacional.

PALAVRAS-CHAVE: Viabilidade da irrigação, Cana-de-açúcar, Árvore de decisão

ANALYSIS OF DECISION ABOUT THE VIABILITY OF THE IRRIGATION OF THE SUGAR-CANE (*Saccharum ssp*) FOR STATE OF THE ALAGOAS

ABSTRACT: The objective of the research consisted of the employment of the technique called " tree of decision ", that allows to analyze the economicidade of the introduction of the technology of supplemental irrigation in the culture of the sugar-cane cultivated in the Litoral Sul of the State of Alagoas. With base in the analysis of viability of the irrigation technology

1 Trabalho apresentado em congresso, extraído de TESE

2 Prof. Dr., Eixo da Agrárias, UFAL – Campus Arapiraca, Caixa Postal 61, CEP 57340-970, Arapiraca, AL.
Fone (82) 9976 3219 / 9332 1060. e-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br

3 Prof. Dr., Depto de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

4 Prof. Dr., Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

5 Prof. Dr., Depto de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

6 Prof. Dr., Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, Botucatu, SP.

7 Prof. Dr., Depto de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

in it cane-beats, the tree of decision, it was used in the evaluation of the expected values of the returns associated to different available alternatives for the choice of the tomador of decision. Being taken in considerations the analyzed conditions of supplemental irrigation of the sugar-cane (cycle beats), for the State of Alagoas, the results of the study allowed to obtain the following conclusions: the analysis of sensibility of the results of the expected liquid revenues in the trees of decision of the variables (irrigation sheet, fixed cost and I cost operational), it showed that the effect of the variable irrigation sheet on the liquid revenues, is inversely proportional to the effects of the variables of costs I fasten and operational.

KEYWORDS: Viability of the irrigation; Sugar-cane; Tree of decision.

INTRODUÇÃO: A cana-de-açúcar originou-se na Ásia. A maior parte da cana-de-açúcar comercial (de sequeiro e sob irrigação) é produzida entre as latitudes 35°N e 35°S do Equador. A cultura desenvolve-se bem sob estação quente e longa com incidência de radiação alta e umidade relativa adequada, seguida de período seco, ensolarado e medianamente frio, porém sem geadas, durante a maturação e a colheita (DOORENBOS & KASSAM, 1994). A área colhida de cana-de-açúcar no ano de 2004 foi estimada em aproximadamente 5.455.132 hectares, onde se destaca em primeiro lugar o Estado de São Paulo com 3.358.552 hectares, e em segundo lugar o Estado de Alagoas com 416.000 hectares. Já a produção brasileira estimada para 2004 foi de 421.408.000 toneladas de cana-de-açúcar, a Tabela 1 mostra a área colhida e produção nos últimos três anos do Brasil e de suas regiões (AGRIANUAL 2005). Segundo SANTOS (2005) a irrigação suplementar da cultura da cana-de-açúcar, para as condições edafoclimáticas do litoral alagoano, procurando suprir parcialmente as deficiências hídricas da cultura no seu estágio de desenvolvimento mais crítico à ausência de água durante a estação seca (primavera/verão), é técnica e economicamente viável para as soqueiras de início até final da safra. O objetivo da pesquisa consistiu na elaboração de um modelo de análise de decisão, com o emprego da técnica chamada “árvore de decisão”, que permite analisar a economicidade da introdução da tecnologia de irrigação suplementar na cultura da cana-de-açúcar cultivada no Estado de Alagoas. Posteriormente, o modelo foi validado com os parâmetros técnicos e econômicos representativos da região Litorânea de Alagoas, liderada pela microrregião de Coruripe e dados da Usina Coruripe.

MATERIAL E MÉTODOS: Segundo Santos (2005) as deficiências hídricas da cultura da cana-de-açúcar foram determinadas com o emprego do programa computacional utilizado pela usina Coruripe para elaboração do balanço hídrico estimando a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo método de “Thorthwaite-Mather (1955)” e calcula a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) considerando as variáveis coeficiente de cultivo (K_c) e a capacidade de água disponível (CAD), conforme os estádios de desenvolvimento da cultura. Os dados climatológicos utilizados para elaboração dos balanços foram das Estações Meteorológicas da usina Coruripe, localizada no município de Coruripe no litoral Sul do Estado de Alagoas. Os dados decendiais de clima, referentes à chuva e temperatura, foram considerados com base na Normal Climatológica de 1974 a 2004 (USINA CORURIBE AÇUCAR E ÁLCOOL S/A., 2004). Foi empregada a técnica da “Árvore de Decisão” para análise de decisão sobre a viabilidade técnica-econômica da irrigação suplementar da cana-de-açúcar ciclo soca. O programa computacional de análise de decisão utilizado para a modelagem e solução do problema foi o Netica (NORSYS, 2004). Para determinar a viabilidade da irrigação das socas de uma safra de cana-de-açúcar para o Estado de Alagoas foram construídas quatro árvores de decisão uma para cada socas (setembro, novembro, janeiro e março), sendo considerados os benefícios (diretos + indiretos) da irrigação suplementar. A equação 9 contempla todos os fatores componentes dessa receita. Os valores que foram considerados nos nós finais da árvore de decisão consistiram no valor da Receita Líquida Esperada com a irrigação suplementar da cana-de-açúcar para cada mês estudado.

$$RLI = BAP + BAL + BRP + BTC - CFI - COI - PAI \dots\dots\dots (1)$$

em que:

RLI – receita líquida total da irrigação ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

BAP – benefício com o aumento de produtividade ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

BAL – benefício com aumento da longevidade das soqueiras ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

BRP – benefício com redução de plantio ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

BTC – benefício com redução dos tratos culturais ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

CFI – custo fixo da irrigação ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

COI – custo operacional da irrigação($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$);

PAI – preço do uso (utilização/captação) da água de irrigação ($R\$ ha^{-1} ano^{-1}$).

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 estão apresentados os resultados obtidos para as socas de setembro, novembro, janeiro e março, respectivamente. As probabilidades das deficiências

hídricas serem superiores ou inferiores à lâmina mensal de irrigação (LI) foram calculadas de modo direto, considerando os eventos independentes com base no teste de Pearson.

Tabela 1. Probabilidades das deficiências hídricas mensais, para o 1º estágio de desenvolvimento da cana-soca de setembro

Mês	Deficiência hídrica média		Probabilidade (%)	
	Denominação	Média de 30 anos (mm)	DH ≥ LI	DH < LI
Setembro	DST	1,53	0,01	0,99
Outubro	DOT	0,83	0,17	0,83
Novembro	DNV	42,22	0,65	0,35
Dezembro	DDZ	133,64	0,93	0,07

Tabela 2. Probabilidades das deficiências hídricas mensais, para o 1º estágio de desenvolvimento da cana-soca de novembro

Mês	Deficiência hídrica média		Probabilidade (%)	
	Denominação	Média de 30 anos (mm)	DH ≥ LI	DH < LI
Novembro	DNV	1,24	0,18	0,82
Dezembro	DDZ	71,16	0,71	0,29
Janeiro	DJA	82,37	0,97	0,03
Fevereiro	DFV	49,94	0,62	0,38

Tabela 3. Probabilidades das deficiências hídricas mensais, para o 1º estágio de desenvolvimento da cana-soca de janeiro

Mês	Deficiência hídrica média		Probabilidade (%)	
	Denominação	Média de 30 anos (mm)	DH ≥ LI	DH < LI
Janeiro	DJA	8,90	0,25	0,75
Fevereiro	DFV	21,85	0,41	0,59
Março	DMR	1,34	0,75	0,25
Abril	DAB	76,59	0,85	0,15

Tabela 4. Probabilidades das deficiências hídricas mensais, para o 1º estágio de desenvolvimento da cana-soca de março

Mês	Deficiência hídrica média		Probabilidade (%)	
	Denominação	Média de 30 anos (mm)	DH ≥ LI	DH < LI
Março	DMR	2,20	0,25	0,75
Abril	DAB	1,09	0,02	0,98
Mai	DMA	0,83	0,00	1,00
Junho	DJN	0,97	0,01	0,99

Os custos fixos foram determinados por dados levantados na usina Coruripe e têm como referência a safra de 2002/03 com sistema de irrigação convencional de ramais e aspersores tipo “canhão hidráulico”, projetado para fornecer uma lâmina de água de até 60 mm mês⁻¹, no valor de R\$ 748,00 ha⁻¹, correspondente a um custo fixo anual (depreciação dos equipamentos + juros do capital investido) de R\$ 42,68 ha⁻¹. O custo operacional do sistema de irrigação em estudo é de R\$ 423,74 ha⁻¹, que corresponde a um custo operacional unitário (CUI) de R\$ 2,82 mm⁻¹ ha⁻¹. Na estimativa do aumento de produtividade agrícola (APE) proporcionado pela irrigação suplementar, selecionaram-se funções que relacionam a produtividade com consumo de água. Assim, foi escolhida a função de produção determinada por Scardua (1985), que é a mais representativa para o ciclo de cana-soca. A produtividade máxima da cana-soca resultou em 93,1 ton ha⁻¹.

$$Y_m = -15,5521 + 0,03886a_1 + 0,00082a_5, \text{ com } R^2 = 0,862 \quad (2)$$

sendo:

Y_m – produtividade máxima estimada, em t ha⁻¹;

a_1 – total de graus dias durante o ciclo da cana;

a_5 – total de radiação líquida no ciclo da cana, em cal cm⁻²;

Mediante este método foi calculado o aumento de produtividade agrícola esperado (APE) com a irrigação suplementar, durante o 1º estágio de desenvolvimento da cana soca, conforme resumido na Tabela 5.

Tabela 5. Aumento de produtividade esperado (APE) para a cana-soca irrigada no primeiro estágio de desenvolvimento

Soca	Produtividade Esperada (t ha ⁻¹)		Irrigação (mm ano ⁻¹)	APE	
	Sequeiro	Irigado		(t ha ⁻¹)	(t mm ⁻¹ ha ⁻¹)
Setembro	60,5	75,4	110,0	15,0	0,136
Novembro	56,3	74,7	148,0	18,5	0,125
Janeiro	62,7	81,9	104,0	19,2	0,185
Março	67,5	82,7	135,0	15,2	0,112

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Tabela 6 apresenta o resumo dos valores das receitas líquidas esperadas com a irrigação suplementar das canas socas dos meses de setembro, de novembro, de janeiro e de março. Os valores obtidos foram calculados pela árvore de decisão de cada mês. Na análise dos resultados observa-se que a irrigação suplementar da cana-soca

de janeiro foi a que apresentou a maior viabilidade técnica-econômica para ser introduzida nas lavouras canavieiras das usinas do litoral Sul de Alagoas. As canas socas de setembro e novembro, também apresentaram bom potencial de viabilidade. As receitas líquidas esperadas variam de R\$ 130,16 ha⁻¹ a R\$ 226,61 ha⁻¹. Já a cana-soca de março, que é colhida no final da safra, não apresentou potencial de viabilidade econômica para irrigação suplementar. O valor foi pouco expressivo, com receita líquida esperada de apenas R\$ 24,57 ha⁻¹. Pelos benefícios observados nas análises de decisão, a irrigação suplementar da cana-de-açúcar garante o plantio de “cana de verão”, proporcionando mais um benefício referente à redução com as áreas de pousio. O aumento de produtividade agrícola proporcionado pela técnica de irrigação pode ser obtido através do uso de funções de produção, tais como a obtida por SCARDUA (1985). MATIOLI (1998) em razão do desenvolvimento de variedades de cana-de-açúcar e do emprego de novas tecnologias de produção, recomendou a execução de outras pesquisas, semelhantes à de SCARDUA (1985), para determinação de outras funções de produção da cana, que representem melhor a realidade atual da lavoura canavieira.

Tabela 6. Receitas líquidas esperadas com irrigação (RLI), das canas socas de setembro, de novembro, de janeiro e de março

Cana Soca	Receita líquida esperada com irrigação (R\$ ha ⁻¹)	
	Decisão: irriga	Decisão: Não irriga
Setembro	130,16	0,00
Novembro	139,92	0,00
Janeiro	226,61	0,00
Março	24,57	0,00

CONCLUSÕES: Com base na análise de viabilidade da tecnologia de irrigação em cana-soca, levando-se em considerações as condições analisadas de irrigação suplementar durante o primeiro estágio de desenvolvimento da cultura, no litoral Sul do Estado de Alagoas, os resultados do estudo permitiram obter as seguintes conclusões: (a) existe um grande potencial de viabilidade da tecnologia de irrigação do início de ano (janeiro), considerando os benefícios diretos e indiretos de aumento de produtividade agrícola, maior longevidade das soqueiras, redução de preparo de solo e plantio, tratos culturais e transporte de cana; (b) os valores obtidos com os benefícios diretos e indiretos da irrigação suplementar da cana-soca de março indicaram inviabilidade econômica para tecnologia de irrigação; (c) a análise de sensibilidade dos resultados das receitas líquidas esperadas nas árvores de decisão das variáveis (lâmina de irrigação, custo fixo e custo operacional), mostrou que o efeito da

variável lâmina de irrigação sobre as receitas líquidas, é inversamente proporcional aos efeitos das variáveis de custos fixo e operacional; (d) a receita líquida esperada apresenta pequena sensibilidade às variáveis de custos com tratos culturais de soqueiras e preparo de solo e plantio; (e) a análise de sensibilidade da variável aumento de produtividade esperada apresenta o maior efeito nas receitas líquidas esperadas, podendo chegar a inviabilizar a introdução da tecnologia de irrigação, se o aumento da produtividade esperada for inferior a $0,100 \text{ t mm}^{-1} \text{ ha}^{-1}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. K. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de Gheyi, H. R.; Souza, A. A.; Damasceno, F. A. V. Campina Grande : Universidade Federal da Paraíba, 1994, p. 220-226.
- AGRIANUAL 2005. Sencor Cana: É certeza de cana no limpo”. **Anuário da Agricultura Brasileira**. p. 262-277, 2005.
- MATIOLI, C. S. Irrigação suplementar de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) ciclo cana soca: um modelo de análise de decisão para o Estado de São Paulo. Piracicaba, 1998. 98p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP.
- NORSYS 2004. **Netica™ Application**: a complete software package to solve problems using Bayesian belief networks and influence diagrams. Disponível em: <<http://www.norsys.com/netica.html>>. Acesso em: 15 jun. 2004.
- SANTOS, M. A. L. Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp): um modelo de análise de decisão para o Estado de Alagoas. Piracicaba, 2005. 100p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP.
- SCARDUA, R. O clima e a irrigação na produção agro-industrial da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). Piracicaba, 1985. 122p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP.
- SOUSA, I. C. de.; LEME, E. J. A.; ROSENFELD, U.; BATISTELLS, J. R.; BARBBIERI, V. Irrigação da cana-de-açúcar na região Norte Fluminense: Viabilidade Técnico-econômica. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 1-34, maio, 1980.
- USINA CORURIFE AÇÚCAR E ÁLCOOL. Demonstrativo agrícola, safra 2003/04. Coruripe, 2004. 30p.