

Sistema de Colheita e Cultivo Mecânico Associados à Adubação Nitrogenada em Cana-de-Açúcar⁽¹⁾.

Sérgio Gustavo Quassi de Castro⁽²⁾; Miguel Angelo Mutton⁽³⁾; Paulo Sérgio Graziano Magalhães⁽⁴⁾; Henrique Coutinho Junqueira Franco⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da bolsa de pós-graduação CAPES para o curso de mestrado.

⁽²⁾ Estudante de Pós-Graduação (Doutorado); Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI-UNICAMP); Campinas, SP; sergio.castro@bioetanol.org.br; ⁽³⁾ Professor Doutor; Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV-UNESP); ⁽⁴⁾ Professor Doutor; Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI-UNICAMP); ⁽⁵⁾ Pesquisador Agrícola; Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE-CNPEM).

RESUMO: A presença da palha no campo, oriunda da colheita mecanizada implica mudanças no manejo da cana-de-açúcar. O objetivo foi avaliar o desenvolvimento da cana-de-açúcar submetida a diferentes sistemas de colheita, associado a realização ou não do cultivo mecânico, juntamente com a aplicação de doses distintas de fertilizante nitrogenado. O trabalho foi desenvolvido em um Latossolo Vermelho Acriférico. O delineamento foi em blocos casualizados com parcelas subsubdivididas, em quatro repetições, na qual os tratamentos principais eram os sistemas de colheita; os tratamentos secundários o cultivo mecânico; e os tratamentos terciários as doses de N usando como o nitrato de amônio. Os sistemas de colheita diferiram entre si, na qual a cana queimada obteve produtividade superior a cana crua. O cultivo mecânico não apresentou efeito na produtividade da cultura. As doses superiores à 60 kg ha⁻¹N obtiveram as maiores produtividades de colmos, com destaque para a dose de 120 kg ha⁻¹N.

Termos de indexação: Produtividade, Mecanização Agrícola, Avaliações.

INTRODUÇÃO

A colheita mecanizada da "cana crua" contribui significativamente para a redução das emissões atmosféricas de gases do efeito estufa devido ao sequestro de carbono e reciclagem de nutrientes no solo (Macedo et al., 2008). Devido a esse aspecto, 70% de toda a colheita no Brasil, é feita com o uso de máquinas e sem despalha a fogo (Idea, 2012).

A palhada de cana-de-açúcar contém em média de 390 a 450 g kg⁻¹ de carbono (C) e 4,6 a 6,5 g kg⁻¹ de nitrogênio (N), uma relação C:N de aproximadamente 100:1 (Robertson et al., 2007), podendo fomentar o processo de imobilização do nitrogênio do solo por microorganismos (Vitti et al., 2007).

O N é um elemento essencial para a produção vegetal e a absorção desse nutriente pela cana-de-açúcar varia de 100 até 300 kg ha⁻¹ para a produção de 100 Mg ha⁻¹ de colmos (Cantarella et al., 2007; Franco et al., 2008). Com a colheita da cana crua se espera um aumento na necessidade da adubação nitrogenada nas socas (Rossetto et al., 2010), apesar de que um efeito compensatório possa surgir

ao longo do ciclo agrícola tendo em vista a mineralização gradual que libera o N da palhada (Fortes et al., 2011; Fortes et al., 2013).

A compactação do solo, na lavoura de cana-de-açúcar, oriunda do tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas, proporciona redução linear da porosidade total e da aeração do solo (Borges et al., 1999). Assim, se utiliza o cultivador de haste profunda no cultivo da entrelinha da soqueira para promover a descompactação do solo. Estudos sobre o cultivo mecânico da soqueira de cana-de-açúcar relacionado com a produtividade de colmos tem indicado um efeito deletério do cultivo na lavoura, principalmente em áreas de colheita mecanizada sem queima prévia da palha (Ide et al., 1994; Campanhão, 2003; Castro et al., 2012).

Nesse contexto, o objetivo foi avaliar o desenvolvimento da cana-de-açúcar submetida a diferentes sistemas de colheita, associado a realização ou não do cultivo mecânico juntamente com a aplicação de doses de fertilizante nitrogenado na safra 2011/2012.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na região de Sales Oliveira – SP (20°52'31"S, 47°57'56"W), em um Latossolo Vermelho Acriférico caracterizado como ambiente de produção D1 para o cultivo da cana-de-açúcar, apresentando baixa retenção de água, baixa saturação de base (V%) e média capacidade de troca catiônica (CTC). A variedade utilizada foi a SP81-3250 estando em segunda soca (3º corte) a qual apresenta maturação média e boa brotação sobre a palha.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subsubdivididas em quatro repetições, na qual, os tratamentos principais (parcelas) eram os sistemas de colheita (cana crua ou cana queimada); os tratamentos secundários (subparcelas) à realização ou não do cultivo mecânico; e os tratamentos terciários (subsubparcelas) as doses (0,30,60,90,120, e 160 kg ha⁻¹ N) aplicados em soqueira utilizando como fonte nitrogenada o nitrato de amônio (33%N).

Cada parcela constituiu-se por quinze linhas de cana-de-açúcar com 500m de comprimento. As

subparcelas constituíram-se por dez linhas de cana-de-açúcar com 250m, e as subsubparcelas por cinco linhas com dez metros de comprimento totalizando uma área de 5,74 hectares.

Previamente a instalação dos tratamentos foi realizada amostragem de solo (**Tabela 1**) à diferentes profundidades (0-0,2 e 0,2-0,4m), para avaliação dos atributos químicos do solo, e correções necessárias elevando o pH próximo a 6 e saturação de bases (V%) a 60%.

A instalação dos tratamentos primários ocorreu em julho de 2009 estando a cana-de-açúcar no primeiro corte. Para a instalação dos tratamentos primários, foi planejada uma logística para a colheita da cana crua e da cana queimada ser o mais próximo possível. Após a queima foi realizado o corte e transporte da cana queimada de forma que não houve diferença temporal entre a colheita da cana crua e cana queimada a qual poderia influenciar a brotação.

Dez dias após a colheita (10 DAC) foi realizada a fertirrigação com vinhaça em área total aplicando ao solo $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$.

Em outubro de 2010 (90 DAC - dias após o 2º corte) foi feita a instalação das subparcelas, na qual ocorreu a realização do cultivo mecânico nos blocos de cana crua e cana queimada utilizando um cultivador haste dupla São Francisco acoplado a um trator de 81 kw 4x2 TDA. Aos 120 DAC (novembro - 2010) foi feita a instalação das subsubparcelas, na qual a aplicação do fertilizante nitrogenado com suas respectivas doses foram feitas de forma manual em uma faixa com 0,10 m de largura ao lado da soqueira de cana-de-açúcar em todas as linhas constituintes das subsubparcelas.

Em julho de 2011, antes da colheita, foi realizada uma avaliação biométrica mensurando o número de colmos presentes em cada subsubparcela onde se retirou 50 colmos. A retirada desses colmos foi feita ao acaso nas cinco linhas centrais retirando-se dez colmos sequenciais, os quais após terem sido limpos e despontados, foram submetidos a pesagem em balança eletrônica, medição da altura (fita métrica) e diâmetro de colmos (paquímetro digital). Para cálculo da produtividade (Mg ha^{-1}) foi realizada uma interpolação entre os dados do estande de plantas (colmos m^{-1}) em pré colheita e o peso de 50 colmos.

Na análise estatística dos dados e uso de regressões, utilizou-se o programa estatístico AgroEstat (Barbosa et al., 2011). Os dados foram submetidos a ANOVA, e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de colmos (Mg ha^{-1}) nos diferentes sistemas de colheita apresentou

diferenças (**Tabela 2**). A cana queimada obteve produtividade superior a cana crua, o qual pode ser atribuído em parte ao efeito negativo da palhada gerada nesse sistema na brotação da soqueira (Prado et al., 2008). É possível notar um efeito compensatório no fornecimento de nitrogênio para a cana-de-açúcar (Rossetto et al., 2010), visto que na cana crua as doses a partir de $60 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ apresentaram produtividades as quais não se diferiram entre si, sendo que na cana queimada isso só ocorreu a partir da dose de $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. Este fato está relacionado aos benefícios da palha no sistema de colheita da cana crua (retenção da umidade no solo), e a mineralização do N contida na mesma (Fortes et al., 2011).

As doses de 60 a $160 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ alcançaram as maiores produtividades independentemente do sistema de colheita adotado (**Tabela 2**) e da realização ou não do cultivo mecânico (**Tabela 3**). Assim ocorre um descompasso entre a palhada presente no campo e o aumento da necessidade da adubação nitrogenada em soqueira de cana crua (Fortes et al., 2013) em função da imobilização do N pelos microorganismos presentes na biota do solo (Vitti et al., 2007). O fato das maiores produtividades estarem em um grande intervalo de doses (60 a $160 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$) chegando a diferença de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, ressalta a alta demanda da cultura pelo nitrogênio Franco et al., 2008).

As interações dose x sistema de colheita (**Tabela 2**) e dose x cultivo mecânico (**Tabela 3**) não foram significativas, mas, em ambos os casos as regressões quadráticas foram significativas e a dose de $120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ obteve a produtividade máxima sedimentando a relação de 1,2 kg de N por tonelada de colmo estimada quando se trata de cana crua (Cantarella et al., 2007).

A realização ou não do cultivo mecânico não apresentou diferenças significativas na produtividade da cana-de-açúcar (**Tabela 3**). A cana queimada cultivada ou não apresentou maior produtividade que a cana crua (**Tabela 4**), diferindo dos resultados apresentados por Ide et al. (1994). Esse comportamento se correlaciona com a quantidade de palha no campo e ao momento ideal (umidade no solo) para a realização do cultivo mecânico o que permite maior desenvolvimento radicular (Borges et al., 1999) e maior aproveitamento dos nutrientes pela planta (Vitti et al., 2007).

Na cana crua a realização ou não do cultivo mecânico (**Tabela 4**) apesar de ter sido não significativa a diferença na produtividade de colmos, existiu tendência de maiores valores na área não cultivada, como o apresentado por Castro et al. (2012), visto que a diferença obtida em relação à área cultivada ficou próxima a DMS (5%). Assim, a decisão do momento ideal para a realização do

cultivo na cana crua, é fator preponderante, no aspecto de evitar um efeito deletério na produtividade de colmos inerente a operação do cultivo mecânico (Campanhão, 2003).

CONCLUSÕES

Os sistemas de colheita diferem entre si. A cana queimada apresenta maior produtividade de colmos que a cana crua.

A fertilização nitrogenada em soqueira possibilita aumento na produtividade de colmos, principalmente para doses superiores a 60 kg ha⁻¹N, com destaque para a dose de 120 kg ha⁻¹N independentemente do sistema de colheita adotado e da realização ou não do cultivo mecânico.

A realização ou não do cultivo mecânico da soqueira de cana-de-açúcar não apresenta diferença na produtividade da cultura, o que ressalta à importância de avaliar a necessidade dessa operação pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos, 1: 1-626, 2011.
- BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; BORGES, E.V.S.; Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho-Escuro textura média. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34:1663-1770, 1999.
- CAMPANHÃO, J.M. Manejo da soqueira de cana-de-açúcar submetida à queima acidental da palhada remanescente da colheita mecanizada. 2003 75f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003.
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. & VITTI, G.C. (Ed.) Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. 1.ed. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p.407-464.
- CASTRO, S.G.Q.; MUTTON, M.A.; BARBOSA, J.C.; QUASSI DE CASTRO, S.A. Aplicação Diferenciada de Nitrogênio em Soqueira de Cana-de-Açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30 ed. 2012. Anais... Maceió AL, SBCS/UFAL, 2012.
- FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; FERREIRA, D.A.; FRANCO, H.C.J.; OTTO, R. Recovery of Nitrogen (15N) by sugarcane from previous crop residues and urea fertilization under a minimum tillage system. Sugar Technology, 13:42-46, 2011.
- FORTES, C.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FRANCO, H.C.J.; FARONI, C.E. Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48:88-96, 2013.
- FRANCO, H.C.J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; SARTORI, R.H.; TRIVELIN, M.O. Acúmulo de nutrientes pela cana planta. STAB Açúcar Álcool e Subprodutos, 26:47-51, 2008.
- IDEA Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial – Boletim Mensal Agrícola do IDEA – Disponível em: (www.ideaonline.com.br) , Acesso em: 12 de Jun. 2012.
- IDE, B.Y.; OLIVEIRA, M.A.; LOPES, J.R. Cultivo de soqueira em cana-de-açúcar. Piracicaba: Centro de Tecnologia Coopersucar, 1994. p. 15-21. (Boletim Técnico, 26).
- MACEDO, I.C.; SEABRA, J.E.A.; SILVA, J.E.A.R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. Biomass and Bioenergy, 32:582-595, 2008.
- PRADO, R.M.; PANCELLI, M.A. Resposta de soqueiras de cana-de-açúcar à aplicação de nitrogênio em sistema de colheita sem queima. Bragantia, 67:951-959, 2008.
- ROBERTSON, F.A.; THORBURN, P.J. Decomposition of sugarcane harvest residue in different climatic zones. Australian Journal Soil Research, 45:1-11, 2007.
- ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; LANDELL, M.G.A.; CANTARELLA, H.; TAVARES, S.; VITTI, A.C.; PERECIN, D. N and K fertilization of sugarcane rations harvested without burning. In: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGY, Proceedings... 27:1-8, 2010.
- VITTI, A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; GAVA, G.J.C. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:49-256, 2007.

Tabela 1 – Análise química de rotina para caracterização da área.

Profundidade	pH	M.O	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%
m	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³							%
0-0,2	5.3	30	8	12	2.3	27	6	0	34	35	69	51
0,2-0,4	4.9	22	21	26	1.1	15	5	1	33	21.7	54.7	39.7

Teor de Argila (0-0,2m): 705 g kg⁻¹; Teor de Argila (0,2-0,4m): 729 g kg⁻¹

Tabela 2: Valores médios de produtividade de colmos em função dos sistemas de colheita e doses de nitrogênio.

Dose (kg ha ⁻¹ N)	0	30	60	90	120	160	Média	F
Cana Crua	66,22B	79,35AB	84,57A	86,13A	91,93A	91,32A	83,305b	7,65**
Cana Queimada	72,65C	81,77BC	90,18AB	97,08A	98,26A	96,85A	89,465a	8,99**
F	1,85ns	0,20ns	1,41ns	5,36*	1,79ns	1,37ns		

F: sistema de colheita: 14,56*; doses: 16,30**; sistema de colheita x doses: 0,34ns. Coeficiente de variação (CV%): 9,16%; 11,27%, respectivamente para sistema de colheita, e doses. DMS(5%) gerais: 5,1392; 10,1313 para sistema de colheita e doses. DMS(5%) interação: 14,3278. F regressão quadrática 4,35*, R²: 0,9869(y = 101,228 + 0,239x - 0,0008x²); Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.

Tabela 3: Valores médios de produtividade de colmos em função do cultivo mecânico e doses de nitrogênio.

Dose (kg ha ⁻¹ N)	0	30	60	90	120	160	Média	F
Não Cultivado	69,92B	82,82AB	83,69AB	97,14A	94,49A	96,76A	87,47a	9,68**
Cultivado	68,96C	78,60BC	91,07AB	86,07AB	95,69A	91,41AB	85,30a	8,29**
F	0,04ns	0,82ns	2,49ns	5,62*	0,07ns	1,31ns		

F: Cultivo Mecânico: 2,25ns; doses: 16,30**; cultivo mecânico x doses: 1,67ns. Coeficiente de variação (CV%): 8,22%; 11,27%, respectivamente para cultivo mecânico, e doses. DMS(5%) gerais: 3,5456; 10,1313 para cultivo mecânico e doses. DMS(5%) interação: 5,1304. F regressão linear e quadrática 3,58*, 5,68*, respectivamente; R²: 0,9254 (y = 70,4797144 + 0,36918389x - 0,00129036x²). Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.

Tabela 4: Valores médios de produtividade de colmos em função da interação do cultivo mecânico e sistema de colheita

	Cana Crua	Cana Queimada	Média	F
Não Cultivado	84,64Ba	90,30Aa	87,47a	9,42*
Cultivado	81,97Ba	88,63Aa	85,30a	6,81*
Média	83,30B	89,46A		
F	3,85*	3,04*		

F: Cultivo Mecânico: 2,25ns; sistema de colheita: 14,56*; cultivo mecânico x sistema de colheita: 0,12ns. Coeficiente de variação (CV%): 8,22%; 9,16%, respectivamente para cultivo mecânico, e sistema de colheita. DMS(5%) gerais: 3,5456; 5,1392 para cultivo mecânico e sistema de colheita. DMS(5%) interação: 5,1392. Letras maiúsculas comparam médias na horizontal e letras minúsculas comparam médias na vertical.