

## Características tecnológicas da cana-de-açúcar sob aplicação de doses de vinhaça em Latossolo Vermelho distroférico

*Technological characteristics of sugar cane under application of doses the vinasse in Rhodic Hapludox*

Eber Augusto Ferreira do Prado<sup>1\*</sup>, Antonio Carlos Tadeu Vitorino<sup>1</sup>, Munir Mauad<sup>1</sup>, Simone Candido Ensinas<sup>2</sup> e Leandro Ramão Paim<sup>1</sup>

Submissão: 12/05/2016 / Aceite: 12/05/2017

### RESUMO

Um dos principais subprodutos da indústria sucroalcooleira é a vinhaça a qual é rica em nutrientes, especialmente potássio. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a qualidade tecnológica e produtividade da cana-de-açúcar, após aplicação de doses de vinhaça em cana de terceiro corte. O estudo foi realizado em um Latossolo Vermelho distroférico, franco argilo arenoso, na usina monte verde – BUNGE, no município de Ponta Porã, MS. Foi utilizado delineamento de blocos casualizados sendo avaliadas quatro doses de vinhaça (0; 450; 600 e 750 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) com cinco repetições. Foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar RB 855453 de ciclo precoce, com espaçamento entre linhas de 1,5 m. O plantio da cana ocorreu no ano de 2008, utilizando preparo convencional do solo. O POL% aumentou 3,38%, para o °BRIX% houve incremento de 5,03%, o AR% aumentou 22%, para a variável FIBRA% houve incremento de 6,7% e o ATR% aumentou 4,94%, com as doses de vinhaça. Para produtividade houve incremento de 4 Mg da menor para maior dose de vinhaça. A aplicação de doses de vinhaça melhorou a qualidade tecnológica, exceto pureza para a indústria. As doses da vinhaça aumentaram a produtividade da cana-de-açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** qualidade tecnológica, *Saccharum* spp., resíduo, produtividade.

### ABSTRACT

One of the main by-products of the sugar and alcohol industry is the vinasse which is rich in nutrients, especially potassium. The objective of this study

was to evaluate the quality of the technological characteristics and productivity of sugarcane after application of vinasse doses in the third cut cane. The study was conducted in Rhodic Hapludox sandy clay soil, in Monte Verde plant - Bunge in county Ponta Porã, MS. A randomized block design was used, four vinasse doses (0, 450, 600 and 750 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) with five repetitions were evaluated. sugarcane variety RB 855453 early cycle was used, with line spacing of 1.5 m. The planting of cane occurred in 2008, using conventional tillage. The POL% increased 3.38%, for the °BRIX%, there was an increase of 5.03%, the AR% increased 22%, for the variable FIBER%, there was a 6.7% e the ATR% increased 4.94%, with vinasse doses. For productivity, there was an increase of 4 Mg from the lowest to the highest dose of vinasse. The application of vinasse doses improved the quality of the raw material, except for industry purity. The vinasse doses increased the productivity of sugarcane.

**KEYWORDS:** technological quality, *Saccharum* spp., residues, productivity.

### INTRODUÇÃO

A expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil evidencia a produção de energias renováveis. A co-geração em usinas sucroalcooleira apresentou, nos últimos anos, expansão na matriz energética brasileira sinalizando um avanço no aproveitamento da bioenergia (energia contida na biomassa) que desponta ecológica, financeira e tecnologicamente adequada (MARQUES & PINTO 2013).

As usinas produzem como principal resíduo líquido a vinhaça, também conhecida por vinhoto, restilo ou calda. A vinhaça constitui o principal

<sup>1</sup>Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia, MS, Brasil.

\*Autor para correspondência <eberprado@hotmail.com>

efluente das destilarias de álcool (RESENDE et al. 2006). Sendo que este resíduo apresenta elevado conteúdo de potássio em relação aos minerais totais e aos nutrientes nitrogênio e fósforo (CÓ JÚNIOR et al. 2008). Podendo substituir a adubação mineral, tanto para cana-planta quanto para cana-soca (FRANCO et al. 2008).

O potássio é o cátion predominante e de maior importância na vinhaça (PRADO et al. 2014a). Tanto o excesso quanto a deficiência de potássio pode causar sérios problemas ao cultivo da cana-de-açúcar, podendo induzir à falta de magnésio (NOVAIS et al. 2007) e aumentar o teor de cinzas no caldo.

A aplicação da vinhaça através da fertirrigação é bastante difundida nas regiões canavieiras com resultados satisfatórios em relação às alterações químicas no solo, como o aumento de matéria orgânica, pH e teores de nutrientes totais (BEBÉ et al. 2009).

Quando aplicada adequadamente, cerca de  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de vinhaça equivale a uma adubação de  $61 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio,  $343 \text{ kg ha}^{-1}$  de K e  $108 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca (PENATTI 2013).

Trabalhos de pesquisa indicam que a aplicação de vinhaça altera a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar, aumentando os teores de POL, (TASSO JÚNIOR et al. 2007, SINGH et al. 2007, BARBOSA et al. 2013), Brix (TASSO JÚNIOR et al. 2007, SINGH et al. 2007, BARBOSA et al. 2012, BARBOSA et al. 2013), fibra (OLIVEIRA et al. 2009), rendimento teórico de açúcar recuperável (RTR  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) (BARBOSA et al. 2012).

A aplicação de  $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de vinhaça de alambique complementada com  $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$  proporcionou maior rendimento de colmos, não afetando as características tecnológicas da cana (OLIVEIRA et al. 2009). Para PAULINO et al. (2002) as maiores produções agrícolas e industriais são obtidas com as doses de vinhaça entre  $300$  e  $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Este trabalho está fundamentado na hipótese de que a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (POL%, BRIX%, AR%, PZA%, PCC%, FIBRA% e ATR  $\text{Kg t}^{-1}$ ) melhore com a aplicação de doses de vinhaça.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade tecnológica e a produtividade da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de vinhaça em Latossolo Vermelho distroférrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em campo, em área comercial da Usina Monte Verde (BUNGE – S/A), no município de Ponta Porã, MS, entre dezembro de 2010 e agosto de 2011. O local situa-se em latitude de  $22^{\circ}16'53''\text{S}$  e longitude  $55^{\circ}07'56''\text{W}$ , com altitude de  $400 \text{ m}$ . O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cwa (mesotérmico úmido), com verão chuvoso e inverno seco. Durante o período de realização do experimento a precipitação total foi de  $1059 \text{ mm}$  (Figura 1).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura franco argilo arenoso, com  $540 \text{ g kg}^{-1}$  de areia,  $360 \text{ g kg}^{-1}$  de argila e  $100 \text{ g kg}^{-1}$  de silte. As amostras deformadas do solo nas camadas de  $0,00 - 0,40 \text{ m}$  foram coletadas para caracterização química do solo, conforme metodologia descrita em SILVA (2009), cujos resultados se encontram na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro doses de vinhaça ( $0$ ;  $450$ ;  $600$  e  $750 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) e com cinco repetições, totalizando  $20$  unidades experimentais. Cada unidade experimental apresentava área de  $24 \text{ m}^2$  ( $6 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ ), em canal de soca de segundo ano e terceiro corte, variedade RB 855453 de ciclo precoce, com espaçamento entre linhas de  $1,5 \text{ m}$ . O plantio da cana ocorreu no ano de 2008, utilizando preparo convencional do solo, que consistiu de uma subsolagem a  $50 \text{ cm}$  de profundidade seguida de duas gradagens pesadas e uma niveladora. A adubação de plantio foi com  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 10-30-10.

As doses de vinhaça foram aplicadas no dia 10 de dezembro de 2010 quando as plantas apresentavam cinco a seis folhas totalmente expandidas. A análise química da vinhaça pelo método de espectrometria de plasma ICP (ICAP 6000 Thermo) apresentou as seguintes características: pH =  $4,30$ ; condutividade =  $2,39 \text{ mS/cm}$ ; salinidade =  $1,2 \text{ ppt}$ ; P =  $67,36 \text{ mg dm}^{-3}$ ; K =  $387,67 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Mg =  $84,01 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Ca =  $122,7 \text{ mg dm}^{-3}$ ; S =  $95,1 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Zn =  $1,5 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Si =  $8,23 \text{ mg dm}^{-3}$ ; B =  $0,035 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Fe =  $3,31 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Cu =  $0,32 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Mn =  $7,22 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Al =  $0,097 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Para se definir as doses de vinhaça aplicadas no solo, utilizou-se a fórmula proposta pela companhia de tecnologia de saneamento ambiental, CETESB (2015), com uso da concentração média de K na vinhaça. Foi considerado o teor de K no solo igual a

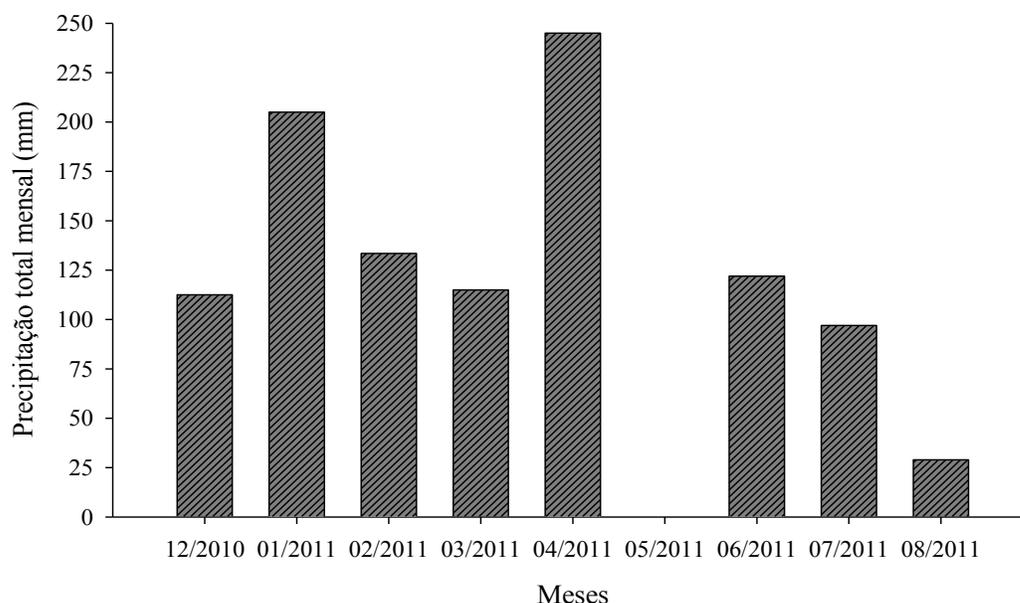


Figura 1. Precipitação pluviométrica total na área experimental, no período de condução do experimento, entre dezembro de 2010 e fevereiro de 2011.

Figure 1. Total rainfall in experimental area, in collection period, between December 2010 and February 2011.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental.

Table 1. Chemical analysis of the soil of the experimental field.

Camada m	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g Kg <sup>-1</sup>	P mg dm <sup>-1</sup>	H+Al	K	Ca Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC	SB	V %
0,00 – 0,20	5,3	6,7	26,0	1,4	0,15	4,2	1,0	6,8	5,4	79,4
0,20 – 0,40	5,0	5,0	25,0	1,6	0,05	0,6	0,2	2,5	0,9	36,0
Após aplicação das doses de vinhaça										
0,00 – 0,20	5,7	8,1	34,0	1,2	0,22	5,0	1,3	7,7	6,5	84,4
0,20 – 0,40	5,5	6,0	30	1,3	0,1	1,4	0,8	3,6	2,3	63,0

zero, a fim de se calcular a dose máxima do efluente. Embora os teores de K no solo tenham sido iguais a zero, este teor foi utilizado para isolar o efeito da CTC do solo, e para se ter uma ideia de quanto de K seria necessário para ocupar 5% da CTC, conforme recomendação da CETESB (2015). Assim, utilizou-se a equação;

$$\text{Dose (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)} = [(0,05 \times \text{CTC} - \text{ks}) \times 3.744 + 185] / \text{kvi}$$

Em que: CTC é a capacidade de troca catiônica a pH 7,0, em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; ks é a concentração de K no solo à profundidade de 0,80 m, em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 3.744 é a constante para transformar os resultados da análise de fertilidade para quilograma de K num volume de 8 000 m<sup>3</sup> (1 ha e 0,80 m de profundidade), em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; 185 é a massa de K<sub>2</sub>O extraído pela cultura, em kg ha<sup>-1</sup> por corte; kvi é a concentração de K na vinhaça, kg m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O. A dose máxima indicada para

as características química do solo em estudo conforme CETESB (2015) é de 1000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

A colheita foi realizada no dia 08/08/2011, onde foram retiradas amostras de 10 colmos por parcela, selecionados aleatoriamente. Os colmos foram encaminhados para o laboratório de análise de sacarose da Usina Monte Verde, com auxílio de uma prensa hidráulica, foram avaliadas as características tecnológicas da cultura da cana-de-açúcar, sendo que cada amostra foi analisada em duplicata.

Foram feitas análises de porcentagem aparente de sacarose (POL%), determinado por polarímetro, aparelho este óptico que mede o desvio do feixe de luz polarizada. Porcentagem de sólidos solúveis (BRIX%), porcentagem aparente de sólidos solúveis contidos em uma solução pura de sacarose. Porcentagem de açúcares redutores (AR%), utilizado para designar os açúcares glicose e frutose. Pureza do caldo (PZA%). Porcentagem de açúcar aparente

(PCC%), porcentagem de matéria insolúvel em água contida na cana (FIBRA%) e açúcares totais recuperáveis da cana até o xarope (ATR Kg t<sup>-1</sup>) conforme metodologia descrita em CONSECANA (2006). A determinação da produtividade da cultura foi feito segundo metodologia proposta por DINARDO-MIRANDA et al. (2010).

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos foi procedido ajuste de regressão. Foram testados e escolhidos os modelos que os componentes da equação foram significativos a 5% de probabilidade e o maior coeficiente de determinação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância das médias das doses, dos parâmetros tecnológicos (BRIX%, POL%, AR%, FIBRA% e ATR Kg/t) foram significativos a 1% de probabilidade, exceto para variável PZA% (Tabela 2).

O teor de sacarose nos colmos aumentou com o incremento das doses de vinhaça ( $p < 0,05$ ) (Figura 2). Os valores de POL% variaram de 14,30 a 14,80% com aumento de 3,38% da menor para a maior dose. Nota-se que no momento do corte a cana apresentava-se madura, pois os teores encontrados estavam acima de 12,257% de POL%, valor esse considerado como cana-padrão em condições tecnológicas e econômicas de processamento industrial (CONSECANA 2006).

Ao trabalhar com a variedade RB 855536, em cana planta, em solo de textura argilosa e doses de vinhaça associadas com nitrogênio em Guaira, SP, BARBOSA et al. (2012) encontraram valores de 13,2% de POL%, enquanto OLIVEIRA et al. (2009) trabalhando na cidade de Perdões, MG, com a variedade SP 79-1011, de segundo corte, com

doses de vinhaça em Latossolo Vermelho Amarelo distroférico encontraram valores médios de 16,9%.

O POL% é a porcentagem de sacarose aparente, assim fatores como variedade, número de cortes, condições ambientais e teores de nutrientes na vinhaça podem influenciar esta variável. Cabe lembrar, que o POL% é o principal fator considerado na avaliação da cana-de-açúcar para pagamento, assim como a pureza (DINARDO-MIRANDA et al. 2010).

O BRIX% é uma das variáveis agroindustriais mais facilmente determinadas em laboratório ou mesmo em campo, sendo que em cana madura há estreita relação entre seu valor e o conteúdo de sacarose na solução.

Para as condições ambientais deste trabalho o BRIX% aumentou com as doses de vinhaça, de 15,85 para 16,65%, incremento este de 5,03% ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). Isso é explicado pelo fato de existir uma relação direta do BRIX com o teor de açúcares do caldo.

Os valores de BRIX% encontrados para a colheita no meio de safra, condição deste experimento, estão de acordo com BARBOSA et al. (2012) que encontraram valores de 16% BRIX aos 346 dias após aplicação da vinhaça em cana colhida no meio de safra, entretanto, OLIVEIRA et al. (2009) para a mesma época de colheita encontram valores médios de e 18,6% de BRIX.

A variável açúcares redutores (AR%) é empregado para designar a porcentagem de glicose e frutose que são produtos precursores de cor no processo industrial de açúcar, isto é, intensificam a cor do açúcar, depreciando sua qualidade.

Os açúcares redutores AR% variaram neste estudo de 0,46 para 0,59% com o incremento de 22% com as doses de vinhaça ( $p < 0,05$ ) (Figura 4). Os valores encontrados demonstram que a cana estava

Tabela 2. Valores de F calculado, quadro médio do erro (QMerro) e coeficiente de variação (CV%) das médias dos parâmetros tecnológicos obtidos no ciclo da cana-soca de terceiro ano, após aplicação das doses de vinhaça.

Table 2. Values of F, error (QM) and coefficient of variation (CV%) of the average of the technological parameters obtained in sugarcane ratoon cycle of the third year after application of vinasse doses.

Fonte de Variação	BRIX	POL	AR	PZA	FIBRA	ATR
	◦			%		
Teste F	5,0**	18,4**	6,93**	0,82 <sup>ns</sup>	9,48**	3,95**
(QMerro)	0,11	0,01	<0,01	1,8	0,07	7,19
C.V.(%)	2,12	0,72	9,92	1,5	2,27	2,12

\*\*Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. <sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

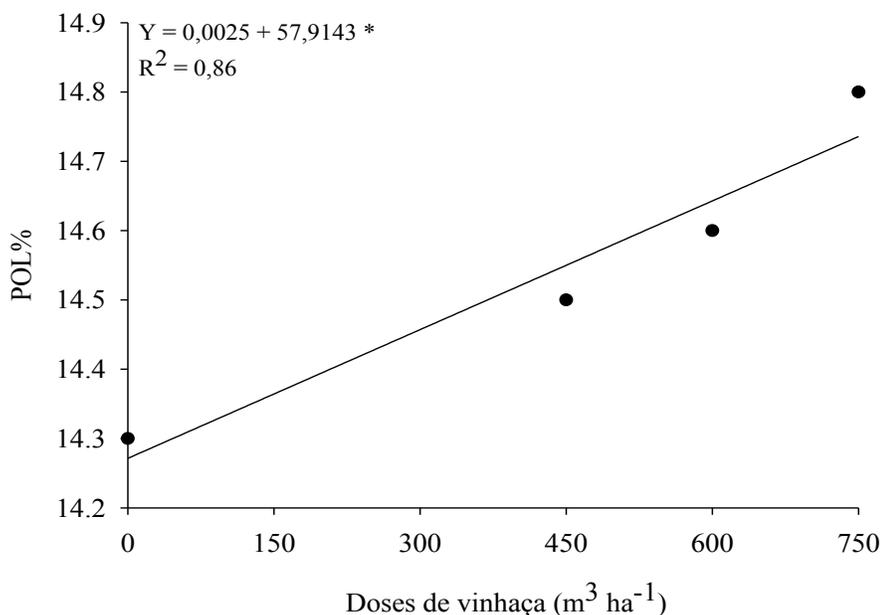


Figura 2. Porcentagem aparente de sacarose (POL%) de cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 2. Apparent percentage of sucrose (POL%) the ratoon sugarcane 3º cycle in response to application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves.*

apta à industrialização, levando-se em conta que, no início de safra, esses valores podem ser de até 1,5%, não devendo superar 1% no transcorrer da safra (SANTOS & BORÉM 2013).

Trabalhos da literatura apontam valores para essa variável (AR%) de 0,10% (CÓ JÚNIOR et al. 2008), 0,41% (OLIVEIRA et al. 2009), 0,77% (BARBOSA et al. 2012), em função das interferências, dos fatores externos como: umidade do solo, fertilização excessiva, presença de matéria orgânica no solo, aplicação de resíduos orgânicos, os quais atuam no sentido de prolongar a fase de crescimento e ou desenvolvimento da cana levando a hidrólise da sacarose e formando glicose e frutose que são utilizados para as atividades fisiológicas de crescimento e respiração (FRANCO 2003).

Isso pode explicar o aumento do AR% à medida que se elevou as doses de vinhaça, entretanto, os valores ficaram dentro do recomendado, não causando prejuízos a produção de ART.

A pureza (PZA%) é outro indicativo da avaliação da cana para pagamento. Essa variável expressa a relação percentual entre POL% e BRIX%, sendo um indicativo da maturação da cana. Para PZA% nas condições ambientais do experimento não houve efeito de doses de vinhaça ( $p > 0,05$ ) (Figura 5).

A ausência de resposta para essa variável em função das doses de vinhaça pode estar relacionada

ao fato da maturação ser um fator dependente das condições ambientais tais como gradativa queda da temperatura e diminuição das precipitações o que diminui o crescimento e eleva o acúmulo de sacarose (SANTOS & BORÉM 2013) e menos de fatores nutricionais como a aplicação da vinhaça. PRADO et al. (2014b) ao trabalharem com Latossolo Vermelho distroférico em mesma unidade pedológica, sob escarificação após a colheita da cana-de-açúcar e sem aplicação de vinhaça obtiveram uma pureza de 75,6%, enquanto que neste trabalho foi encontrado uma média de 89,3% de pureza do caldo.

Embora a aplicação de vinhaça não tenha tido efeito significativo para pureza ( $p > 0,05$ ) a cultivar utilizada neste estudo RB 855453 pode ser considerada rica em sacarose, pois seus valores médios de pureza 89,3% estão acima dos 85%; valor esse que segundo LAVANHOLI (2010), é o limite inferior utilizado para classificar uma variedade como rica em sacarose. BARBOSA et al. (2012), trabalhando com a variedade RB 855536 encontrou valores de 72%, enquanto RESENDE et al. (2006), trabalhando com a cultivar CB 45-3 e OLIVEIRA et al. (2009) trabalhando com a cultivar SP 79-1011 obtiveram valores de 85,21% e 92,2% de PZA, respectivamente, o que evidencia que essa variável é fortemente determinada pelo fator genético.

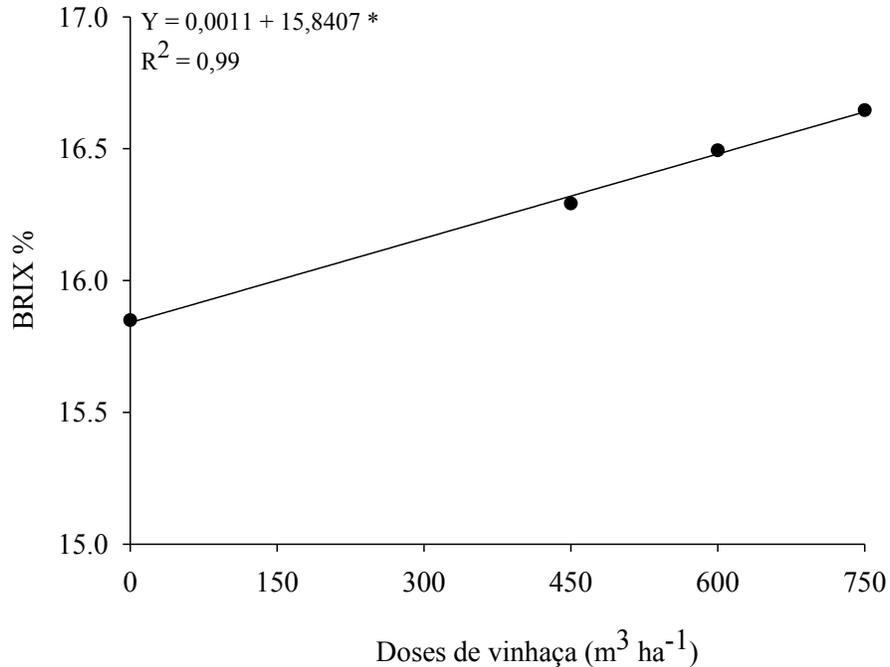


Figura 3. Porcentagem de sólidos solúveis (°BRIX%) de cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 3. Percentage of soluble solids (°BRIX%) ratoon sugarcane 3º cycle in response to application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves*

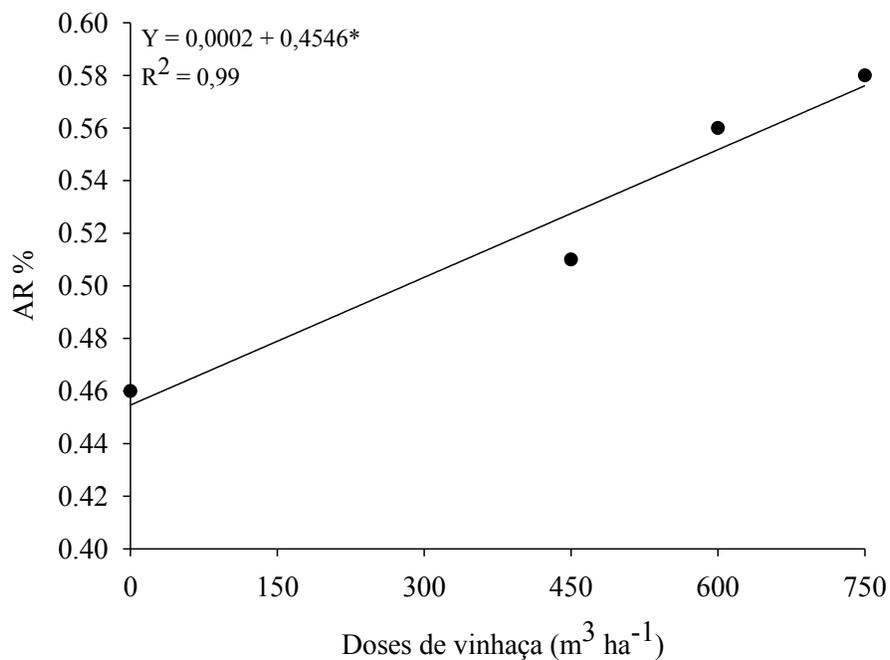


Figura 4. Porcentagem de açúcares redutores (AR%) de cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 4. Percentage of reducing sugars (AR%) of ratoon sugarcane 3º cycle in response to the application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves.*

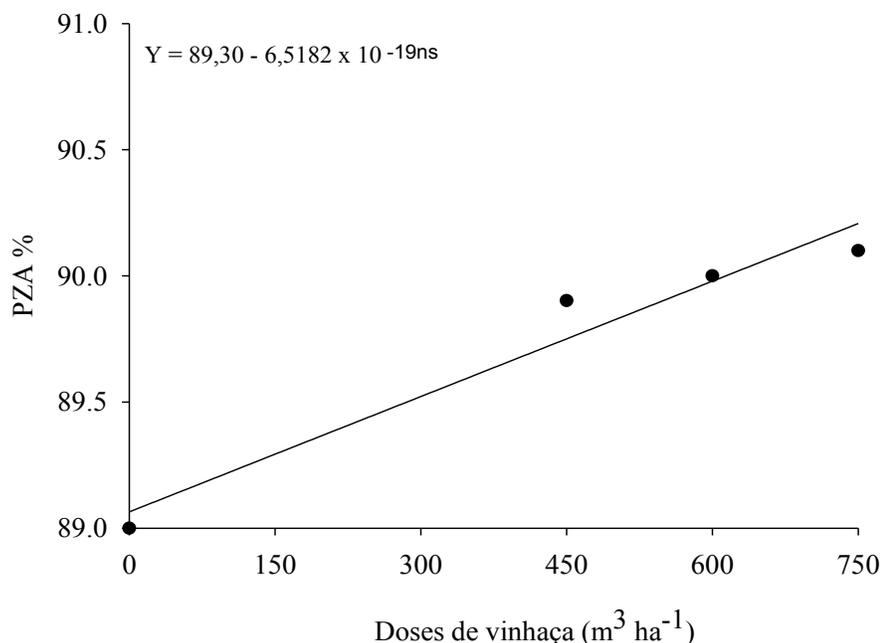


Figura 5. Porcentagem de pureza do caldo (PZA%) de cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 5. Percentage of purity of broth (PZA%) of ratoon sugarcane 3º cycle in response to the application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves.*

A fibra constitui-se matéria de grande importância na indústria canavieira sobre o aspecto agrícola.

As variedades mais ricas em fibra têm maior resistência ao tombamento mesmo quando submetida à despalha e geralmente são mais resistentes a penetração de pragas no colmo.

Sob o ponto de vista industrial o teor de fibra é importante para o balanço energético da indústria, já que as fibras são utilizadas para a queima nas caldeiras gerando o vapor que será transformado em energia elétrica para abastecer a própria usina, bem como para a venda do excedente (LAVANHOLI 2010). Já para a produção de etanol e açúcar o aumento da fibra é indesejável, pois diminui sua produção.

Para os valores de fibra houve incremento de 6,7% com aumento das doses, variando de 11,20 para 12,00%, entretanto, ficando dentro do limite estabelecido por DINARDO-MIRANDA et al. (2010), de 8 a 14% (Figura 6). CÓ JÚNIOR et al. (2008) trabalhando com cana no quinto ciclo da cultura observou valores de 11,63 para 12,13% com aplicação de vinhaça, para os teores de fibra. FRANCO (2003) e CAMILOTTI et al. (2006) encontraram valores de fibra oscilando de 9,0 a 15,0% em canas de primeiro ao quarto corte. Já para OLIVEIRA et al. (2009) ao trabalhar com cana-de-açúcar fertirrigada com

vinhaça encontraram valores de 9,5 e 11% de fibra, respectivamente. No presente trabalho, a divergência dos valores para os teores de fibra pode estar relacionada a variedades, ciclos de corte, ambiente, manejo cultural e ao sistema de colheita.

O ATR representa todos os açúcares na forma de açúcares invertidos, sendo para a indústria sucroalcooleira, importante estimar a quantidade de sacarose na matéria-prima, que é passível de ser recuperada na forma de açúcar cristal (FERNANDES 2000).

Para as condições experimentais os valores de ATR variaram de 122 para 128 kg de ATR t<sup>-1</sup> de cana, com ganhos de 4,94% (Figura 7). Do ponto de vista industrial a redução da ATR implica redução na quantidade recuperada de açúcar pela indústria. Assim o aumento das doses de vinhaça proporcionou o incremento desta variável (p<0,05) o que é desejável para indústria sucroalcooleira.

OLIVEIRA et al. (2009) trabalhando com doses de vinhaça na cultivar SP 79-1011, em cana de segundo corte, colhida no meio da safra encontraram valores de 165,52 kg t<sup>-1</sup> de ATR enquanto, BARBOSA et al. (2012) ao trabalhar com a variedade RB 855536, em cana planta, colhida no meio de safra encontraram valores de 148,6 kg t<sup>-1</sup> de ATR.

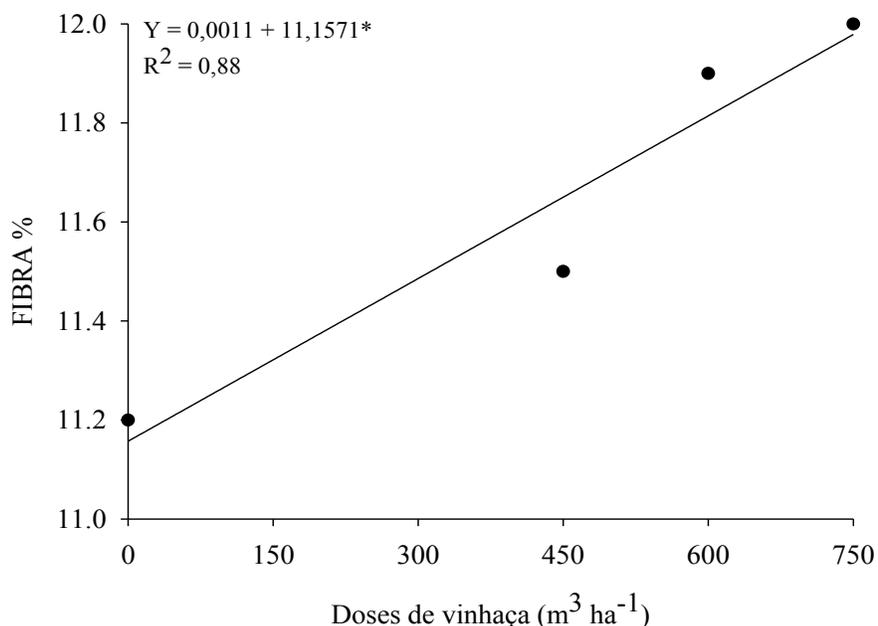


Figura 6. Matéria insolúvel (FIBRA%) de cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 6. Insoluble matter (FIBER%) of ratoon sugarcane 3º cycle in response to the application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves.*

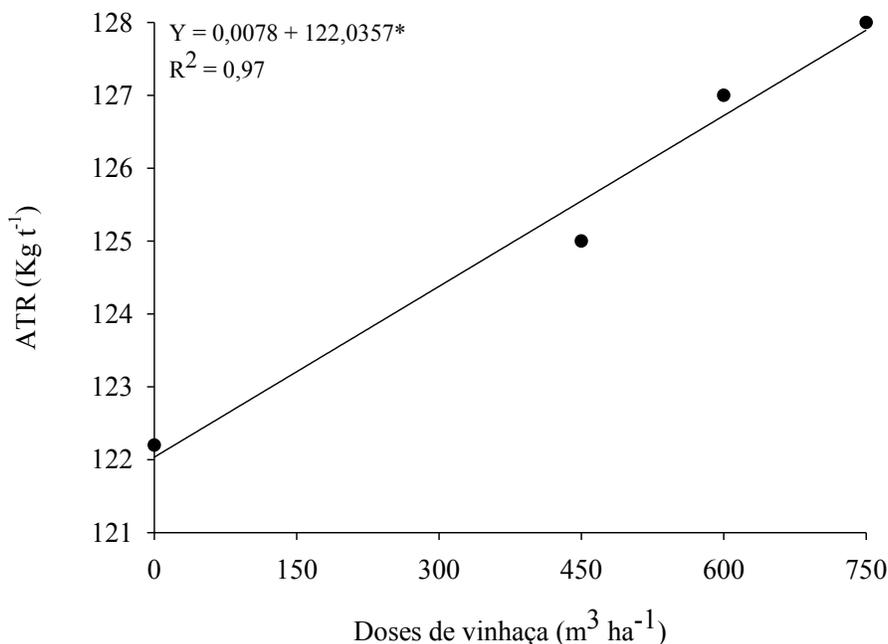


Figura 7. Açúcares totais recuperáveis da cana (ATR Kg t⁻¹) de cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 7. Recoverable total sugar (ATR Kg t⁻¹) of ratoon sugarcane 3º cycle in response to application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves.*

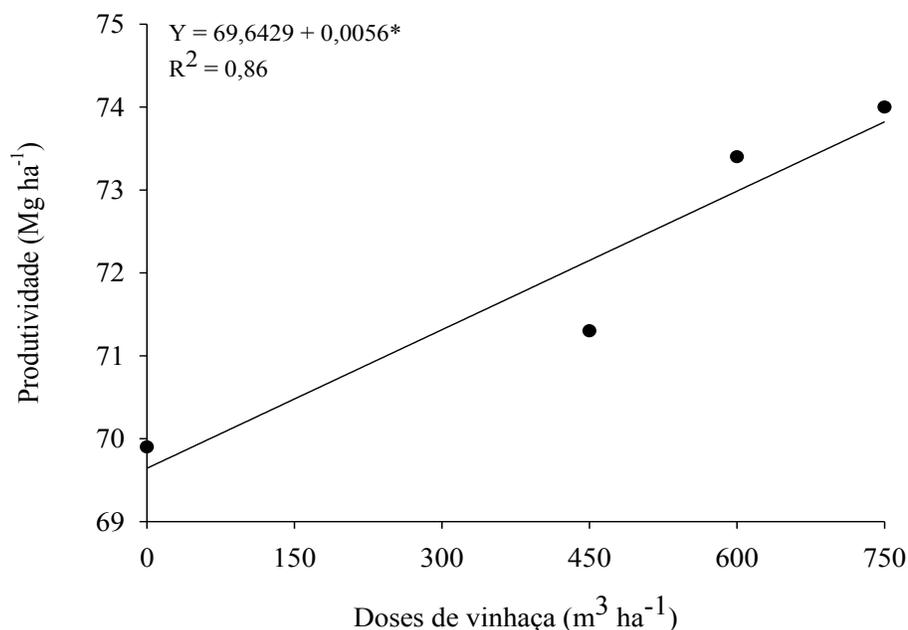


Figura 8. Produtividade da cana-soca de 3º ciclo em resposta a aplicação de quatro doses de vinhaça, no estágio de 5 a 6 folhas completamente expandidas.

*Figure 8. Productivity of ratoon sugarcane 3º cycle in response to application of four doses of vinasse, in the stage of 5 to 6 fully expanded leaves.*

Estas variações nos valores de ATR indicam que esta variável é influenciada pelas características varietais, assim como as condições de clima e solo.

A produtividade aumentou linearmente com as doses de vinhaça ( $p < 0,05$ ) (Figura 8). As produtividades variaram de 70 a 74 t ha<sup>-1</sup>, com incremento de 4 toneladas na maior dose. Esses resultados estão provavelmente relacionados com a melhoria da fertilidade do solo como observado na Tabela 1.

Neste contexto, a aplicação de doses de vinhaça no cultivo da cana-de-açúcar melhora suas qualidades tecnológicas. Assim, a fertirrigação de canaviais com vinhaça vai além da expectativa de apenas aumentar a produtividade da cultura em campo, extrapolando para melhoria da eficiência industrial.

## CONCLUSÕES

A aplicação de vinhaça a partir da dose de 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> melhorou a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar (POL%, BRIX%, AR%, PZA%, PCC%, FIBRA% e ATR kg t<sup>-1</sup>), exceto pureza.

As doses de vinhaça aplicadas em cana soca, de terceiro ano, cultivada em Latossolo Vermelho distroférico aumentaram a produtividade do canavial.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect) para realização, desenvolvimento e publicação desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA EAA et al. 2013. Cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça via irrigação por gotejamento subsuperficial em três ciclos de cana-soca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17: 588-594.
- BARBOSA EAA et al. 2012. Cana-de-açúcar com vinhaça e adubos minerais via irrigação por gotejamento subsuperficial: Ciclo da cana-planta. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16: 952-958.
- BEBÉ FV et al. 2009. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13: 781-787.
- CAMILOTTI F et al. 2006. Produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar cultivada com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos* 24: 32-35.
- CETESB. 2015. Vinhaça, Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola. Disponível em: <http://>

- cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/. Acesso em: 13 nov. 2017.
- CÓ JÚNIOR C et al. 2008. Efeito residual de quatro aplicações anuais de lodo de esgoto e vinhaça na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola* 28: 196-203.
- CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. 2006. Manual de instruções. 5.ed. Piracicaba: CONSECANA. 112p.
- DINARDO-MIRANDA LL et al. 2010. Cana-de-açúcar. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico. 882p.
- FERNANDES AC. 2000. Cálculos na Agroindústria da cana de açúcar. 1.ed. Piracicaba, STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos. 193p.
- FRANCO A et al. 2008. Sugarcane grown in an oxisol amended with sewage sludge and vinasse: Nitrogen contents in soil and plant. *Scientia Agrícola* 65: 408-414.
- FRANCO A. 2003. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo planta, produtividade e características tecnológicas. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias: UNESP. 90p.
- LAVANHOLI MGD. 2010. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima para produção de açúcar e álcool. In: DINARDO-MIRANDA LL et al. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico. p.100-110.
- MARQUES AT & PINTO LEV. 2013. Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob aplicação de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17: 680-685.
- NOVAIS RF et al. 2007. Fertilidade do solo. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1017p.
- OLIVEIRA EL et al. 2009. Vinhaça de alambique e nitrogênio na cana-de-açúcar, em ambiente irrigado e não irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13: 694-699.
- PAULINO AF et al. 2002. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. *Semina: Ciências Agrárias* 23: 145-150.
- PENATTI CP. 2013. Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência. 1.ed. Piracicaba. Itu: Ottoni Editora. 347p.
- PRADO EAF et al. 2014a. Índice de dispersão de agregados de um Latossolo Vermelho distroférico cultivado com cana sob aplicação de vinhaça. *Semina: Ciências Agrárias* 35: 2347-2356.
- PRADO EAF et al. 2014b. Efeito de escarificação de um latossolo vermelho em pós colheita de cana-de-açúcar. *Revista de Ciências Agrárias* 37: 414-421.
- RESENDE AS et al. 2006. Efeito da queima da palha da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 30: 937-941.
- SANTOS F & BORÉM A. 2013. Cana-de-açúcar: do plantio à colheita. 1.ed. Viçosa: Editora UFV. 257p.
- SILVA FC. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 627p.
- SINGH S et al. 2007. Application of distillery spent wash and its effects on sucrose content in sugarcane. *Sugar Tech* 9: 61-66.
- TASSO JÚNIOR LC et al. 2007. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Engenharia Agrícola* 27: 276-283.