

EFEITOS DE DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE SULCOS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*)

E. GALVANI^{1,5}, V. BARBIERI², A.B. PEREIRA³, N.A. VILLA NOVA^{2,4}

¹Doutorando em Energia na Agricultura, FCA-UNESP-Botucatu.

²Depto. de Física e Meteorologia, ESALQ-USP.

³Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, UEPG-PR.

⁴Bolsista do CNPq.

⁵Bolsista FAPESP.

RESUMO: A produtividade final da cana-de-açúcar, dentre outros fatores de produção, é afetada pela distância entre linhas de plantio. O rendimento potencial é obtido, para cada genótipo considerado, sob condições ideais de clima e solo, estando as plantas dispostas em espaçamentos ideais. Diversos experimentos revelaram haver aumento de produtividade agrícola da cana-de-açúcar com a utilização de menores espaçamentos entre sulcos. O presente estudo foi conduzido em estações experimentais de 5 municípios (Araras/SP, Pirassununga/SP, Pradópolis/SP, Rubiácia/SP e Cristalina/GO), sujeitos às variações de clima, tipo de solo, espaçamento e material genético empregados, e teve por objetivo analisar o comportamento da espécie, em termos de produção agrícola, e propor equações de incremento ou depleção da produção potencial como função do espaçamento adotado.

Descritores: espaçamento, produtividade, cana-de-açúcar

EFFECTS OF INTER-ROW SPACINGS ON THE PRODUCTIVITY OF THE SUGAR CANE (*Saccharum spp.*) CROP

ABSTRACT: The final productivity of sugar cane, among other yield factors, is affected by the distance between the row of plants. The potential production is obtained, for each genotype considered, under ideal edapho-climatic conditions, being the plants placed in ideal spacings. Several experiments present increases of the agricultural productivity of sugar cane with the use of narrower spacings between rows of plants. The present survey was performed at experimental stations of five districts (Araras/SP, Pirassununga/SP, Pradópolis/SP, Rubiácia/SP and Cristalina/GO), presenting variations in climate, soil, spacing and genetic material studied, with the objective of analysing the behaviour of the species, in agricultural production terms, and to propose equations to estimative the potential production as a function of the spacing to be adopted.

Key Words: spacing, productivity, *Saccharum spp.*

INTRODUÇÃO

Um dos fatores que contribue para a produtividade final da cana-de-açúcar é a distância entre as linhas de plantio. Dentre os trabalhos pioneiros referentes a diferentes espaçamentos em cana-de-açúcar, destaca-se o de Stubbs (1892), cujos estudos datam de 1890 onde os resultados já mostravam que a produtividade era maior nos espaçamentos na faixa de 1,0 m, em comparação àqueles situados em torno de 2,0 m.

No transcorrer deste século, diversos experimentos foram realizados e, de uma maneira geral, as primeiras tendências observadas foram confirmadas, desde que as condições do meio físico

fossem consideradas normais para a cultura. Também o clima é um fator importante no aumento ou redução da produtividade final da cana-de-açúcar, quando cultivada em espaçamentos estreitos e em regiões de altas latitudes (distantes do equador), proporcionam maior produtividade, devido ao melhor aproveitamento do solo e da radiação solar incidente durante a estação de crescimento, sendo nestas latitudes mais "curta" devido ao longo período com baixas temperaturas. Este fato é explicado pela maior velocidade de crescimento da área foliar nos menores espaçamentos, durante todo o ciclo da cultura (Shih & Gascho, 1980a). Contudo, em regiões de baixa latitude, com estação de crescimento mais "longa",

encontram-se resultados que não justificam a redução do espaçamento (Irvine *et al.*, 1980b; Matherne, 1971).

Analisando uma série de resultados de trabalhos realizados em Java, Dillewijn (1952), conclui que existe um espaçamento ótimo para cada variedade no qual esta atinge o máximo de produção. Saliencia ainda o autor que folhas eretas respondem melhor em espaçamentos menores, devido ao fato do melhor aproveitamento da radiação solar nos processos fotossintéticos e, também um menor aquecimento da superfície foliar, uma vez que com as folhas eretas, têm-se um aumento do ângulo de incidência da radiação solar e, conseqüentemente um aquecimento menor da folha. Em concordância com Dillewijn (1952); Rosenfeld (1963), afirma que para cada tipo de planta e solo existe uma produção máxima teórica, e este máximo somente será obtido sob condições ideais de clima e solo, estando as plantas dispostas em espaçamentos ideais.

Webster (1931) concluiu que os espaçamentos menores acarretam maiores produções, porém necessita-se de uma comparação de custos para se definir se os espaçamentos menores produzem acréscimos suficientes para cobrir os consequentes aumentos nos custos de produção.

Veiga & Amaral (1952) constataram que o espaçamento de 0,90 m apresentou maior número de colmos, e a produtividade agrícola foi significativamente maior quando comparada àquela obtida com os espaçamentos de 1,50 m e 1,80 m. Ainda estes autores constataram que a influência da distância entre os sulcos de plantio sobre o rendimento é maior na cana-planta e, praticamente desaparece no terceiro corte.

Pereira Júnior, (1984) observou que a redução de espaçamento de 1,80 m para 1,50 m acarretou acréscimos na produtividade agrícola, da ordem de 23%.

Tse & Chu (1967) concluíram que os espaçamentos entre os toletes é mais importante que o espaçamento entre as fileiras, recomendando para a variedade estudada (F.146), o espaçamento de 1,25 m e a distância de 0,30 m entre toletes.

Resultados experimentais mostram haver aumento na produtividade agrícola da cana-de-açúcar com a utilização de menores espaçamentos entre sulcos (Herbert *et al.* (1965); Boyce (1968); Matherne (1971); Paranhos (1972); Rosa & Redman (1975); Redman & Rosa (1976a); Tang (1977);

Matherne & Irvine (1978); Irvine *et al.* (1980a); Irvine & Benda (1980); Shih & Gascho (1980a) e Barbieri (1981). O aumento da produtividade é justificado pelo aumento da população nos espaçamentos menores (Boyce (1968); Paranhos (1972); Kanwar & Sharm (1974); Matherne & Irvine (1978); Irvine *et al.* (1980a) e Shih & Gascho (1980b)).

Devido ao aumento populacional há uma diminuição no diâmetro do colmo (Thompson & Toit (1965); Boyce (1968); Paranhos (1972); Irvine *et al.* (1980); Shih & Gascho (1980a)), implicando em colmos mais leves, sem, contudo, haver variação significativa em seu comprimento (Thompson & Toit (1965); Boyce (1968); Matherne (1971); Shih & Gascho (1980b)). As variações nas características dos colmos não alteraram as qualidades industriais, não havendo variações no teor de sacarose dos colmos (Boyce (1968); Rouillard (1969); Paranhos (1972); Kanwar & Sharm (1974); Redman & Rosa (1976b); Tang (1977); Matherne & Irvine (1978) e Irvine & Benda (1980)). Em espaçamentos muito fechados (28 colmos.m²) observou-se pequenos aumentos no teor de fibra do colmo (Irvine & Benda, 1980). Em espaçamentos menores o índice de área foliar é maior durante todo o ciclo da cultura (Shih & Gascho, 1980a; 1980b). Dessa forma, os gastos com controle de ervas daninhas são reduzidos devido a competição precoce da cana-de-açúcar com o mato (Rosa & Redman, 1975).

Com base na revisão de literatura acima propõe-se o quadro a seguir. (Quadro1).

Este estudo teve a finalidade de analisar o comportamento da cana-de-açúcar, em termos de produção agrícola, cultivada em cinco locais distintos, apresentando variações de clima, tipo de solo, espaçamento e material genético empregado, bem como, propor equações que possam expressar a variação da produção potencial em função do espaçamento adotado.

MATERIAL E MÉTODOS

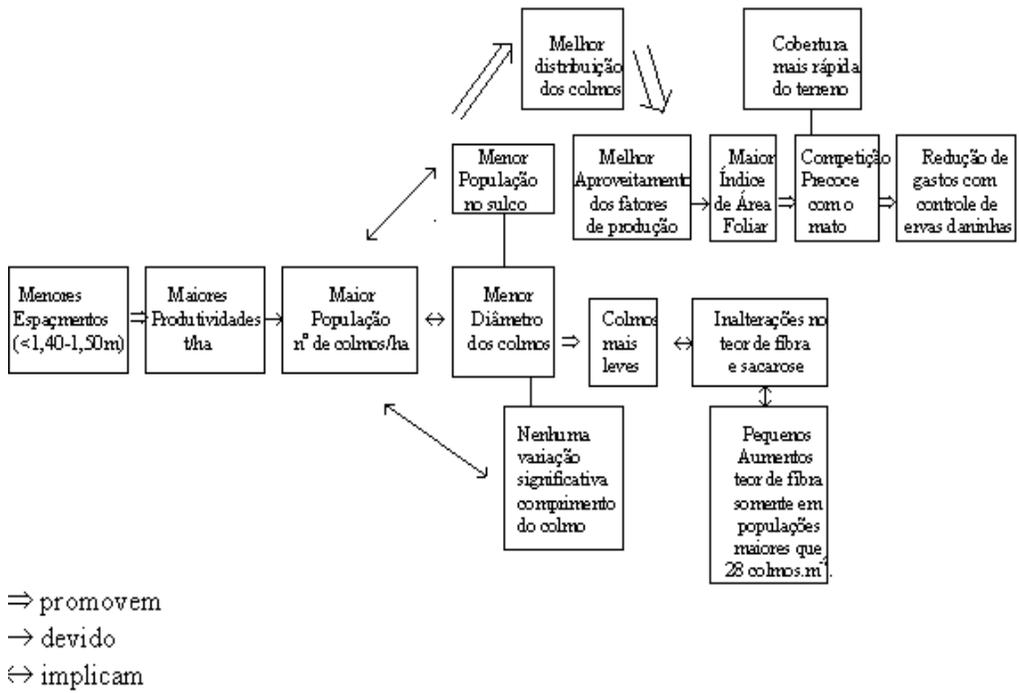
As localizações e as variáveis utilizadas encontram-se na TABELA 1.

O tamanho das unidades experimentais foi de aproximadamente 7 sulcos de 12,0 m de comprimento, sendo considerado área útil os três sulcos centrais com 10,0 m de comprimento, justamente para tentar minimizar o efeito advectivo de áreas adjacentes.

TABELA 1 - Localização e variáveis utilizadas nos experimentos de espaçamento de plantio.

Exp.	Local	Latitude	Longitude	Espaçamento	Ano-Plantio	Variedades	Repet.	Colheitas	Solo	Adução kg/ha
1	Araras-SP	22°18'S	47°23'W	110;150;170	1977	IAC51-205 CB47-355 CB41-76 C.0740 NA56-79	4	CP; 1ªS; 2ªS; 3ªS	LE	140-120-120 (90-40-120)*
2	Pirassununga-SP	21°59'S	47°25'W	110;120;130; 140;150;170; 190	1980	NA56-79 IAC51-205 IAC52-150	4	CP; 1ªS; 2ªS	LE	65-125-125 (60-30-120)*
3	Pradópolis-SP	21°22'S	48°04'W	90;120;150; 180	1981	NA56-79 IAC52-150	5	CP; 1ªS; 2ªS	LR	60-120-120 (90-30-150)*
4	Rubiácia-SP	21°10'S	51°10'W	90;120;150; 180	1981	NA56-79 IAC52-150 CP51-22	6	CP; 1ªS; 2ªS	PVAe	60-105-110 (60-50-80)*
5	Cristalina-GO	16°03'S	47°27'W	90;120;150; 180	1981	NA56-79 IAC51-205 CP51-22	4	CP; 1ªS	LVA	130-330-250 + 5 de ZnSO4 (130-50-170)*

CP = Cana planta
1ª S = primeira soca
2ª S = segunda soca
3ª S = terceira soca



Quadro 1 - Interações entre espaçamento e produtividade da cana-de-açúcar.

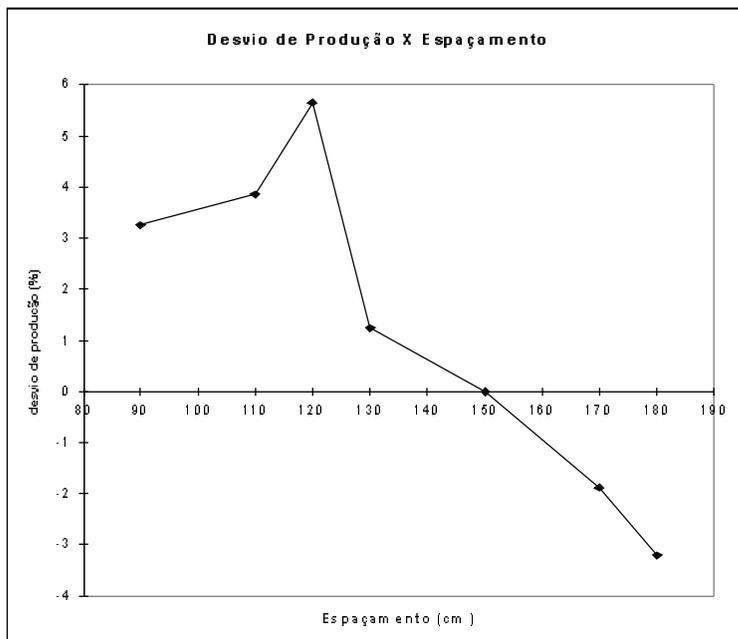


Figura 1 - Desvio de produção médio para todas as variedades estudadas em todas as localidades contra espaçamentos.

TABELA 2 - Média da produtividade (t/ha) e suas variações percentuais ($\Delta\%$) com relação ao espaçamento convencional (150 cm).

Local	ESPAÇAMENTO (cm)											
	90	110	120	130	150	170	180	190				
	t/ha	$\Delta\%$	t/ha	$\Delta\%$	t/ha	$\Delta\%$	t/ha	$\Delta\%$	t/ha	$\Delta\%$	t/ha	$\Delta\%$
Araras-SP	127.0	+14.0			111.4	0.0	102.4	-8.8				
Pirassununga-SP	145.1	+5.3	152.3	+10.6	146.3	+6.2	137.7	-0.6	136.9	-0.6		
Pradópolis-SP	101.3	+7.7	104.6	+10.8			94.0	0.0			91.8	-2.3
Rubiácea-SP	125.1	-2.0	132.3	+3.3			128.1	0.0			118.2	-7.7
Cristalina-SP	75.1	+10.6	70.3	+3.5			67.9	0.0			63.8	-6.0

$\Delta\%$ = Variações percentuais ($\Delta\%$) da produtividade (t/ha) com relação ao espaçamento convencional (150 cm)

X = Espaçamento.

$\bar{Y} = \Delta\%$ (estimado).

Araras-SP

$\bar{Y} = 60.444 - 0.401 * X$ F = 64.8 ** R = 0.740 n = 60

Pirassununga-SP

$\bar{Y} = 21.540 - 0.129 * X$ F = 18.6 ** R = 0.514 n = 54

Pradópolis-SP

$\bar{Y} = 22.083 - 0.134 * X$ F = 22.6 ** R = 0.712 n = 24

Rubiácea-SP

$\bar{Y} = 6.371 - 0.0654 * X$ F = 4.9 * R = 0.342 n = 36

Cristalina-SP

$\bar{Y} = 26.344 - 0.179 * X$ F = 55.6 ** R = 0.846 n = 24

A adubação foi baseada nas análises de solo e o adubo aplicado por unidade de área. Em todos os tratamentos utilizaram-se 12 gemas por metro linear de sulco. Os resultados foram confrontados estatisticamente através de análise de regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TABELA 2 apresenta as análises de regressão das variações percentuais de produtividade agrícola em função do espaçamento convencional (1,50 m), juntamente com a produtividade média em toneladas por hectare. Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Herbert *et al.* (1965); Boyce (1968); Matherne (1971); Paranhos (1972); Rosa & Redman (1975); Redman & Rosa (1976a); Tang (1977); Matherne & Irvine (1978), Irvine *et al.* (1980a; 1980b), Barbieri (1981) e Pereira Júnior (1984) e comprovam a obtenção de maior produtividade nos menores espaçamentos.

Nos experimentos conduzidos em solos de média e alta fertilidade e distribuição adequada de chuvas, os espaçamentos de 1,10 m e 1,20 m proporcionaram maiores produtividades, enquanto que em solos de baixa fertilidade e distribuição irregular das chuvas o espaçamento de 0,90 m foi o mais produtivo (Cristalina-GO).

O menor acréscimo médio foi observado em Rubiácia-SP, onde o espaçamento de 1,20 m produziu 3,3% a mais que o plantio convencional, equivalendo a um acréscimo de 4,1 toneladas de cana por hectare. O maior acréscimo médio é observado em Araras-SP, onde o espaçamento de 1,10 m entre os sulcos, apresentou 14% a mais de produtividade agrícola, quando comparado com o espaçamento convencional, implicando em acréscimo de 15,6 toneladas de cana por hectare.

Considerando estes resultados, sugere-se então que para plantios comerciais seja adotado espaçamento de 1,20 m, uma vez que ele se adequa as dimensões das máquinas utilizadas na lavoura de cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

- A produtividade nos espaçamentos menores é maior, pelo fato de haver um maior índice de área foliar nos espaçamentos menores e, conseqüentemente um maior acréscimo na taxa

líquida de fotossintetizados em função da maior absorção da radiação solar.

- A redução de espaçamento de 1,80m para 0,90m, acarretou acréscimos da ordem de 9% na produtividade agrícola, representando um montante de 9,24 toneladas de cana por hectare.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBIERI, V.; BACCHI, O.O.S.; VILLA NOVA, N.A. Espaçamento em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2., Rio de Janeiro, 1981. **Anais.** Rio de Janeiro: STAB, 1981. v.3, p.512-522.
- BOYCE, J.P. Plant crop results of row spacing experiment at Pongola. In: ANUAL CONGRESS OF THE SOUTH AFRICAN SUGAR ASSOCIATION, 42., Durban, 1968. **Proceedings.** Durban: South African Sugar Association, 1968. p.136-141.
- DILLEWIJN, C. **Botany of sugar cane.** Walthen: Chronica Botanica, 1952. p.136-141. 359p.
- HERBERT, L.P.; MATHERNE, R.J.; DAVIDSON, L.G. Row-spacing experiment with surgarcane in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., San Juan, 1965. **Proceedings.** San Juan: ISSCT, 1965. p.96-102.
- IRVINE, J.E.; BENDA, G.T.A. Sugar cane spacing II. Effects of spacing on the plant. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980. **Proceedings.** Manila: ISSCT, 1980. p.357-367.
- IRVINE, J.E.; BENDA, G.T.A.; RICHARD, C.A. Sugar cane spacing I. Historical and theoretical aspects. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980a. **Proceedings.** Manila: ISSCT, 1980a. p.350-356.
- IRVINE, J.E.; RICHARD, C.A.; GARRISON, D.D.; JACKSON, W.R. Sugar cane spacing III. Development of production techniques for narrow rows. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980b. **Proceedings.** Manila: ISSCT, 1980b. p.368-376.
- KANWAR, R.S.; SHARM, K.K. Effect of interrow spacing on tiller mortality, stalk population and yield of sugar cane. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15., Manila, 1974. **Proceedings.** Manila: ISSCT, 1974. p.751-755.

- MATHERNE, R.J. Influence of interrow spacing and planting rate on stalk population and cane yield in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 14., New Orleans, 1971. **Proceedings**. New Orleans: ISSCT, 1971. p.640-645.
- MATHERNE, R.J.; IRVINE, J.E. The influence of row spacing on sugarcane stalk population, content and cane yield. **Proceedings of the American Society of Sugar Cane Technologist**, v.7, p.96-100, 1978.
- PARANHOS, S.B. Espaços e densidades de plantio em cana-de-açúcar. Piracicaba, 1972. 109p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PEREIRA JUNIOR, A.C.G. Efeitos da irrigação e do espaçamento no desenvolvimento e na produção de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) Piracicaba, 1984. 142p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- REDMAN, F.H.; ROSA, L.E. De la. Efecto del espaciamento entre surcos en los rendimientos de la caña de azúcar (I). **El Cañero**, v.5, n.6, p.1-5, 1976a.
- REDMAN, F.H.; ROSA, L.E. De la. Efecto del espaciamento entre surcos en los rendimientos de la caña de azúcar (II). **El Cañero**, v.5, n.7/8, p.2-4, 1976b.
- ROSA, J.E. De la; REDMAN, F.H. Ensayo de espaciamento entre surcos en cana de azúcar. **El Cañero**, v.4, n.1/2, p.4-5, 1975.
- ROUILLARD, G. Climate and cultivation. 2. Results on spacing experiments. **Annual Report. Mauritius Sugar Industry Research Institute**. p.102-104, 1969.
- SHIH, S.F.; GASCHO, G.J. Relationships among stalk length, leaf area, and dry biomass of sugarcane. **Agronomy Journal**, v.72, n.2, p.309-313, 1980a.
- SHIH, S.F.; GASCHO, G.J. Sugarcane stalk distribution in two row spacings. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980b. **Proceedings**. Manila: ISSCT, 1980b. p.38-51.
- TANG, K.H. Effects of inter-row spacing of yields of sugar cane in Taiwan. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo, 1977. **Proceedings**. São Paulo: ISSCT, 1977. p.855-859.
- THOMPSON, G.D.; TOIT, J.L. du. The effects of row spacing on sugar cane crops in Natal. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 12., San Juan, 1965. **Proceedings**. San Juan: ISSCT, 1965. p.103-112.
- TSE, C.C.; CHU, J.M. Study of the planting spacing of sugar cane new variety F.146. **Taiwan Sugar Experiment Station**, n.3, p.71-81, 1967.
- VEIGA, F.M.; AMARAL, E. Ensaio de espaçamento de cana-de-açúcar. **Boletim do Serviço de Pesquisas Agrônomicas**, v.8, p.1-28, 1952.
- WEBSTER, J.N.P., Widths of cane row in various sugar cane countries. **Hawaiian Planters Records**. v.35, p.217-31, 1931.

Recebido para publicação em 16.02.96
Aceito para publicação em 25.04.97