

KP CONSULTORIA LTDA

Rua: Fernando Costa, 177 – Sala 602 - Bairro Maracanã
38.400-234 - Uberlândia/MG



Relatório final

Eficiência do KP FÉRTIL[®] na fosfatagem em cana-de-açúcar (Triunfo)



Uberlândia – MG
Novembro – 2022

I - PESQUISADORES RESPONSÁVEIS

Prof. Dr. Gaspar H. Korndörfer | KP Consultoria, UFU
Dr. Gustavo A. Santos | KP Consultoria
Eng. Agr. M.Sc. Camila A. C. Gualberto | KP Consultoria

II- EMPRESA FINANCIADORA DO PROJETO DE PESQUISA

Harvest Minerals | Triunfo Mineração do Brasil LTDA
Frederico Bernardez | fbernardez@kpfertil.net.br
Eduardo Spolidorio | edu.spolidorio@terra.com.br

III- LOCAIS DE EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Usina Santo Ângelo – Pirajuba – MG
Usina Da Mata – Guararapes - SP

IV- COLABORADORES

Equipe da Usina Santo Ângelo, coordenada pelo Luís Paulo Jorge e pelo Ugo da Silva.
Equipe da Usina Da Mata, coordenada pelo Agerlan Ferreira da Silva.
Agrademos às equipes por toda a ajuda e colaboração durante a condução dos experimentos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO	4
3. <u>EXPERIMENTO I – USINA SANTO ÂNGELO</u>	5
3.1 MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental	5
3.1.2 Instalação	6
3.1.3 Avaliações	7
3.1.4 Análises estatísticas	9
3.2. RESULTADOS	10
3.2.1 Número de colmos por metro linear	10
3.2.2 Teores foliares de P, Ca, Mg, K e Si.....	11
3.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima	17
3.2.4 Altura e diâmetro de colmos	22
3.2.5 Teor de P no solo	24
3.3. CONCLUSÕES	25
4. <u>EXPERIMENTO II – USINA DA MATA</u>	26
4.1 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental	26
4.1.2 Instalação	26
4.1.3 Avaliações	27
4.1.4 Análises estatísticas	28
4.2. RESULTADOS	29
4.2.1 Número de perfilhos por metro linear	29
4.2.2 Teores foliares de P, Ca, Mg, K e Si.....	30
4.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima	35
4.2.4 Altura e diâmetro de colmos	42
4.2.5 Análise química solo.....	46
4.3. CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil, cujo cultivo tem recebido destaque pela produção de matérias-primas para diversos fins, a exemplo do açúcar e do álcool, bem como pela geração de empregos. Dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2022) demonstram que a produção de cana-de-açúcar estimada para a safra 2022/2023 será de 572,9 milhões de toneladas.

A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, com destaque para as condições de fertilidade do solo, as quais também viabilizam a sustentabilidade da cultura ao longo dos anos (GUALBERTO et al., 2019). Dentre os diferentes fertilizantes utilizados em cultivos com cana-de-açúcar, destacam-se os fosfatados, cuja aplicação de doses elevadas no sulco de plantio é uma prática tradicionalmente adotada pelo setor sucroenergético em solos com baixa disponibilidade de fósforo (P) (REIN et al., 2015). Contudo, apesar de utilizadas grandes quantidades de fertilizantes fosfatados, a maior parte do P adicionado é fixada ao solo, havendo recuperação pelas culturas de apenas 5 a 20% em um ano agrícola, onerando bastante os custos de produção (ARAÚJO; MACHADO, 2007).

Para contornar o problema dos custos de fosfatos solúveis, reduzir a dependência de importação de fertilizantes fosfatados e promover o aproveitamento dos recursos naturais, fontes alternativas de liberação gradual têm sido avaliadas. Neste contexto, destaca-se o uso de rochas moídas, também conhecidas como agrominerais e remineralizadores de solo, as quais apresentam potencial de promover incrementos nos teores de P e de outros elementos no solo. Algumas rochas com potencial de uso agrônomico incluem rochas magmáticas alcalinas (carbonatitos, kimberlitos, kamafugitos e flogopititos) e rochas metassedimentares cálcio-silicáticas e produtos de metassomatismo potássico (biotita xisto, flogopita xisto, biotitito e flogopitito), as quais apresentam distribuição ampla e variável em todo o território nacional (MARTINS et al., 2008). Dentre as vantagens dos remineralizadores de solo, ressaltam-se a disponibilidade em abundância e o baixo custo, o efeito residual prolongado, a minimização de perdas por lixiviação e a disponibilidade de macro e micronutrientes não disponíveis em fertilizantes químicos solúveis (SILVA, 2013).

O KP Fértil é um remineralizador de solo, proveniente da rocha Kamafugito, que apresenta macronutrientes e micronutrientes essenciais e fundamentais para o crescimento das plantas e para a manutenção e reposição da fertilidade dos solos. Neste

sentindo, objetivou-se avaliar a eficiência do KP Fértil[®], um produto da Triunfo Mineração/Harvast Minerals, aplicado na fosfatagem da cana-de-açúcar.

2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O KP Fértil[®] é descrito, segundo o fabricante, como um novo insumo agrícola, cuja rocha básica para produção é o Kamafigito. Trata-se de um produto registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) na categoria de Remineralizador de solo, podendo ser utilizado tanto em sistemas de produção agrícola convencionais como nos orgânicos (certificado pelo IBD como insumo aprovado para uso na produção orgânica). As características químicas do KP Fértil[®] estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do KP Fértil[®]

P ₂ O ₅ (total)	P ₂ O ₅ (AC)	P ₂ O ₅ (CNH + H ₂ O)	K ₂ O (total)	K ₂ O (AC)	CaO	MgO	SiO ₂	MnO	Fe	Co
-----%										
3,2	2,1	2,2	3,0 - 4,0	1,2	4,6	4,2	35,0	0,32	15,4	0,09

AC: Ácido cítrico. P₂O₅ total: AC 2% relação 1:100; K₂O total: análise geoquímica com ácido fluorídrico; K₂O solúvel: AC 2% relação 1:500.

Fonte: AGRO VGA. Disponível em: <https://agrovga.com.br/files/200000049-147c4156c1/KP%20Fe%CC%81rtil%20-%20Folder%201%20pdf.pdf>

3. EXPERIMENTO I – USINA SANTO ÂNGELO

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi instalado em área de produção da cultura da cana-de-açúcar da Usina Santo Ângelo, localizada na fazenda 687, talhão 01, município de Veríssimo - MG. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Assim, foram avaliadas diferentes doses do KP Fértil® e, para fins de comparação, diferentes doses do fosfato Bayovar e um tratamento testemunha sem a aplicação de P em área total. Os produtos e as doses utilizadas estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Doses e produtos de cada tratamento

Tratamentos	Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose do produto (kg ha ⁻¹)
Testemunha	0	0
KP Fértil®	80	2.500
KP Fértil®	160	5.000
KP Fértil®	320	10.000
Bayovar	80	276,0
Bayovar	160	552,0
Bayovar	320	1.104,0

KP Fértil®: 3,2% de P₂O₅ total; Bayovar: 29,0% de P₂O₅ total.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si (Figura 1). A área de cultivo de cada parcela foi de 75 m², sendo que, entre cada uma das parcelas, adotou-se ainda um espaçamento de 3 m nas cabeceiras. O experimento foi instalado em ambiente de produção classificado como “E” e em solo com 15% de argila, cujas características químicas estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área de instalação do experimento (Usina Santo Ângelo, fazenda 687, talhão 01, município de Veríssimo - MG, instalação em 03/19)

pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn	t	T	V
	-mg dm ⁻³ -			cmol _c dm ⁻³			dag dm ⁻³			mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		%
4,4	3,3	5,0	0,3	1,2	0,9	0,2	2,1	0,2	0,6	18,0	20,1	0,3	2,6	5,7	42

pH: CaCl₂; P: Resina; S: Ca(H₂PO₄)₂; K: Mehlich-1; Al, Ca, Mg: KCl 1 mol L⁻¹; MO: K₂Cr₂O₇; B: BaCl₂; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7; V: saturação por bases (SILVA, 2009).



Figura 1. Área experimental

Entende-se como ambiente de produção a junção de uma ou mais unidades de mapeamento de solo com capacidades de produção semelhantes, associadas às características climáticas e de manejo varietal de uma determinada região (DEMATTE & DEMATTE, 2009). A análise dessas informações resulta no estabelecimento de classes de potencial de produção dos solos para a cultura da cana-de-açúcar, as quais são representadas pelas letras A, B, C, D e E (JOAQUIM et al., 1997). Os solos que pertencem à classe A (ambiente A), por exemplo, têm o melhor potencial para o desenvolvimento e rendimento da cultura da cana-de-açúcar, os de classe B (ambiente B) têm menor potencial que os da classe A e assim sucessivamente até a classe E (ambiente E), em que estão incluídos os solos de menor potencial (BERTOLANI et al., 2015).

3.1.2 Instalação

Os tratamentos foram aplicados no dia 10 de março de 2019 de forma manual e em área total (Figura 2). A aplicação ocorreu após o plantio da cana-de-açúcar, sendo que a incorporação das fontes foi realizada na operação de quebra-lombo. No preparo do solo da área, realizou-se a aplicação de $3,7 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário e $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ de gesso. No plantio, 300 kg ha^{-1} de MAP (11-52-00) foram aplicados, enquanto que, na operação de quebra-lombo, 550 kg ha^{-1} do formulado 18-06-23 foram utilizados.

Não houve reaplicação dos tratamentos ou de qualquer fonte de P nas soqueiras para que fosse possível avaliar o efeito residual dos produtos testados.



Figura 2. Parcela com KP Fertil aplicado em área total

Utilizou-se a variedade SP 83-2847, a qual apresenta alta tolerância a solos fracos, média maturação, intenso florescimento, tolerância à nematoides e suscetibilidade ao carvão. Além disso, a variedade é indicada para ambientes C, D e E e para colheita nos meses de julho a setembro (UDOP, 2004).

3.1.3 Avaliações

- Número de colmos por metro linear (colmos m⁻¹)

Aos 347 (cana planta) e 716 (cana soca – 2º corte) dias após a aplicação (DAA) (02/20 e 02/21), avaliou-se o número de colmos por metro linear pela contagem do número de colmos presentes nas três linhas centrais de cada parcela. A relação do número total de colmos obtidos pelo total de metros lineares avaliados resulta nos valores de número de colmos por metro linear.

- Análise foliar

Aos 347 DAA (cana planta), 716 DAA (cana soca – 2º corte) e 1.103 DAA (cana soca – 3º corte) (02/20 e 02/21), foram coletadas amostras de folhas para análise dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e silício (Si) seguindo

metodologia proposta por Silva (2009) e Korndorfer et al. (2004) (análise de Si). Assim, coletaram-se duas folhas (TVD - Top Visible Dewlap) de cada uma das 5 linhas da parcela. A TVD é definida como a primeira folha com a lígula visível, das quais foram retirados o terço médio e a nervura central para a posterior análise laboratorial.

- Toneladas de colmos por hectare (TCH)

Aos 467 (cana planta) e 926 (cana soca – 459 dias após o 1º corte) DAA (06/20 e 09/21), realizou-se a colheita manual da cana-de-açúcar de 3 metros lineares das três linhas centrais de cada parcela, totalizando uma área de colheita de 9 metros lineares por parcela. Após o desponte e a retirada do excesso de palha, a pesagem da cana colhida foi realizada com o auxílio de uma balança acoplada à um tripé de sustentação (Figura 3). A produtividade foi determinada convertendo os pesos obtidos para $t\ ha^{-1}$.



Figura 3. Pesagem da cana-de-açúcar colhida com o auxílio de uma balança acoplada à um tripé de sustentação

Obs: Em 2022, este experimento foi colhido antecipadamente pela usina, não sendo possível finalizar as avaliações do terceiro ano de condução.

- Qualidade da matéria-prima

Para a realização das análises de qualidade da matéria-prima, foram amostrados, aleatoriamente antes de ambas as colheitas, 10 colmos seguidos da linha central da parcela. Em seguida, os materiais obtidos foram submetidos à análise tecnológica no

laboratório da Usina Santo Ângelo, seguindo metodologia proposta por CONSECANA (2006). Determinou-se assim o açúcar total recuperável (ATR em kg t^{-1}), usado também para o cálculo da produção de açúcar por hectare (TAH em t ha^{-1}), multiplicando-o pelo TCH.

- Altura de plantas e diâmetro de colmos

No momento das colheitas, foram medidos, aleatoriamente, a altura (m) e o diâmetro dos colmos (mm) de 3 plantas de cada parcela. A altura de plantas foi avaliada pela medição do ponto de corte ao ponto de quebra, enquanto que o diâmetro de colmo foi mensurado em uma altura de aproximadamente 1 m acima do solo.

- Análise de solo

Após o segundo corte (989 DAA – 11/21), foram coletadas amostras de solo, coletando-se três amostras na entrelinha da cana-de-açúcar por parcela, para análise dos teores de P (extrator resina) seguindo metodologia proposta por Silva (2009).

3.1.4 Análises estatísticas

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016) e comparadas pelos testes de Tukey e Dunnet (comparação com a testemunha), ambos a 0,05 de significância. Para a variável dose, realizou-se análise de regressão com auxílio dos programas estatísticos Sisvar (versão 5.3) (FERREIRA, 2014) e SigmaPlot (versão 11.0) (SYSTAT SOFTWARE, 2008) a 0,1 de significância.

3.2. RESULTADOS

Obs: Em 2022, este experimento foi colhido antecipadamente pela usina, não sendo possível finalizar as avaliações do terceiro ano de condução. Dessa forma, somente os resultados das análises foliares do 3º ano serão demonstrados.

3.2.1 Número de colmos por metro linear (cana planta e 2º corte)

De modo geral, não foram observadas diferenças entre as duas fontes de fósforo quanto ao número de colmos da cana planta e da cana soca (Tabela 3). Entretanto, nota-se que a aplicação do KP Fertil®, na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, resultou em número de colmos superior ao tratamento testemunha, com acréscimos de aproximadamente 1,0 colmo m⁻¹.

Tabela 3. Número de colmos da cana planta e da cana soca por metro linear (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, contagem em 02/20 e 02/21– pH CaCl₂: 4,4, P resina: 3,3 mg dm⁻³ e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
	Colmos cana planta (colmo m ⁻¹)		
0	9,0		
80	9,1	9,6	9,3
160	9,9*	9,8	9,9
320	9,6	9,6	9,6
Média	9,5 a	9,7 a	
	Colmos 2º corte (colmo m ⁻¹)		
0	10,5		
80	10,1	10,7	10,4
160	11,6	10,3	10,9
320	10,8	10,5	10,7
Média	10,9 a	10,5 a	

Cana planta: CV: 4,6%; DMSTukey: 0,4; DMSDunnet: 0,8. Cana soca: CV: 13,7%; DMSTukey: 1,3; DMSDunnet: 2,9.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Quanto às doses crescentes de P₂O₅, observa-se que, apesar de não observada interação significativa entre as fontes e doses na cana planta, modelo polinomial quadrático foi obtido com as médias das duas fontes. Assim, maior número de colmos de cana planta seria obtido na dose de 224 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (ponto máximo da curva) (Figura 4a). Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo quanto ao número de colmos na cana soca.

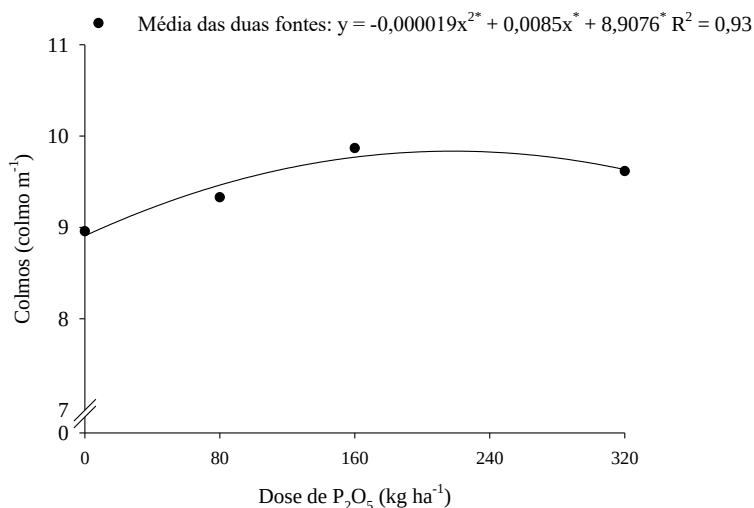


Figura 4. Número de colmos da cana planta (por metro linear em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (médias das fontes KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo – MG, aplicação em 03/19, contagem em 02/20 – pH $CaCl_2$: 4,4, P resina: $3,3\ mg\ dm^{-3}$ e teor de argila: 15%)

3.2.2 Teores foliares de P, Ca, Mg, K e Si (cana planta, 2º corte e 3º corte)

Apesar de não serem observadas diferenças entre os tratamentos quanto aos teores foliares de P, Ca e K na cana planta, pode-se ressaltar que a aplicação do KP Fértil® resultou em acréscimos em relação ao tratamento testemunha de até $0,1$, $0,6$ e $0,6\ g\ kg^{-1}$, respectivamente (Tabela 4). Quanto ao Mg, a aplicação do KP Fértil® resultou em teores médios superiores aos obtidos com a aplicação da fonte Bayovar, com acréscimos de $0,1\ g\ kg^{-1}$ de Mg (Tabela 4). Ressalta-se ainda que a aplicação do KP Fértil®, na dose de $160\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , resultou em teores foliares de Si superiores ao tratamento testemunha (presença do *), com acréscimos de $1,6\ g\ kg^{-1}$.

Tabela 4. Teores de P, Ca, Mg, K e Si em folhas da cana planta (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19 e amostragem em 02/20 - pH $CaCl_2$: 4,4, P resina: 3,3 mg dm^{-3} e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
	P (g kg ⁻¹)		
0	1,8		
80	1,8	1,8	1,8
160	1,8	1,8	1,8
320	1,9	1,9	1,9
Média	1,8 a	1,8 a	
Ca (g kg ⁻¹)			
0	4,6		
80	4,7	4,7	4,7
160	5,2	4,7	5,0
320	4,9	4,6	4,8
Média	4,9 a	4,7 a	
Mg (g kg ⁻¹)			
0	1,3		
80	1,5	1,4	1,4
160	1,6	1,4	1,5
320	1,5	1,3	1,4
Média	1,5 a	1,4 b	
K (g kg ⁻¹)			
0	17,5		
80	17,4	17,5	17,4
160	18,1	17,5	17,8
320	17,5	17,6	17,6
Média	17,7 a	17,5 a	
Si (g kg ⁻¹)			
0	11,8		
80	12,6	12,0	12,3
160	13,4*	12,7	13,1
320	12,3	12,5	12,4
Média	12,8 a	12,4 a	

P: CV: 4,9%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2. **Ca:** CV: 11,1%; DMSTukey: 0,5; DMSDunnet: 1,1.

Mg: CV: 11,4%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3. **K:** CV: 3,4%; DMSTukey: 0,5; DMSDunnet: 1,2.

Si: CV: 4,7%; DMSTukey: 0,5. DMSDunnet: 1,2.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Não foi observada interação significativa entre as fontes e as doses quanto aos teores de nutrientes em folhas de cana-de-açúcar. Entretanto, ao se observar as médias das duas fontes, modelos significativos foram obtidos quanto aos teores foliares de P, Mg e Si na cana planta (Figura 5). Dessa forma, maiores teores de Mg e Si seriam obtidos na dose de aproximadamente 190 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (ponto máximo das curvas) (Figuras 5b e

5c). Quanto ao P, acréscimos lineares de $0,03 \text{ g kg}^{-1}$ de P são obtidos a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 adicionados (Figura 5a). Não foram obtidos ajustes de modelos de regressão significativos que demonstrem o efeito do aumento das doses das duas fontes nos teores foliares de Ca e K.

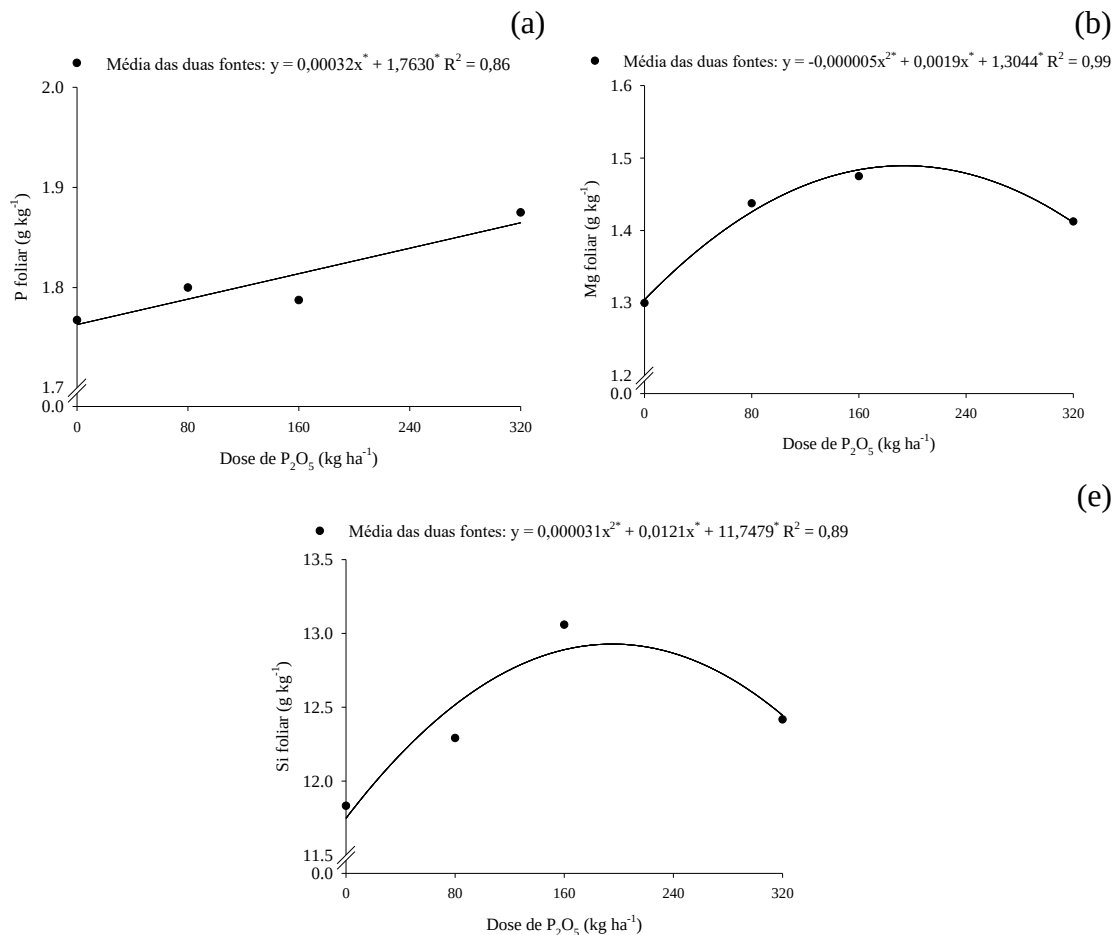


Figura 5. Teores de P (a), Mg (b) e Si (c) em folhas de cana planta em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (médias das fontes KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo – MG, aplicação em 03/19 e amostragem em 02/20 - pH CaCl_2 : 4,4, P resina: $3,3 \text{ mg dm}^{-3}$ e teor de argila: 15%)

Na soqueira (2º corte), a aplicação do KP Fertil®, na dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 , resultou em acréscimos em relação à testemunha de $0,6 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, $0,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de K e $0,9 \text{ g kg}^{-1}$ de Si, sendo que, no caso do Mg, este valor foi estatisticamente superior (presença do *) (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de P, Ca, Mg, K e Si em folhas da cana soca (2º corte, SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19 e amostragem em 02/21 - pH $CaCl_2$: 4,4, P resina: 3,3 mg dm^{-3} e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
	P (g kg ⁻¹)		
0	1,6		
80	1,7	1,7	1,7
160	1,8	1,8	1,8
320	1,7	1,7	1,7
Média	1,7 a	1,7 a	
Ca (g kg ⁻¹)			
0	2,2		
80	2,4	2,4	2,4
160	2,6	2,5	2,5
320	2,2	2,5	2,4
Média	2,4 a	2,4 a	
Mg (g kg ⁻¹)			
0	1,0		
80	1,1	1,1	1,1
160	1,2*	1,1	1,1
320	1,0	1,1	1,1
Média	1,1 a	1,1 a	
K (g kg ⁻¹)			
0	12,3		
80	13,0	13,5	13,3
160	14,3	13,5	13,9
320	13,8	13,0	13,4
Média	13,7 a	13,3 a	
Si (g kg ⁻¹)			
0	9,5		
80	9,7	9,7	9,7
160	10,4	9,4	9,9
320	9,5	9,4	9,4
Média	9,8 a	9,5 a	

P: CV: 7,5%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3. **Ca:** CV: 11,4%; DMSTukey: 0,2; DMSDunnet: 0,5.

Mg: CV: 10,1%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2. **K:** CV: 9,3%; DMSTukey: 1,1; DMSDunnet: 2,5.

Si: CV: 5,9%; DMSTukey: 0,5. DMSDunnet: 1,1.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Observa-se na figura 6 que maiores teores de P, Ca, Mg, K e Si seriam observados nas doses de 210, 190, 190, 210 e 160 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , respectivamente (média das duas fontes) (ponto máximo das curvas) (Figura 6).

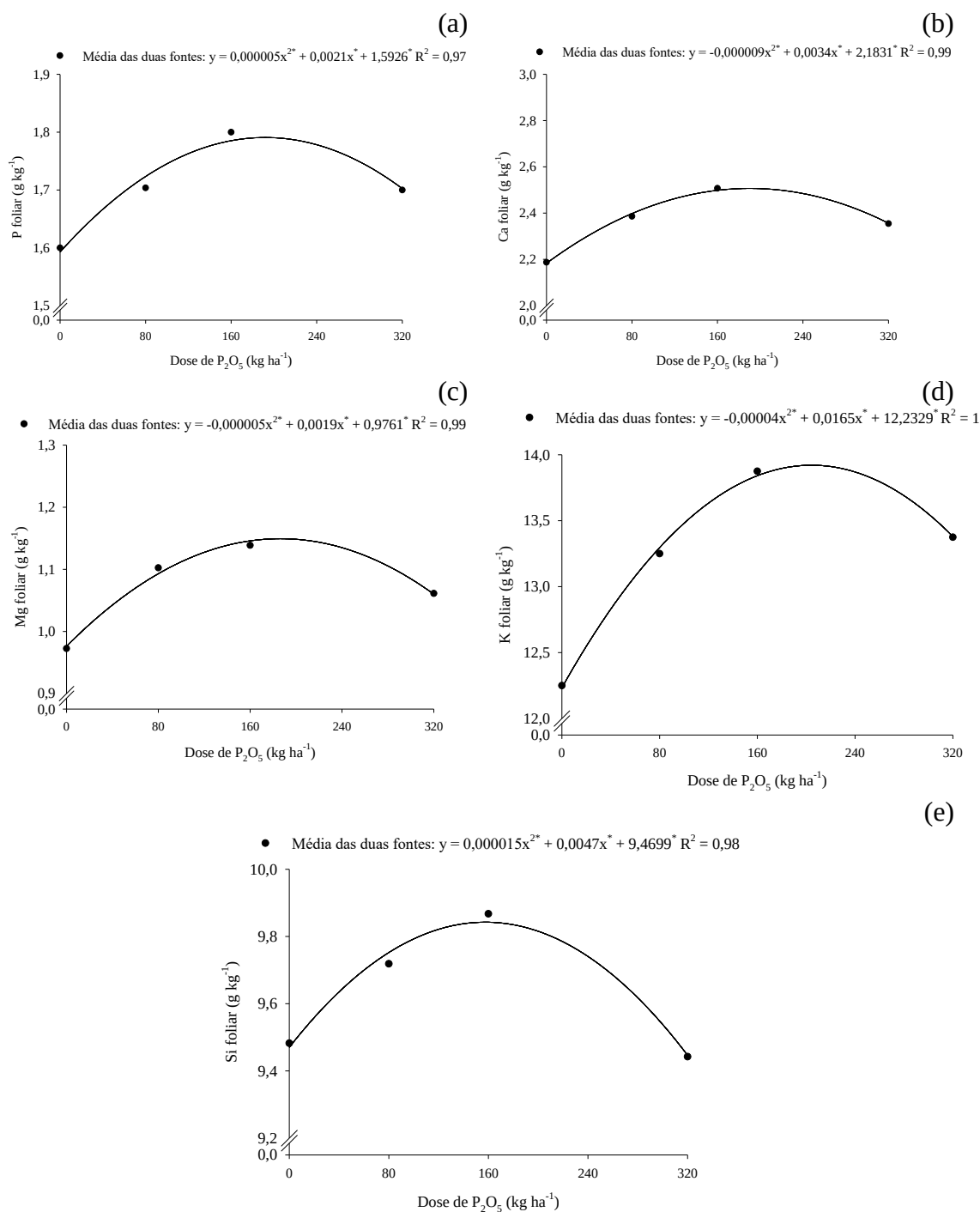


Figura 6. Teores de P (a), Ca (b), Mg (c), K (d) e Si (e) em folhas de cana soca (2º corte) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (médias das fontes KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (cana planta, variedade SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo – MG, aplicação em 03/19 e amostragem em 02/21 - pH CaCl₂: 4,4, P resina: 3,3 mg dm⁻³ e teor de argila: 15%)

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto aos teores foliares de nutrientes na soqueira de 3º corte (1.103 dias após a aplicação dos produtos) (Tabela 6). Entretanto, pode-se ressaltar que, quando comparado à testemunha, acréscimos de até

0,2 g kg⁻¹ de P, 0,2 g kg⁻¹ de Mg e 3,1 g kg⁻¹ de Si foram obtidos com a aplicação do KP Fértil (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de P, Ca, Mg, K e Si em folhas da cana soca (3º corte, SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19 e amostragem em 03/22 - pH CaCl₂: 4,4, P resina: 3,3 mg dm⁻³ e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	P (g kg ⁻¹)		
0	1,3		
80	1,5	1,3	1,4
160	1,4	1,4	1,4
320	1,4	1,5	1,4
Média	1,4 a	1,4 a	
Ca (g kg ⁻¹)			
0	3,2		
80	3,1	3,3	3,2
160	3,0	3,0	3,0
320	3,2	3,3	3,3
Média	3,1 a	3,2 a	
Mg (g kg ⁻¹)			
0	1,1		
80	1,3	0,9	1,1
160	1,2	1,1	1,1
320	1,1	1,2	1,2
Média	1,2 a	1,1 a	
K (g kg ⁻¹)			
0	15,8		
80	15,8	14,3	15,0
160	15,8	15,5	15,6
320	15,3	15,5	15,4
Média	15,6	15,1	
Si (g kg ⁻¹)			
0	9,5		
80	10,8	10,3	10,5
160	10,9	10,5	10,7
320	12,6	11,5	12,1
Média	11,4 a	10,8 a	

P: CV: 6,1%; DMSTukey: 0,07; DMSDunnet: 0,2. **Ca:** CV: 12,3%; DMSTukey: 0,3; DMSDunnet: 0,8.

Mg: CV: 14,1%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3. **K:** CV: 9,1%; DMSTukey: 1,2; DMSDunnet: 2,8.

Si: CV: 14,4%; DMSTukey: 2,3. DMSDunnet: 5,3.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Na soqueira de 3º corte, modelos de regressão significativos foram obtidos somente para o P e Si, com acréscimos lineares de 0,03 g kg⁻¹ de P e 0,7 g kg⁻¹ de Si a cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ adicionados (médias das duas fontes) (Figura 7).

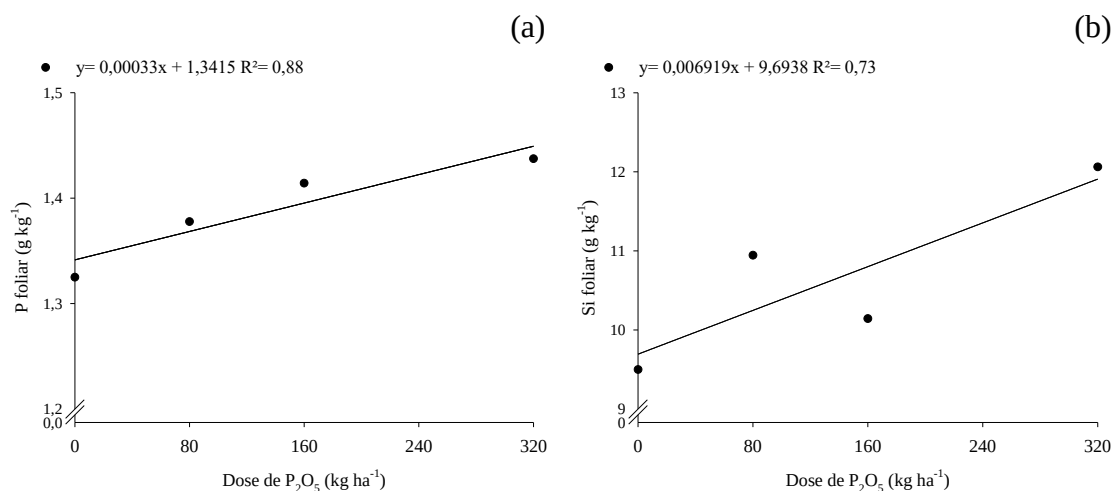


Figura 7. Teores de P (a) e Si (b) em folhas de cana soca (3º corte) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (médias das fontes KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (cana planta, variedade SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo – MG, aplicação em 03/19 e amostragem em 03/22 - pH CaCl₂: 4,4, P resina: 3,3 mg dm⁻³ e teor de argila: 15%)

3.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima (cana planta e 2º corte)

De modo geral, não foram observadas diferenças entre as fontes de P₂O₅ quanto a produtividade e a qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar (Tabelas 7, 8 e 9). Entretanto, a aplicação do KP Fértil® resultou em ganhos de TCH em relação à testemunha de até 12,4 t ha⁻¹ na cana planta, 4,7 t ha⁻¹ na cana soca e de 16,5 t ha⁻¹ ao se avaliar os valores acumulados dos dois cortes, cujos melhores resultados foram obtidos quando a maior dose desta fonte foi utilizada (320 kg ha⁻¹ de P₂O₅) (Tabela 7). Ressalta-se ainda que, quando comparado ao Bayovar, o KP Fértil® resultou em acréscimos nos valores acumulados de TCH de aproximadamente 12 t ha⁻¹ quando ambas as fontes foram aplicadas na dose de 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Os resultados observados neste estudo demonstram que maiores produtividades com a aplicação do Bayovar são obtidas quando esta fonte é aplicada na dose de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅, não sendo obtidos ganhos com o aumento das doses (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade de colmos (TCH) da cana planta e da cana soca e valores acumulados dos dois cortes (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, MG, ambiente de produção E) em função da aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total no plantio e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, colheitas em 06/20 e 09/21) (solo com P resina: 3,3 mg dm^{-3} , pH $CaCl_2$: 4,4 e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	TCH cana planta (t ha ⁻¹)		
0	97,6		
80	103,1	108,4	105,8
160	106,2	103,9	105,0
320	110,0	103,3	106,6
Média	106,4 a	105,2 a	
TCH cana soca (t ha ⁻¹)			
0	48,8		
80	53,5	53,1	53,3
160	52,9	49,9	51,4
320	52,9	47,7	50,3
Média	53,1 a	50,2 a	
TCH acumulado (t ha ⁻¹)			
0	146,4		
80	156,6	161,5	159,1
160	158,9	153,8	156,3
320	162,9	151,0	157,0
Média	159,5 a	155,4 a	

Cana planta: CV: 7,0%; DMSTukey: 6,3; DMSDunnet: 14,8. Cana soca: CV: 13,0%; DMSTukey: 5,7; DMSDunnet: 13,3. Acumulado: CV: 6,0%; DMSTukey: 8,0; DMSDunnet: 18,6.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Tais resultados demonstram que a presença de outros nutrientes no KP Fértil, a exemplo do K, torna esse produto mais equilibrado, resultando em melhores respostas em doses maiores.

Quanto à produtividade de açúcar, a aplicação da maior dose de KP Fértil® resultou em valores superiores à testemunha (presença do *) ao se avaliar os resultados da cana planta e acumulado dos dois cortes, com ganhos de 3,0 e 2,0 t ha^{-1} em relação à testemunha e ao Bayovar aplicado nesta mesma dose, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Produtividade de açúcar (TAH) da cana planta e da cana soca e valores acumulados dos dois cortes (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, MG, ambiente de produção E) em função da aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total no plantio e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, colheitas em 06/20 e 09/21) (solo com P resina: 3,3 mg dm^{-3} , pH $CaCl_2$: 4,4 e teor de argila: 15%)

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	KP Fértil®	Bayovar	Média
	TAH cana planta (t ha^{-1})		
0	15,5		
80	16,4	17,5	17,0
160	17,2	16,9	17,1
320	17,8*	16,6	17,2
Média	17,2 a	17,0 a	
	TAH cana soca (t ha^{-1})		
0	8,3		
80	9,1	9,1	9,1
160	9,0	8,6	8,8
320	9,0	8,2	8,6
Média	9,1 a	8,6 a	
	TAH acumulado (t ha^{-1})		
0	23,8		
80	25,5	26,6	26,0
160	26,3	25,5	25,9
320	26,8*	24,8	25,8
Média	26,2 a	25,6 a	

Cana planta: CV: 6,7%; DMSTukey: 1,0; DMSDunnet: 2,2. Cana soca: CV: 13,2%; DMSTukey: 1,0; DMSDunnet: 2,3. Acumulado: CV: 5,9%; DMSTukey: 1,3; DMSDunnet: 3,0.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

A aplicação do KP Fértil® resultou em acréscimos nos valores de ATR na cana planta que variam de 0,5 a 3,6 kg t^{-1} quando comparado ao tratamento testemunha, cujos melhores resultados foram observados na dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Tabela 8). Quando comparado ao Bayovar, o KP Fértil® resultou em acréscimos de 1,3 kg t^{-1} , ambos aplicados na dose de 320 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Tabela 9).

Ao se avaliar os valores médios de ATR, ganhos de até 1,8 kg t^{-1} foi observado com a aplicação do KP Fértil® (Tabela 9).

Tabela 9. Açúcar total recuperável (ATR) da cana planta e da cana soca e valores médios dos dois cortes (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, MG, ambiente de produção E) em função da aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total no plantio e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, colheitas em 06/20 e 09/21) (solo com P resina: 3,3 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,4 e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	ATR cana planta (kg t ⁻¹)		
0	158,9		
80	159,4	161,0	160,2
160	162,5	162,9	162,7
320	162,0	160,7	161,3
Média	161,3 a	161,5 a	
ATR cana soca (kg t ⁻¹)			
0	170,5		
80	170,1	171,3	170,7
160	170,5	172,8	171,6
320	170,7	172,3	171,5
Média	170,4 a	172,1 a	
ATR médio (kg t ⁻¹)			
0	164,7		
80	164,7	166,1	165,4
160	166,5	167,8	167,2
320	166,3	166,5	166,4
Média	165,8 a	166,8 a	

Cana planta: CV: 1,9%; DMSTukey: 2,6; DMSDunnet: 6,0. Cana soca: CV: 1,4%; DMSTukey: 2,1; DMSDunnet: 4,9. Acumulado: CV: 1,3%; DMSTukey: 1,8; DMSDunnet: 4,2.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Modelos polinomiais quadráticos foram obtidos quanto à produtividade e a qualidade da matéria-prima da cana planta após a aplicação de doses crescentes de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar (médias das duas fontes) (Figura 8). Dessa forma, maiores valores de TCH, TAH e ATR seriam obtidos nas doses de 236, 233 e 213 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , respectivamente (ponto máximo das curvas) (Figura 8).

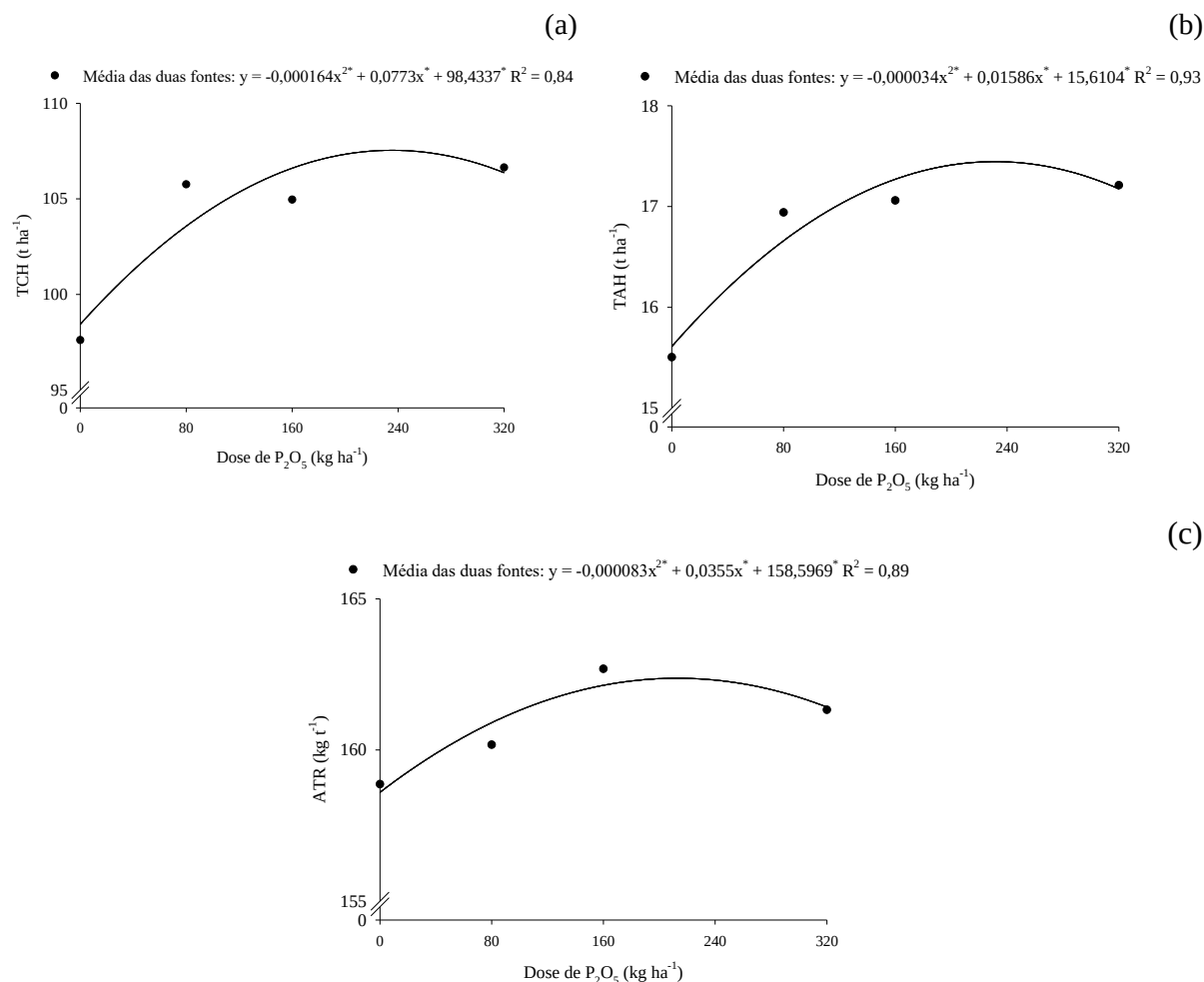


Figura 8. Produtividade de colmos (TCH) (a), produtividade de açúcar (TAH) (b) e açúcar total recuperável (ATR) (c) da cana planta em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (1º corte, variedade SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo – MG, aplicação em março/2019, colheita em junho/2020, aos 467 DAA, solo com P resina: 3,3 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,4 e teor de argila: 15%)

Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo que demonstre o efeito das doses crescentes de KP Fértil e Bayovar na produtividade e na qualidade da matéria-prima da cana soca.

Quanto aos valores acumulados e médios dos dois cortes, modelos polinomiais quadráticos foram obtidos ao se avaliar a média das duas fontes, cujos maiores valores de TCH, TAH e ATR seriam obtidos nas doses de 205, 211 e 221 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (ponto máximo das curvas) (Figura 9).

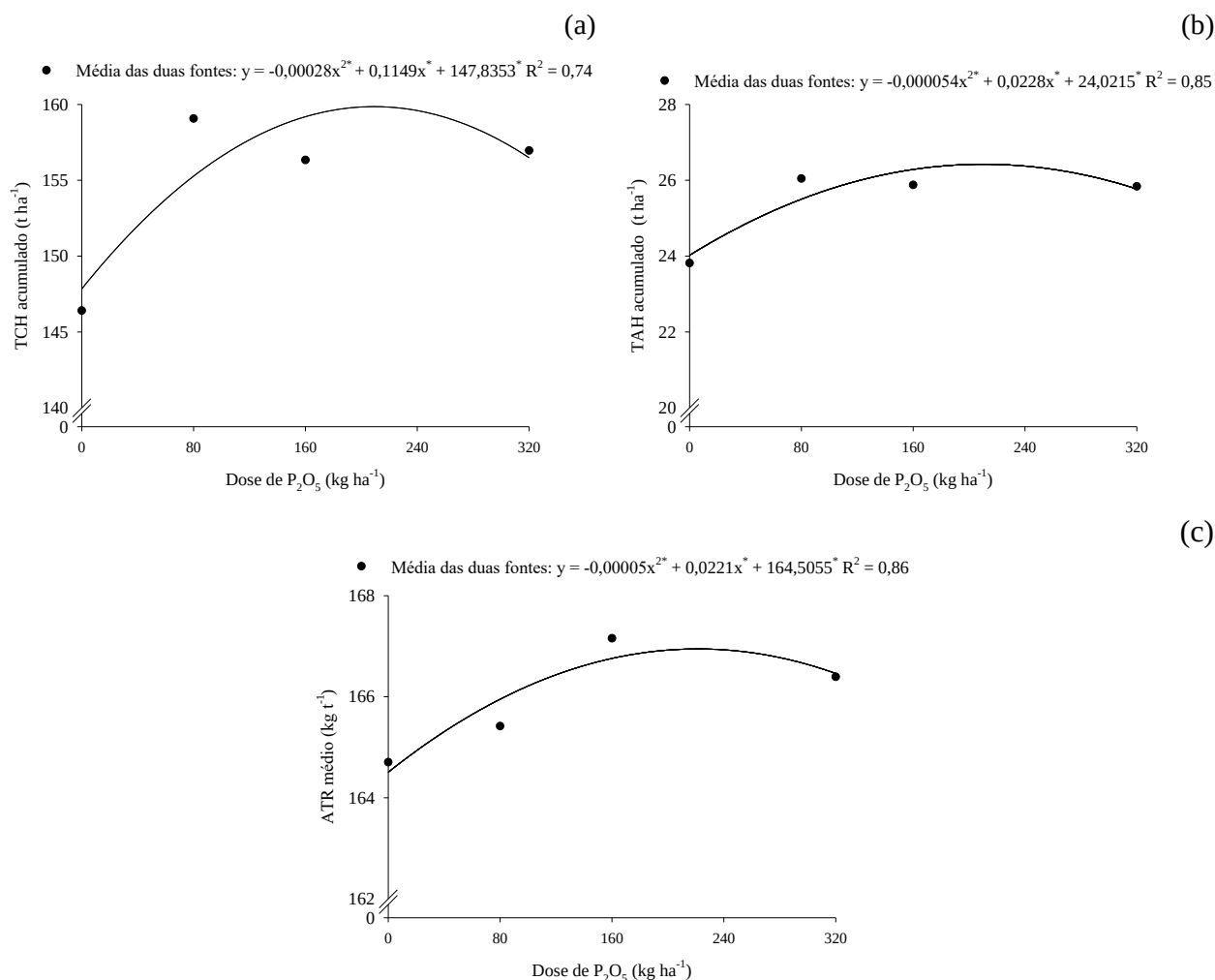


Figura 9. Valores acumulados de TCH (a) e TAH (b) e valores médios de ATR (c) da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar (médias dos dois cortes) em área total no plantio e incorporadas superficialmente (1º e 2º cortes, (2º corte, SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, MG, ambiente de produção E, aplicação em 03/19, colheitas em 06/20 e 09/21, solo com P resina: 3,3 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,4 e teor de argila: 15%)

3.2.4 Altura e diâmetro de plantas (cana planta e 2º corte)

De modo geral, não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabelas 10 e 11), bem como não foram obtidos ajustes de modelos de regressão significativos que demonstrem o efeito das doses crescentes de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar nos valores de altura e diâmetro de colmos da cana-de-açúcar. Entretanto, observa-se que, quando comparado ao tratamento testemunha, a aplicação do KP Fertil® resultou em acréscimos de até 20 cm nos valores de altura de plantas (Tabela 10).

Tabela 10. Altura de plantas da cana planta e da cana soca (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, medições em 06/20 e 09/21) (solo com P resina: $3,3 \text{ mg dm}^{-3}$, pH $CaCl_2$: 4,4 e teor de argila: 15%)

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	KP Fertil®	Bayovar	Média
	Altura da cana planta (m)		
0	2,7		
80	2,8	2,9	2,8
160	2,9	2,8	2,8
320	2,8	2,8	2,8
Média	2,8 a	2,8 a	
	Altura da cana soca (m)		
0	1,5		
80	1,6	1,6	1,6
160	1,7	1,6	1,6
320	1,6	1,6	1,5
Média	1,6 a	1,6 a	

Cana planta: CV: 5,7%; DMSTukey: 0,13; DMSDunnet: 0,3. Cana soca: CV: 10,7%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Tabela 11. Diâmetro de colmos da cana planta e da cana soca (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, medições em 06/20 e 09/21) (solo com P resina: $3,3 \text{ mg dm}^{-3}$, pH $CaCl_2$: 4,4 e teor de argila: 15%)

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	KP Fertil®	Bayovar	Média
	Diâmetro da cana planta (mm)		
0	25,3		
80	26,4	26,5	26,4
160	25,9	25,4	25,6
320	25,9	25,5	25,7
Média	26,1 a	25,8 a	
	Diâmetro da cana soca (mm)		
0	29,0		
80	27,7	27,6	27,6
160	28,2	27,5	27,8
320	27,2	28,9	28,1
Média	27,7 a	28, a	

Cana planta: CV: 4,8%; DMSTukey: 1,1; DMSDunnet: 2,5. Cana soca: CV: 6,6%; DMSTukey: 1,6; DMSDunnet: 3,7.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

3.2.4 Teor de P no solo (após o 2º corte)

Apesar de não observadas diferenças estatísticas, a aplicação do KP Fertil® resultou em acréscimos de 3,0 mg dm⁻³ nos valores médios de P no solo quando comparado à fonte Bayovar e de 5,4 mg dm⁻³ de P em relação à testemunha (Tabela 12).

Tabela 12. Teor de P (extrator resina) em solo cultivado por dois anos consecutivos com cana-de-açúcar (SP 83-2847, Us. Santo Ângelo, Veríssimo - MG) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 03/19, coleta em 11/21) (solo com P resina: 3,3 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,4 e teor de argila: 15%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
	P no solo (mg dm ⁻³)		
0	9,2		
80	17,5	11,8	14,7
160	13,5	12,1	12,8
320	12,8	10,9	11,9
Média	14,6 a	11,6 a	

CV: 16,6%; DMSTukey: 5,0; DMSDunnet: 11,7.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo quanto aos teores de P no solo aos dois anos após a aplicação de doses crescentes de P₂O₅ através das fontes KP Fertil® e Bayovar.

3.3. CONCLUSÕES

- a) A aplicação da maior dose de KP Fértil (320 kg ha^{-1} de P_2O_5) resulta em ganhos nos valores acumulados de TCH (somatório dos dois cortes) de até 16,5 e 11,9 t ha^{-1} em relação à testemunha e ao Bayovar, aplicado nesta mesma dose, respectivamente.
- b) Ao se avaliar a médias das três doses, a aplicação do KP Fértil resulta em ganhos acumulados de TCH de 4 e 13 t ha^{-1} em relação à testemunha e ao Bayovar, respectivamente.
- a) Valor acumulado de TAH (somatório dos dois cortes) superior à testemunha é obtido com a aplicação da maior dose de KP Fértil (320 kg ha^{-1} de P_2O_5), com ganhos de 3,0 t ha^{-1} .
- c) A aplicação do KP Fértil® resulta em acréscimos nos valores médios de ATR de até 2,0 kg t^{-1} quando comparado à testemunha, cujos melhores resultados são observados na dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 .
- d) Apesar de não observadas diferenças estatísticas, a aplicação do KP Fértil® resulta em acréscimos de 3,0 mg dm^{-3} nos valores médios de P no solo quando comparado à fonte Bayovar e de 5,4 mg dm^{-3} de P em relação à testemunha
- e) Tais resultados demonstram que a presença de outros nutrientes no KP Fértil, a exemplo do K, Si e micronutrientes, torna esse produto mais equilibrado, resultando em melhores respostas em doses maiores.
- f) O experimento foi colhido antecipadamente pela usina em 2022, não sendo possível finalizar as avaliações do terceiro ano de condução.

4. EXPERIMENTO II – USINA DA MATA

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

4.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi instalado em área de produção da cultura da cana-de-açúcar da Usina Da Mata, localizada na fazenda Alvorada, município de Guararapes - SP. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Assim, foram avaliadas diferentes doses do KP Fértil® e, para fins de comparação, diferentes doses do fosfato Bayovar e um tratamento testemunha sem a aplicação de P_2O_5 em área total. Os produtos e as doses utilizadas estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Doses e produtos de cada tratamento

Tratamentos	Dose de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	Dose do produto (kg ha ⁻¹)
Testemunha	0	0
KP Fértil®	80	2.500
KP Fértil®	160	5.000
KP Fértil®	320	10.000
Bayovar	80	276,0
Bayovar	160	552,0
Bayovar	320	1.104,0

KP Fértil®: 3,2% de P_2O_5 total; Bayovar: 29,0% de P_2O_5 total.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si. A área de cultivo de cada parcela foi de 75 m², sendo que, entre cada uma das parcelas, adotou-se ainda um espaçamento de 3 m nas cabeceiras. O experimento foi instalado em ambiente de produção classificado como “E” e em solo com 11% de argila, cujas características químicas estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área de instalação do experimento (Usina Da Mata, fazenda Alvorada, município de Guararapes - SP, instalação em 06/19)

pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	MO	B	Cu	Fe	Mn	Zn	t	T	V
	-mg dm ⁻³ -			cmol _c dm ⁻³			dag dm ⁻³			mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		%
4,5	10,0	5	0,1	0,5	0,4	0,1	1,0	0,1	0,5	34	2,1	2,4	1,1	2,8	36

pH: CaCl₂; P: Resina; S: Ca(H₂PO₄)₂; K: Mehlich-1; Al, Ca, Mg: KCl 1 mol L⁻¹; MO: K₂Cr₂O₇; B: BaCl₂; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7; V: saturação por bases; (SILVA, 2009).

4.1.2 Instalação

Os tratamentos foram aplicados no dia 17 de junho de 2019, de forma manual e em área total. A aplicação ocorreu após o plantio da cana-de-açúcar, sendo que a incorporação das fontes foi realizada na operação de quebra-lombo. No preparo do solo, duas aplicações de 3,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1,5 t ha⁻¹ de gesso foram realizadas.

Utilizou-se ainda 330 kg ha⁻¹ do formulado 4-30-10 na adubação de plantio e 250 kg ha⁻¹ do formulado 10-0-40 na adubação do quebra-lombo. Não houve reaplicação dos tratamentos ou de qualquer fonte de P nas soqueiras para que fosse possível avaliar o efeito residual dos produtos testados

Utilizou-se a RB 867515, a qual apresenta tolerância à seca e boa brotação de soqueira, bem como alto teor de sacarose, crescimento rápido com alta produtividade. Além disso, esta variedade é recomendada para ambiente de produção de média fertilidade natural e para colheita entre os meses de julho e setembro (RIDESA, 2010).

4.1.3 Avaliações

- Número de perfilhos por metro linear (colmos m⁻¹)

Aos 126 (cana planta) e 604 (cana soca – 2º corte) dias após a aplicação (DAA) (10/20 e 02/21), avaliou-se o número de perfilhos por metro linear pela contagem do número de perfilhos presentes nas três linhas centrais de cada parcela. A relação do número total de perfilhos obtidos pelo total de metros lineares avaliados resulta nos valores de número de perfilhos por metro linear.

- Análise foliar

Aos 224 (cana planta) e 604 (cana soca – 2º corte) e 1.022 (cana soca - 3º corte) DAA (01/20, 02/21 e 04/22), foram coletadas amostras de folhas para análise dos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e silício (Si) seguindo metodologia proposta por Silva (2009) e Korndorfer et al. (2004) (análise de Si). Assim, coletaram-se duas folhas (TVD - Top Visible Dewlap) de cada uma das 5 linhas da parcela. A TVD é definida como a primeira folha com a lígula visível, das quais foram retirados o terço médio e a nervura central para a posterior análise laboratorial.

- Toneladas de colmos por hectare (TCH)

Aos 324 (cana planta), 758 (cana soca – 434 dias após o 1º corte) e 1.173 (cana soca – 415 dias após o 2º corte) DAA (05/20, 07/21 e 09/22), realizou-se a colheita manual da cana-de-açúcar de 3 metros lineares das três linhas centrais de cada parcela, totalizando uma área de colheita de 9 metros lineares por parcela. Após o desponte e a retirada do excesso de palha, a pesagem da cana colhida foi realizada com o auxílio de uma balança acoplada à um tripé de sustentação. A produtividade foi determinada convertendo os pesos obtidos para t ha⁻¹.

- Qualidade da matéria-prima

Para a realização das análises de qualidade da matéria-prima, foram amostrados, aleatoriamente antes de ambas as colheitas, 10 colmos seguidos da linha central da parcela. Em seguida, os materiais obtidos foram submetidos à análise tecnológica no laboratório da Usina Da Mata, seguindo metodologia proposta por CONSECANA (2006). Determinou-se assim o açúcar total recuperável (ATR em kg t^{-1}), usado também para o cálculo da produção de açúcar por hectare (TAH em t ha^{-1}), multiplicando-o pelo TCH.

- Altura de plantas e diâmetro de colmos

No momento das colheitas, foram medidos, aleatoriamente, a altura (m) e o diâmetro dos colmos (mm) de 3 plantas de cada parcela. A altura de plantas foi avaliada pela medição do ponto de corte ao ponto de quebra, enquanto que o diâmetro de colmo foi mensurado em uma altura de aproximadamente 1 m acima do solo.

- Análise de solo

Após o segundo corte (911 DAA – 12/21) e após o 3º corte (1.173 DAA – 09/22), foram coletadas amostras de solo, coletando-se três amostras por parcela na entrelinha da cana-de-açúcar, para análise dos teores de P (extrator resina) (2º corte) e completa (3º corte) seguindo metodologia proposta por Silva (2009).

4.1.4 Análises estatísticas

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016) e comparadas pelos testes de Tukey e Dunnet (comparação com a testemunha), ambos a 0,05 de significância. Para a variável dose, realizou-se análise de regressão com auxílio dos programas estatísticos Sisvar (versão 5.3) (FERREIRA, 2014) e SigmaPlot (versão 11.0) (SYSTAT SOFTWARE, 2008).

4.2 RESULTADOS

4.2.1 Perfis por metro linear (perfilho m⁻¹) (cana planta e 2º corte)

Observa-se na tabela 3 que, apesar de não observadas diferenças entre as fontes quanto ao perfilhamento da cana planta, nota-se que, ao se comparar ao tratamento testemunha, melhores resultados foram obtidos com a aplicação do KP Fértil®, na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com acréscimos de aproximadamente 2,0 perfilhos m⁻¹. Na cana soca, acréscimos de até 1,3 perfilhos m⁻¹ foram obtidos, especialmente quando o KP Fértil® foi aplicado na dose de 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 3).

Tabela 3. Número de perfilhos da cana planta e da cana soca por metro linear (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes - SP) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, contagem em 10/19 e 02/21- pH CaCl₂: 4,5, P resina: 10 mg dm⁻³ e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	Perfilhos cana planta (perfilho m ⁻¹)		
0	8,7		
80	8,8	9,5	9,2
160	10,4*	9,8	10,1
320	9,8	9,4	9,6
Média	9,7 a	9,6 a	
	Perfilhos 2º corte (perfilho m ⁻¹)		
0	10,3		
80	10,9	10,5	10,7
160	11,1	11,3	11,2
320	11,6	11,4	11,5
Média	11,2 a	11,1 a	

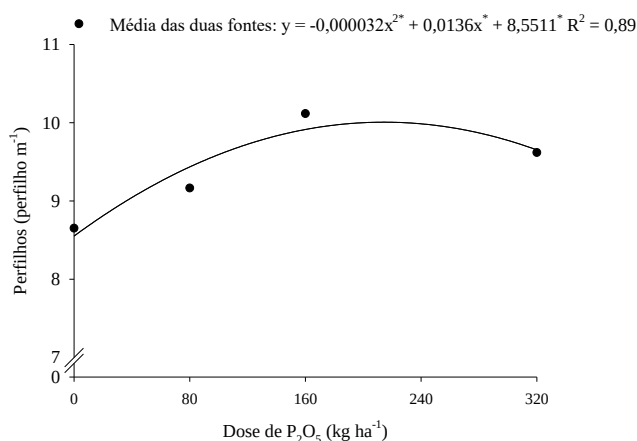
Cana planta: CV: 6,2%; DMSTukey: 0,5; DMSDunnet: 1,2. Cana soca: CV: 7,0%; DMSTukey: 0,7; DMSDunnet: 1,5.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação na soqueira.

Não foi obtida interação significativa entre as fontes e as doses de P₂O₅ quanto ao perfilhamento da cana-de-açúcar. Entretanto, ao se avaliar o efeito das médias das duas fontes, modelo polinomial quadrático foi obtido para cana planta, cujos melhores resultados seriam observados na dose de 213 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (ponto máximo da curva) (Figura 1a), enquanto que, na cana soca, acréscimos lineares de 0,4 perfilhos m⁻¹ são observados a cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1b).

(a)



(b)

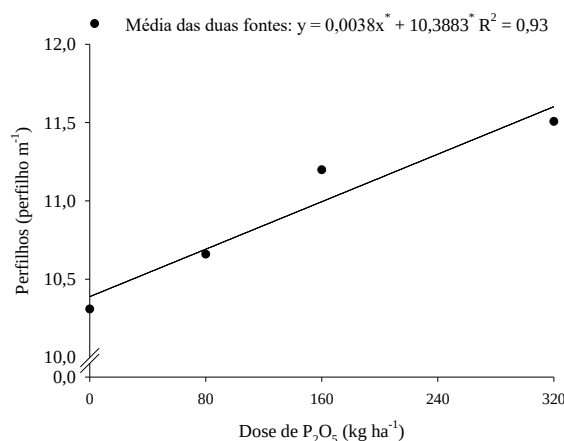


Figura 1. Número de perfilhos de cana planta (a) e cana soca (b) por metro linear em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (médias das fontes KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes – SP, contagem em 10/19 e 02/21 - pH $CaCl_2$: 4,5, P resina: $10\ mg\ dm^{-3}$ e teor de argila: 11%)

4.2.2 Teores foliares de P, Ca, Mg, K e Si (cana planta, 2º corte e 3º corte)

Apesar de não observadas diferenças entre os tratamentos quanto aos teores foliares de P, Ca, K e Si na cana planta, pode-se ressaltar que a aplicação do KP Fértil® resultou em acréscimos em relação ao tratamento testemunha de até 0,2, 0,8, 1,0 e 2,8 $g\ kg^{-1}$, respectivamente (Tabela 4). Quanto ao Mg, a aplicação do KP Fértil® resultou em teores médios superiores aos obtidos com a aplicação da fonte Bayovar, com acréscimos de 0,3 $g\ kg^{-1}$ de Mg (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de P, Ca, Mg, K e Si em folhas da cana planta (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes - SP) em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, amostragem em 01/20 - pH $CaCl_2$: 4,5, P resina: 10 mg dm^{-3} e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
	P (g kg ⁻¹)		
0	1,9		
80	2,1	1,9	2,0
160	2,1	2,0	2,0
320	2,0	2,0	2,0
Média	2,1 a	2,0 a	
Ca (g kg ⁻¹)			
0	3,5		
80	3,6	3,5	3,6
160	4,0	3,8	3,9
320	4,3	3,7	4,0
Média	4,0 a	3,7 a	
Mg (g kg ⁻¹)			
0	2,1		
80	2,3	2,1	2,2
160	2,5	2,1	2,3
320	2,4	2,1	2,3
Média	2,4 a	2,1 b	
K (g kg ⁻¹)			
0	12,5		
80	13,5	12,8	13,1
160	13,3	13,0	13,2
320	12,9	13,1	13,0
Média	13,2 a	13,0 a	
Si (g kg ⁻¹)			
0	17,1		
80	17,5	18,6	18,1
160	19,9	18,9	19,4
320	19,6	18,7	19,2
Média	19,0 a	18,8 a	

P: CV: 5,0%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2. **Ca:** CV: 16,1%; DMSTukey: 0,5; DMSDunnet: 1,2.

Mg: CV: 9,3%; DMSTukey: 0,2; DMSDunnet: 0,4. **K:** CV: 6,2%; DMSTukey: 0,7; DMSDunnet: 1,6.

Si: CV: 9,6%; DMSTukey: 1,5; DMSDunnet: 3,6.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Não foi observada interação significativa entre as fontes e as doses quanto aos teores de nutrientes em folhas da cana planta e 1ª soqueira (Figuras 2 e 3). Entretanto, ao se observar as médias das fontes, modelos polinomiais quadráticos foram obtidos quanto aos teores foliares de P, Mg, K e Si na cana planta, cujos melhores resultados seriam obtidos nas doses de 240, 238, 195 e 242 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente (ponto máximo das curvas) (Figuras 2a, 2c, 2d e 2e). Quanto ao Ca foliar na cana planta, acréscimos

lineares de $0,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca são obtidos a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 adicionados (Figura 2b).

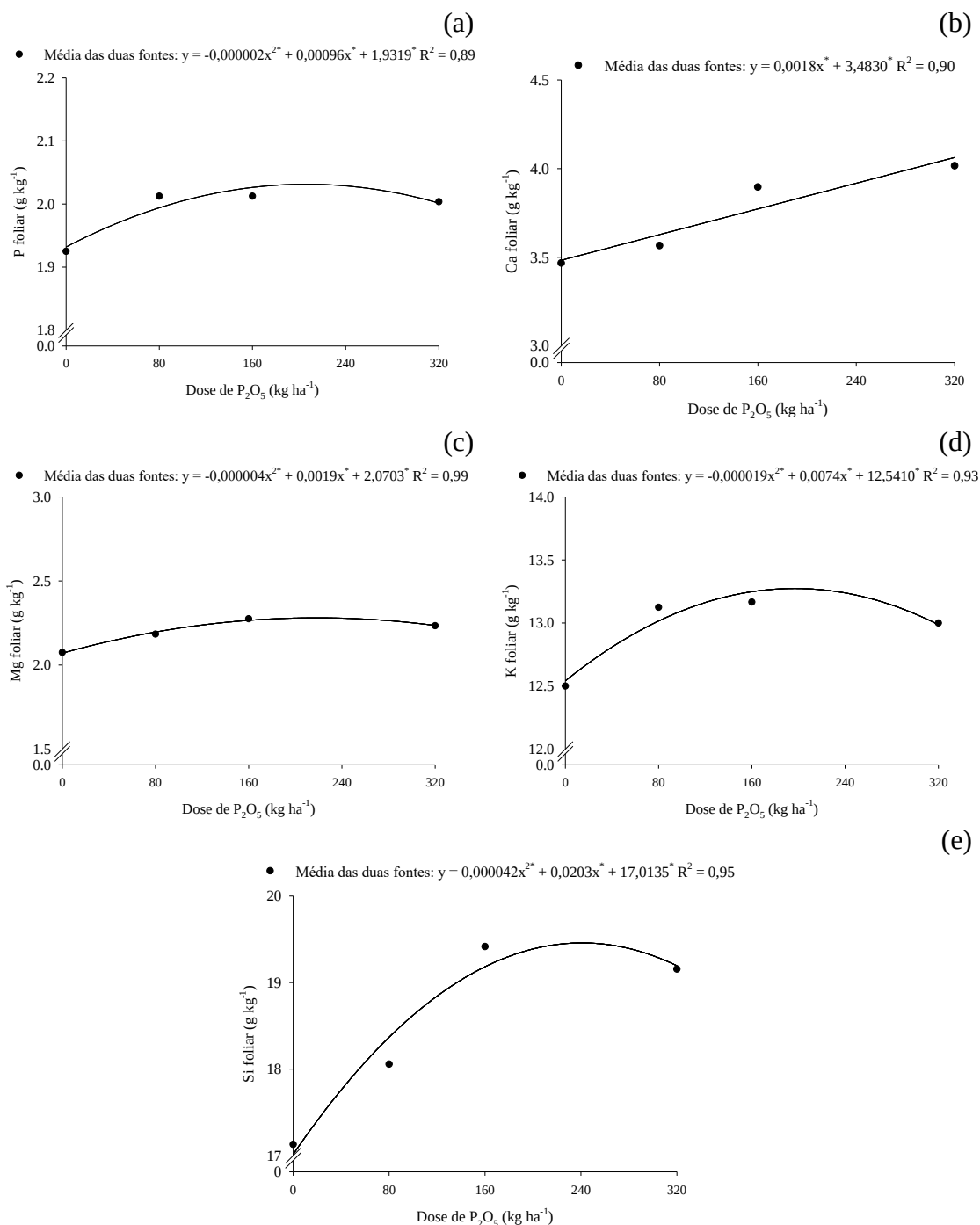


Figura 2. Teores de P (a), Ca (b), Mg (c), K (d) e Si (e) em folhas de cana planta em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (médias das fontes KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes – SP, aplicação em 06/19, amostragem em 01/20 - pH CaCl_2 : 4,5, P resina: 10 mg dm^{-3} , 11% de argila

Na cana soca (2º corte), nota-se que, apesar de não observadas diferenças estatísticas, a aplicação do KP Fértil® resultou em acréscimos em relação à testemunha de até 0,5 g kg⁻¹ de Ca, 0,2 g kg⁻¹ de Mg, 0,5 g kg⁻¹ de K e 2,5 g kg⁻¹ de Si (Tabela 5). Além disso, observa-se que a aplicação do KP Fértil® resultou em acréscimos de 1,3 g kg⁻¹ de Si quando comparado ao teor médio obtido com o Bayovar (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de P, Ca, Mg, K e Si em folhas da cana soca (2º corte, RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes - SP) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (KP Fértil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, amostragem em 02/21 - pH CaCl₂: 4,5, P resina: 10 mg dm⁻³ e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	P (g kg ⁻¹)		
0	2,2		
80	2,2	2,2	2,2
160	2,3	2,3	2,3
320	2,3	2,3	2,3
Média	2,3 a	2,3 a	
Ca (g kg ⁻¹)			
0	3,2		
80	3,4	3,4	3,4
160	3,7	3,7	3,7
320	3,3	3,4	3,3
Média	3,4 a	3,5 a	
Mg (g kg ⁻¹)			
0	2,1		
80	2,3	2,2	2,2
160	2,2	2,3	2,2
320	2,2	2,2	2,2
Média	2,2 a	2,2 a	
K (g kg ⁻¹)			
0	14,8		
80	14,3	14,5	14,4
160	14,0	14,8	14,4
320	15,3	14,8	15,0
Média	14,5 a	14,7 a	
Si (g kg ⁻¹)			
0	14,4		
80	16,9	15,9	16,4
160	16,8	15,6	16,2
320	15,2	13,5	14,3
Média	16,3 a	15,0 a	

P: CV: 3,6%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2. **Ca:** CV: 10,0%; DMSTukey: 0,3; DMSDunnet: 0,7.

Mg: CV: 6,6%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3. **K:** CV: 5,7%; DMSTukey: 0,7; DMSDunnet: 1,7.

Si: CV: 10,8%; DMSTukey: 1,4; DMSDunnet: 3,4.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Na cana soca de 2º corte, modelos significativos foram obtidos somente para Ca, Mg e Si, cujos melhores resultados seriam observados nas doses de 190, 160 e 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (ponto máximo das curvas) (Figura 3).

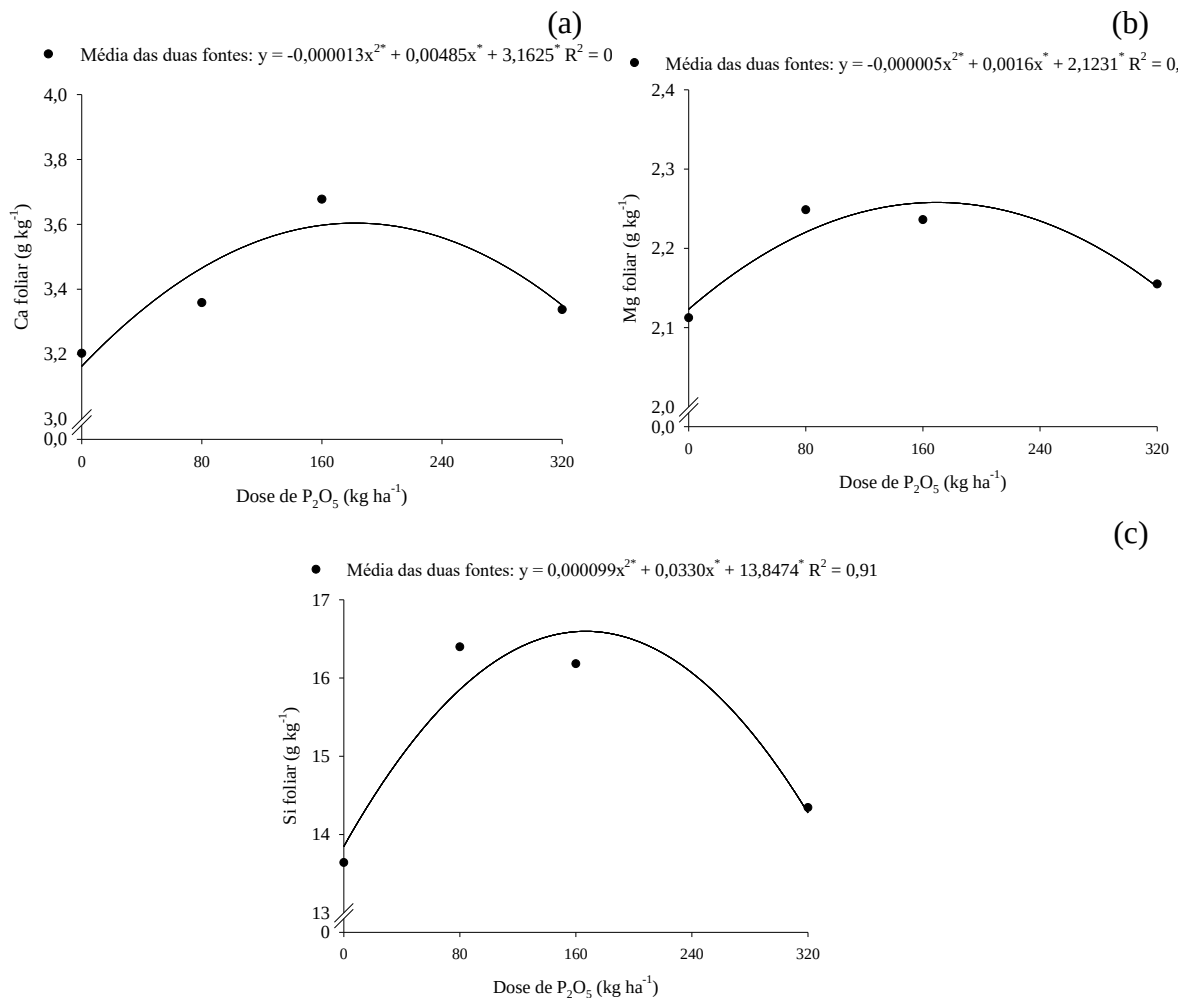


Figura 3. Teores de Ca (a), Mg (b) e Si (c) em folhas de cana soca (2º corte) em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ (médias das fontes KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes – SP, aplicação em 06/19, amostragem em 02/21 - pH CaCl₂: 4,5, P resina: 10 mg dm⁻³, 11% de argila

De modo geral, não foram observadas diferenças entre os tratamentos ou obtidos ajustes de modelos de regressão significativos que demonstrem o efeito das doses crescentes de P₂O₅ nos teores de P, K, Si, Ca e Mg em folhas da soqueira de 3º corte (Tabela 6). Entretanto, pode-se ressaltar que, quando comparado à testemunha, o KP Fertil resultou em acréscimos de até 0,3 g kg⁻¹ de Ca, 0,5 g kg⁻¹ de K e 0,8 g kg⁻¹ de Si (Tabela 6).

Tabela 6. Teores de P, Ca, Mg, K e Si em folhas da cana soca (3º corte, RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes - SP) em função da aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, amostragem em 04/22 - pH $CaCl_2$: 4,5, P resina: 10 mg dm^{-3} e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
	P (g kg ⁻¹)		
0	2,2		
80	2,2	2,2	2,2
160	2,2	2,2	2,2
320	2,2	2,2	2,2
Média	2,2 a	2,2 a	
Ca (g kg ⁻¹)			
0	2,6		
80	2,8	2,6	2,7
160	2,8	2,8	2,8
320	2,9	2,6	2,7
Média	2,8 a	2,6 a	
Mg (g kg ⁻¹)			
0	1,6		
80	1,6	1,6	1,6
160	1,6	1,6	1,6
320	1,6	1,5	1,6
Média	1,6 a	1,6 a	
K (g kg ⁻¹)			
0	15,5		
80	15,3	15,0	15,1
160	15,5	15,3	15,4
320	16,0	15,3	15,6
Média	15,6 a	15,2 a	
Si (g kg ⁻¹)			
0	5,9		
80	6,6	6,1	6,4
160	6,7	6,5	6,6
320	6,6	6,6	6,6
Média	6,6 a	6,4 a	

P: CV: 5,1%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2. **Ca:** CV: 12,2%; DMSTukey: 0,3; DMSDunnet: 0,7. **Mg:** CV: 12,5%; DMSTukey: 0,2; DMSDunnet: 0,4. **K:** CV: 6,6%; DMSTukey: 0,9; DMSDunnet: 2,0. **Si:** CV: 16,3%; DMSTukey: 0,9; DMSDunnet: 2,1.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

De acordo com as faixas de teores de macro e micronutrientes da cana-de-açúcar propostas no Boletim 100 (2022), os teores foliares obtidos neste experimento, nos três ciclos avaliados (cana planta, 1ª soca e 2ª soca), estão adequados para o bom desenvolvimento da cultura.

4.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima (cana planta, 2º corte e 3º corte)

Não foram observadas diferenças estatísticas entre as fontes de P_2O_5 quanto à produtividade de colmos da cana-de-açúcar (Tabela 7). Entretanto, observa-se que, quando comparado ao tratamento testemunha, o KP Fértil® promoveu ganhos que variam de 10 a 16 t ha⁻¹ na cana planta, de 15 a 19 t ha⁻¹ cana soca (2º corte) e de 5,8 a 13,5 t ha⁻¹ cana soca (3º corte), com diferença estatística nas soqueiras (presença do *) (Tabela 7). Quanto à produtividade acumulada (somatório dos três cortes), valores superiores à testemunha são observados com a aplicação do KP Fértil, independentemente da dose utilizada, com ganhos de 48 t ha⁻¹ (Tabela 7). Quando comparado ao Bayovar, o KP Fértil promoveu ganhos de até 17 t ha⁻¹, sendo que os melhores resultados foram obtidos quando ambas as fontes foram aplicadas na dose de 160 kg ha⁻¹ de P_2O_5 .

Tabela 7. Produtividade de colmos (TCH) da cana planta e da cana soca (2º e 3º cortes) e valores acumulados dos três cortes (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total no plantio e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, colheitas em 05/20, 07/21 e 09/22) (solo com P resina: 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	KP Fértil® TCH cana planta (t ha ⁻¹)	Bayovar	Média
0	104,9		
80	114,9	120,1	117,5
160	120,8	118,5	119,7
320	119,3	114,2	116,7
Média	118,3 a	117,6 a	
	TCH 2º corte (t ha ⁻¹)		
0	61,2		
80	76,5	68,4	72,5
160	79,8*	69,8	74,8
320	78,8*	78,9*	78,8
Média	78,4 a	72,4 a	
	TCH 3º corte (t ha ⁻¹)		
0	39,6		
80	48,4	46,9	47,7
160	53,1*	48,5	50,8
320	45,4	46,3	45,8
Média	49,0 a	47,3 a	
	TCH acumulado (t ha ⁻¹)		
0	205,7		
80	239,8*	235,5	237,6
160	253,7*	236,9	245,3

320	243,4*	239,4*	241,4
Média	245,6 a	237,3 a	

Cana planta: CV: 11,0%; DMSTukey: 10,9; DMSDunnet: 25,5. 2º corte: CV: 10,4%; DMSTukey: 6,6; DMSDunnet: 15,3. 3º corte: CV: 12,0%; DMSTukey: 4,8; DMSDunnet: 11,3. Acumulado: CV: 7,1%; DMSTukey: 14,4; DMSDunnet: 33,5.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Assim como observado para a produtividade de colmos, não foram observadas diferenças estatísticas entre as fontes KP Fértil® e Bayovar quando à produtividade de açúcar (Tabela 8). Entretanto, ressalta-se que a aplicação do KP Fértil® resultou em até 2,5 t ha⁻¹ de açúcar a mais na cana planta que o tratamento testemunha, especialmente quando a maior dose foi utilizada (320 kg ha⁻¹ de P₂O₅) (Tabela 8). Quando comparado ao tratamento com Bayovar, o KP Fértil® resultou em acréscimos de 1,2 t ha⁻¹, ambos aplicados na dose de 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

No 2º corte, valores superiores à testemunha são obtidos com a aplicação do KP Fértil®, independentemente da dose utilizada, com ganhos de até 3 toneladas de açúcar por hectare (Tabela 8). No 3º corte, valores superiores à testemunha foram obtidos na dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com ganhos de 2,2 t ha⁻¹ (Tabela 8).

Além disso, valores acumulados de TAH superiores à testemunha também são obtidos com o KP Fértil®, em todas as doses utilizadas, com ganhos de 7,2 t ha⁻¹ (Tabela 8).

Tabela 8. Produtividade de açúcar (TAH) da cana planta e da cana soca (2º e 3º cortes) e valores acumulados dos dois cortes (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, colheitas em 05/20, 07/21 e 09/22) (solo com P resina: 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	TAH cana planta (t ha ⁻¹)		
0	12,3		
80	13,5	14,7	14,1
160	14,4	14,0	14,2
320	14,8	13,6	14,2
Média	14,2 a	14,1 a	
TAH 2º corte (t ha ⁻¹)			
0	9,4		
80	12,0*	10,7	11,3
160	12,4*	10,9	11,6
320	12,2*	12,3*	12,2
Média	12,2 a	11,3 a	
TAH 3º corte (t ha ⁻¹)			
0	6,3		
80	7,7	7,4	7,6
160	8,5*	7,7	8,1
320	7,0	7,0	7,0
Média	7,7 a	7,3 a	
TAH acumulado (t ha ⁻¹)			
0	28,0		
80	33,1*	32,8*	33,0
160	35,2*	32,6	33,9
320	33,9*	32,8*	33,3
Média	34,1 a	32,7 a	

Cana planta: CV: 12,0%; DMSTukey: 1,4; DMSDunnet: 3,3. 2º corte: CV: 10,3%; DMSTukey: 1,0; DMSDunnet: 2,3. 3º corte: CV: 11,7%; DMSTukey: 0,7; DMSDunnet: 1,7. Acumulado: CV: 7,1%; DMSTukey: 2,0; DMSDunnet: 4,6.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Quanto à qualidade da matéria-prima, a aplicação de 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅ através do KP Fértil® resultou em acréscimos de 7 kg t⁻¹ na cana planta quando comparado à testemunha, sem a aplicação de P₂O₅ em área total, e de 5 kg t⁻¹ em relação ao tratamento Bayovar aplicado na mesma dose (Tabela 9).

Nas soqueiras, o KP Fértil® promoveu acréscimos de até 2,6 kg t⁻¹ em relação à testemunha, enquanto que, ao se avaliar a média dos três cortes, esses ganhos foram de aproximadamente 2,0 kg t⁻¹ (Tabela 9).

Tabela 9. Açúcar total recuperável (ATR) da cana planta e da cana soca (2º e 3º cortes) e valores médios dos dois cortes (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P₂O₅ através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, colheitas em 05/20, 07/21 e 09/22) (solo com P resina: 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil® ATR cana planta (kg t ⁻¹)	Bayovar	Média
0	116,9		
80	117,6	122,6	120,1
160	119,0	118,4	118,7
320	123,7	118,5	121,0
Média	120,1 a	119,8 a	
ATR 2º corte (kg t⁻¹)			
0	153,7		
80	156,3	156,6	156,5
160	154,9	156,0	155,4
320	154,8	155,4	155,1
Média	155,3 a	156,0 a	
ATR 3º corte (kg t⁻¹)			
0	158,2		
80	159,0	176,9	158,4
160	160,3	157,8	159,1
320	153,4	150,3	151,8
Média	157,5 a	155,3 a	
ATR médio (kg t⁻¹)			
0	142,9		
80	144,3	145,7	145,0
160	144,7	144,1	144,4
320	143,9	141,4	142,7
Média	144,3 a	143,7 a	

Cana planta: CV: 3,2%; DMSTukey: 3,3; DMSDunnet: 7,7. 2º corte: CV: 2,2%; DMSTukey: 2,9; DMSDunnet: 6,8. 3º corte: CV: 3,0%; DMSTukey: 4,0; DMSDunnet: 9,3. Médio: CV: 1,6%; DMSTukey: 2,0; DMSDunnet: 4,6.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Modelo polinomial quadrático foi obtido quanto às produtividades de colmos e de açúcar da cana-de-açúcar após a aplicação de doses crescentes de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar (médias das duas fontes) (Figuras 4, 5, 6 e 7).

Na cana planta, melhores resultados de TCH e TAH seriam obtidos nas doses de 204 e 217 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente (Figuras 4a e 4b). Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo que demonstre o efeito das doses crescentes de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar nos valores de ATR da cana planta.

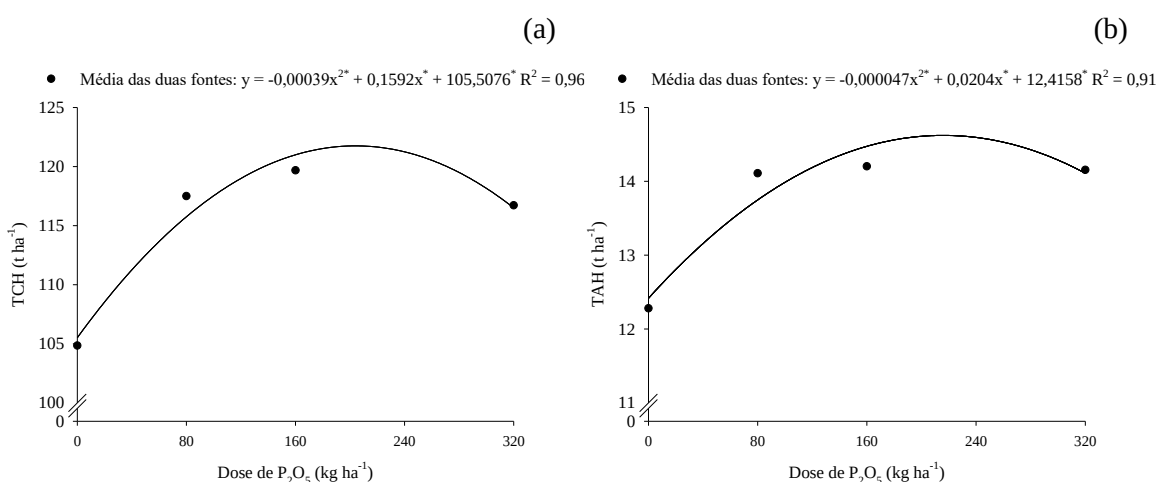


Figura 4. Produtividade de colmos (TCH) (a) e de açúcar (TAH) (b) da cana planta em função da aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar (médias das duas fontes) em área total no plantio e incorporadas superficialmente (1º corte, variedade RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes – SP, aplicação em 06/19, colheita em 05/20, solo com P resina: 10,0 $mg\ dm^{-3}$, pH $CaCl_2$: 4,5 e teor de argila: 11%)

Na cana soca (2º corte), maiores ganhos seriam observados nas doses de 270 e 260 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente (ponto máximo das curvas) (Figuras 5a e 5b), enquanto que, no 3º corte, melhores resultados seriam obtidos nas doses de 205 e 180 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 (ponto máximo das curvas) (Figuras 6a e 6b).

(a)

(b)

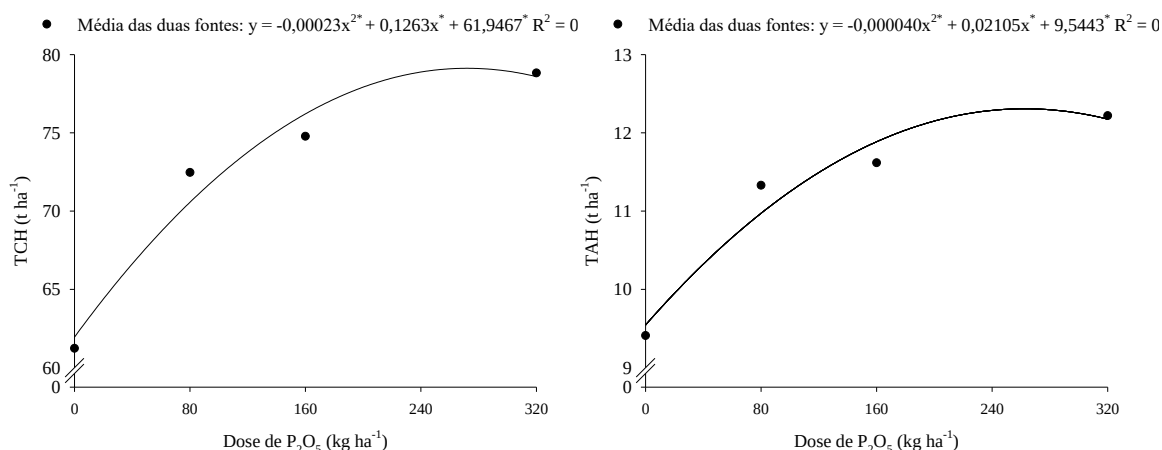


Figura 5. Produtividade de colmos (TCH) (a) e de açúcar (TAH) (b) da cana soca (2º corte) em função da aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar (médias das duas fontes) em área total no plantio e incorporadas superficialmente (2º corte, RB 867515, Us. Da Mata, SP, aplicação em 06/19, colheita em 07/21, solo com P resina = 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂ = 4,5 e 11% de argila)

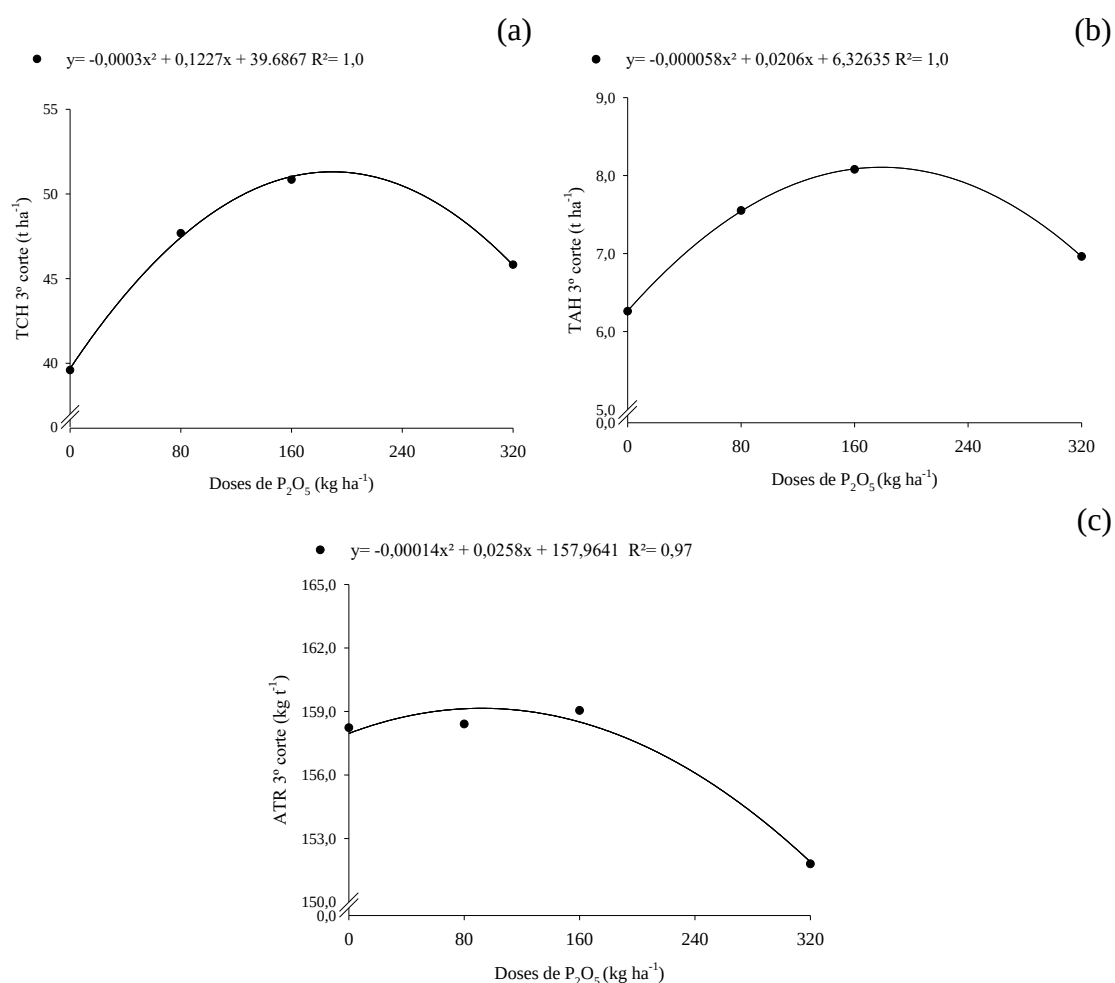


Figura 6. Produtividade de colmos (TCH) (a), de açúcar (TAH) (b) e açúcar total recuperável (ATR) (c) da cana soca após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar (médias das duas fontes) em área total no

plantio e incorporadas superficialmente (3º corte, RB 867515, Us. Da Mata, SP, aplicação em 06/19, colheita em 09/22, solo com P resina = 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂ = 4,5 e 11% de argila)

Maiores valores acumulados de TCH e TAH seriam obtidos na dose 215 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (ponto máximo das curvas) (Figuras 7a e 7b).

Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo para os valores de ATR da 1ª soqueira. Quanto à 2ª soca e valores médios dos 3 cortes, melhores resultados seriam obtidos nas doses de 90 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente (pontos máximos das curvas) (Figuras 6c e 7c).

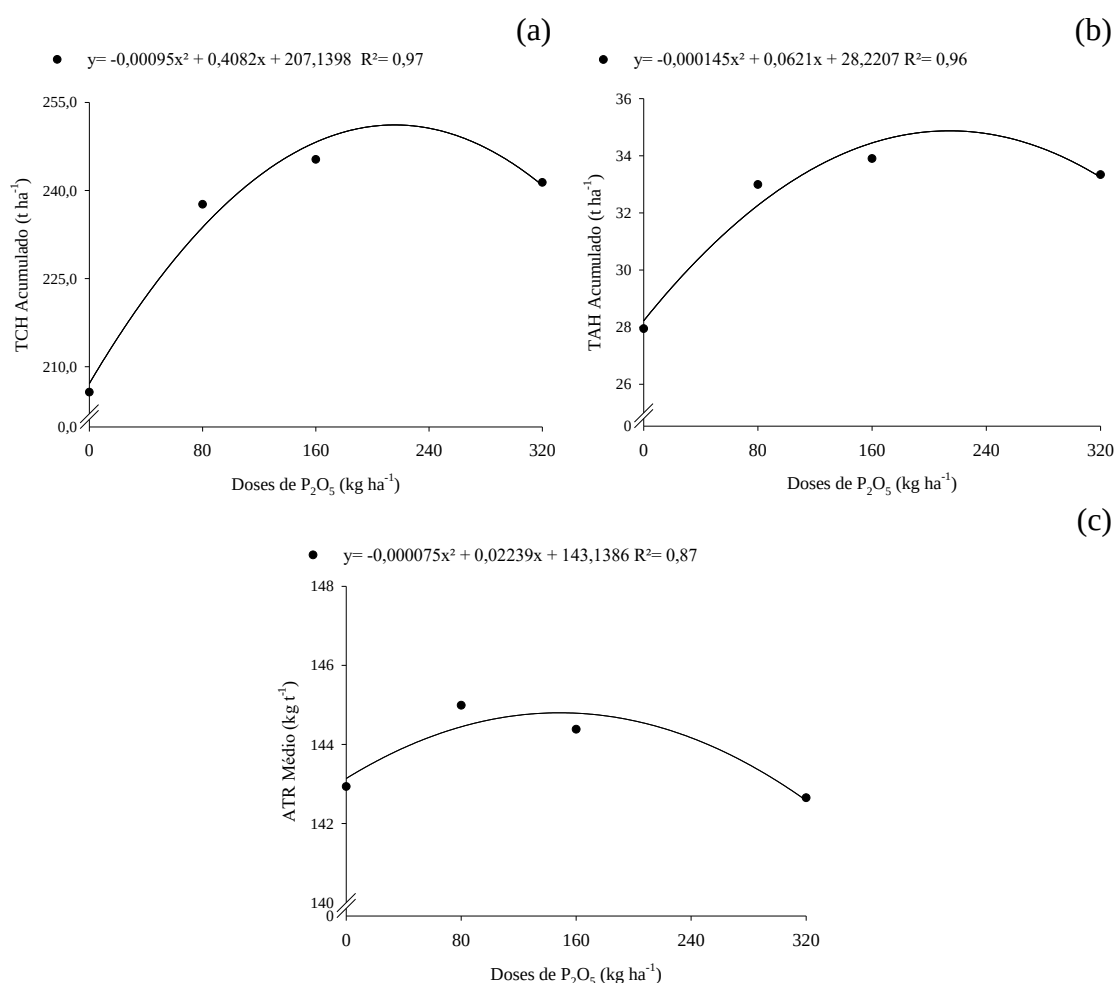


Figura 7. Valores acumulados de TCH (a) e TAH (b) e valores médios de ATR (c) da cana-de-açúcar em função da aplicação de doses de P₂O₅ através das fontes KP Fértil® e Bayovar (média das duas fontes) em área total no plantio e incorporadas superficialmente (1º, 2º e 3º cortes, RB 867515, Us. Da Mata, SP,

aplicação em 06/19, colheitas em 05/20, 07/21 e 09/22, solo com P resina = 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂ = 4,5 e 11% de argila)

4.2.4 Altura e diâmetro de colmos (cana planta, 2º corte e 3º corte)

Observa-se na tabela 10 que valor de altura de plantas superior ao tratamento testemunha foi obtido somente quando a menor dose de Bayovar foi aplicada (80 kg ha⁻¹ de P₂O₅) (presença do *), com acréscimos de 30 cm. Entretanto, nota-se que, apesar de não observadas diferenças estatísticas, a aplicação das maiores doses de KP Fértil® (160 e 320 kg ha⁻¹ de P₂O₅) resultou em acréscimos de 20 cm nos valores de altura da cana planta e cana soca quando comparado ao tratamento testemunha (Tabela 9).

Tabela 10. Altura da cana planta e da cana soca (2º e 3º cortes) (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P₂O₅ através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, medição em 05/20, 07/21 e 09/22) (solo com P resina: 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fértil®	Bayovar	Média
	Altura cana planta (m)		
0	2,5		
80	2,6	2,8*	2,7
160	2,7	2,7	2,7
320	2,7	2,7	2,7
Média	2,7 a	2,7 a	
Altura 2º corte (m)			
0	2,1		
80	2,2	2,2	2,2
160	2,3	2,2	2,2
320	2,3	2,1	2,2
Média	2,3 a	2,2 a	
Altura 3º corte (m)			
0	1,4		
80	1,5	1,4	1,5
160	1,6	1,5	1,6
320	1,4	1,4	1,4
Média	1,5 a	1,4 a	

CV: 4,6%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,18. 2º corte: CV: 11,3%; DMSTukey: 0,9; DMSDunnet: 0,5. 3º corte: CV: 8,0%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

A aplicação das doses crescentes de P_2O_5 resultou em modelo polinomial quadrático quanto aos valores de altura de plantas da soqueira de 3º corte, cujos melhores resultados seriam obtidos na dose de 170 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 8). Não foram obtidos modelos significativos no 1º e 2º corte.

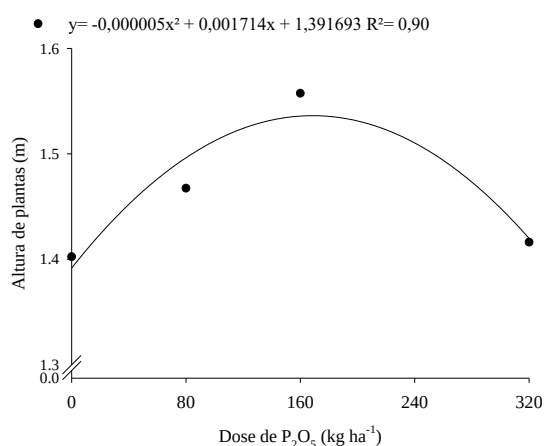


Figura 8. Altura da cana soca (3º corte) (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, medição em 09/22) (solo com P resina: $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$, pH CaCl_2 : 4,5 e teor de argila: 11%)

Quanto ao diâmetro de colmos, observa-se que, apesar de não observadas diferenças estatísticas, a aplicação do KP Fertil® resultou em acréscimos em relação à testemunha que variam de 0,3 a 1,3 mm na cana planta, de 0,5 a 2,1 na 1ª soca e de 0,2 mm na 2ª soca (Tabela 11).

Tabela 11. Diâmetro da cana planta e da cana soca (2º e 3º cortes) (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, medição em 05/20, 07/21 e 09/22) (solo com P resina: 10,0 mg dm⁻³, pH CaCl₂: 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)	KP Fertil®	Bayovar	Média
Diâmetro cana planta (mm)			
0	31,3		
80	31,6	31,1	31,6
160	31,6	31,3	31,6
320	32,6	33,3	32,6
Média	31,9 a	31,2 a	31,9 a
Diâmetro 2º corte (mm)			
0	27,3		
80	29,4	29,0	29,2
160	27,8	28,7	28,2
320	28,0	26,0	27,0
Média	28,4 a	27,9 a	
Diâmetro 3º corte (mm)			
0	27,8		
80	27,4	26,5	27,0
160	28,0	27,5	27,8
320	27,2	27,7	27,4
	27,5 a	27,2 a	

Cana planta: CV: 3,4%; DMSTukey: 0,9; DMSDunnet: 2,1. 2º corte: CV: 5,5%; DMSTukey: 1,3; DMSDunnet: 3,1. 3º corte: CV: 5,0%; DMSTukey: 1,2; DMSDunnet: 2,7.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Acréscimos lineares foram observados quanto aos valores de diâmetro de colmos da cana planta, sendo que, a cada 100 kg ha⁻¹ de P_2O_5 aplicados (médias das duas fontes), aumentos de 0,5 mm são obtidos (Figura 9a). Na soqueira (2º corte), modelo polinomial quadrático foi obtido, com melhores resultados na dose de 140 kg ha⁻¹ de P_2O_5 (ponto máximo da curva) (Figura 9b). Não foi obtido modelo de regressão significativo na soqueira de 3º corte.

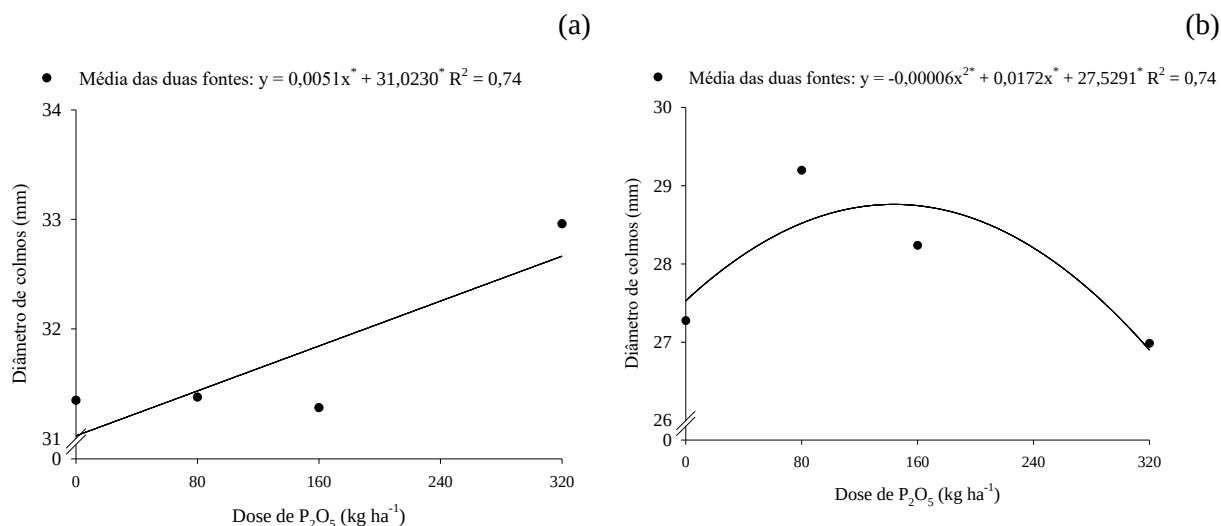


Figura 9. Diâmetro da cana planta (a) e da cana soca (2º corte) (b) (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, medição em 05/20 e 07/21) (solo com P resina: $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$, pH CaCl_2 : 4,5 e teor de argila: 11%)

4.2.4 Análise química do solo (após o 2º e 3º cortes)

A aplicação do KP Fertil®, na dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 , resultou em teor de P no solo após o 2º corte superior à testemunha (presença do *), com acréscimos de $9,1 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 12).

Tabela 12. Teor de P (extrator resina) em solo cultivado por dois anos consecutivos com cana-de-açúcar (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes - SP) aos 911 dias após a aplicação de diferentes doses de P_2O_5 (KP Fertil® e Bayovar) em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, coleta em 12/21) (solo com P resina: $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$, pH CaCl_2 : 4,5 e 11% de argila)

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	KP Fertil [®]	Bayovar	Média
	P no solo (mg dm ⁻³)		
0	13,2		
80	19,3	14,4	16,9
160	22,3*	26,4*	24,3
320	20,6	20,6	20,6
Média	20,7 a	20,5 a	

CV: 19,9%; DMSTukey: 3,3; DMSDunnet: 7,8.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Modelo polinomial quadrático foi obtido quanto aos teores de P no solo aos 911 dias após a aplicação de doses crescentes de P_2O_5 (média das fontes KP Fertil® e Bayovar), cujos melhores resultados seriam observados na dose de 210 kg ha^{-1} de P_2O_5 (Figura 10).

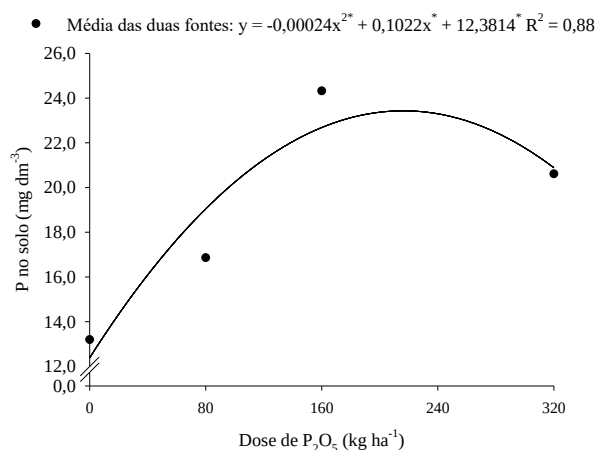


Figura 10. Teor de P (extrator resina) em solo cultivado por dois anos consecutivos com cana-de-açúcar aos 911 dias após a aplicação de diferentes doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (RB 867515, Us. Da Mata, Guararapes – SP, aplicação em 06/19, coleta em 12/21, solo com P resina: $10,0\ mg\ dm^{-3}$, pH $CaCl_2$: 4,5 e 11% de argila

O KP Fertil resultou em teores de P no solo, aos 1.173 dias após a aplicação, superiores à testemunha, independentemente da dose utilizada (presença do *), com acréscimos de até $5,8\ mg\ dm^{-3}$ de P (Tabela 13). Além disso, teor superior ao obtido com a aplicação do Bayovar foi observado quando ambas as fontes foram aplicadas na dose de $80\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 com acréscimos de $3,6\ mg\ dm^{-3}$ de P (Tabela 3).

Ressalta-se ainda que a aplicação do KP Fértil resultou em teor médio de S superior ao obtido com o Bayovar, com acréscimos de $0,3\ mg\ dm^{-3}$ de S (Tabela 13). Quanto aos demais macronutrientes, nota-se que, apesar de não observadas diferenças estatísticas, acréscimos em relação à testemunha de até 0,7 unidades de pH, $5,5\ mg\ dm^{-3}$ de K, $0,6\ cmol_c\ dm^{-3}$ de Ca e $0,1\ cmol_c\ dm^{-3}$ de Mg foram obtidos com a utilização do KP Fértil (Tabela 13).

Tabela 13. pH e teores de P, K, S, Ca e Mg em solo cultivado por três anos consecutivos com cana-de-açúcar (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) aos 1.173 dias após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, coleta em 09/22) (solo com P resina: $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$, pH $CaCl_2$: 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	pH $CaCl_2$		Média
	KP Fertil®	Bayovar	
0	4,4		
80	4,8	4,6	4,7
160	4,8	5,1	4,9
320	5,1	4,8	5,0
Média	4,9 a	4,8 a	
P (mg dm^{-3})			
0	4,1		
80	8,2 a*	4,6 b	6,4
160	7,8 a*	9,0 a*	8,4
320	9,9 a*	8,1 a*	9,0
Média	8,6	7,2	
K (mg dm^{-3})			
0	36,0		
80	38,0	38,5	38,3
160	41,0	40,0	40,5
320	41,5	37,5	39,5
Média	40,2 a	38,7 a	
S (mg dm^{-3})			
0	6,4		
80	6,4	6,1	6,2
160	6,5	6,0	6,2
320	6,6	6,4	6,5
Média	6,5 a	6,2 b	
Ca (cmol dm^{-3})			
0	0,6		
80	1,2	0,8	1,0
160	1,2	1,1	1,2
320	1,2	1,2	1,2
Média	1,2 a	1,0 a	
Mg (cmol dm^{-3})			
0	0,4		
80	0,5	0,4	0,4
160	0,4	0,5	0,4
320	0,5	0,4	0,4
Média	0,5 a	0,4 a	

pH: CV: 8,5%; DMSTukey: 0,3; DMSDunnet: 0,8. **P:** CV: 23,8%; DMSTukey: 2,6; DMSDunnet: 3,5.

K: CV: 23,3%; DMSTukey: 7,8; DMSDunnet: 18,2. **S:** CV: 4,6%; DMSTukey: 0,2; DMSDunnet: 0,6.

Ca: CV: 38,8%; DMSTukey: 0,3; DMSDunnet: 0,8. **Mg:** CV: 29,4%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Aos 1.173 dias após a aplicação das doses crescentes de P_2O_5 , acréscimos lineares no pH do solo foram obtidos, com aumentos de 0,17 unidades de pH a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 adicionados (médias das duas fontes) (Figura 11a). Quanto ao P, acréscimos lineares de 1,6 mg dm^{-3} de P no solo são obtidos a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 adicionados através do KP Fertil (Figura 11b). A aplicação de doses crescentes de P_2O_5 (médias das duas fontes) resultou em modelo polinomial quadrático quanto aos teores de Ca no solo, cujos melhores resultados seriam observados na dose de 230 kg ha^{-1} de P_2O_5 (ponto máximo da curva) (Figura 11c).

Não foram obtidos ajustes de modelos de regressão significativos que demonstrem o efeito das doses de KP Fertil ou Bayovar nos teores de K, S e Mg aos 1.173 dias após a aplicação.

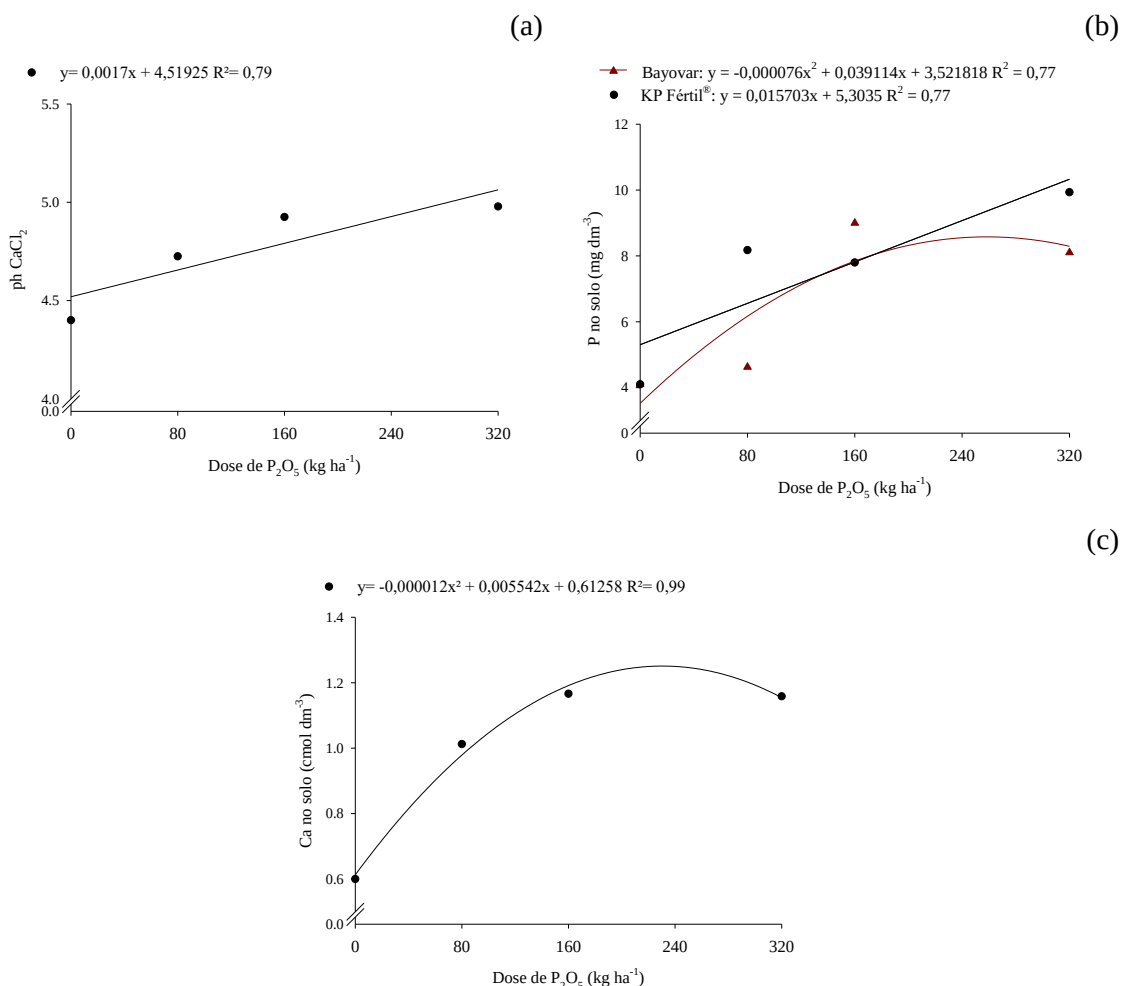


Figura 11. pH (a) e teores de P (extrator resina) (b) e Ca (c) em solo cultivado por três anos consecutivos com cana-de-açúcar (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) aos 1.173 dias após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fertil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, coleta em 09/22) (solo com P resina: 10,0 mg dm^{-3} , pH $CaCl_2$: 4,5 e teor de argila: 11%)

Aos 1.173 dias após a aplicação, teor médio de Mn no solo superior ao Bayovar foi obtido com a utilização do KP Fértil, com acréscimos de $0,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn (Tabela 3). Além disso, quando a maior dose foi utilizada (320 kg ha^{-1} de P_2O_5), teores de Mn e Zn superiores à testemunha foram observados com a utilização do KP Fértil (presença do *), com ganhos de $0,2$ e $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de Mn e Zn, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 14. Teores de Cu, Fe, Mn, Zn e B em solo cultivado por três anos consecutivos com cana-de-açúcar (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) aos 1.173 dias após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, coleta em 09/22) (solo com P resina: $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$, pH CaCl_2 : 4,5 e teor de argila: 11%)

Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1})	KP Fértil®	Bayovar	Média
Cu (mg dm^{-3})			
0	0,2		
80	0,4	0,3	0,3
160	0,4	0,3	0,3
320	0,4	0,4	0,4
Média	0,4 a	0,3 a	
Fe (mg dm^{-3})			
0	10,0		
80	8,0	10,0	9,0
160	9,5	8,8	9,1
320	9,3	9,5	9,4
Média	8,9 a	9,4 a	
Mn (mg dm^{-3})			
0	0,2		
80	0,3	0,3	0,3
160	0,3	0,2	0,3
320	0,4*	0,2	0,3
Média	0,3 a	0,2 b	
Zn (mg dm^{-3})			
0	0,2		
80	0,3	0,2	0,2
160	0,4	0,3	0,3
320	0,5*	0,3	0,4
Média	0,4 a	0,3 a	
B (mg dm^{-3})			
0	0,03		
80	0,03	0,03	
160	0,02	0,03	
320	0,02	0,02	
Média	0,02 a	0,03 a	

Cu: CV: 41,9%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3. **Fe:** CV: 45,6%; DMSTukey: 3,6; DMSDunnet: 8,5. **Mn:** CV: 35,1%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,2. **Zn:** CV: 53,6%; DMSTukey: 0,1; DMSDunnet: 0,3. **B:** CV: 54,3%; DMSTukey: 0,01; DMSDunnet: 0,03.

Médias seguidas por letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Quanto ao Cu, nota-se que, apesar de não observadas diferenças estatísticas, acréscimos de $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de Cu foram obtidos ao se comparar o KP Fértil com a testemunha (Tabela 3). As doses de KP Fértil não influenciaram nos teores de Fe e B no solo.

A aplicação das doses crescentes de P_2O_5 resultou em acréscimos lineares nos teores de Cu, Mn e Zn no solo, com ganhos de $0,03$, $0,03$ e $0,07 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, a cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 adicionados (médias das duas fontes) (Figura 12). Não foram obtidos modelos de regressão para os teores de Fe e B.

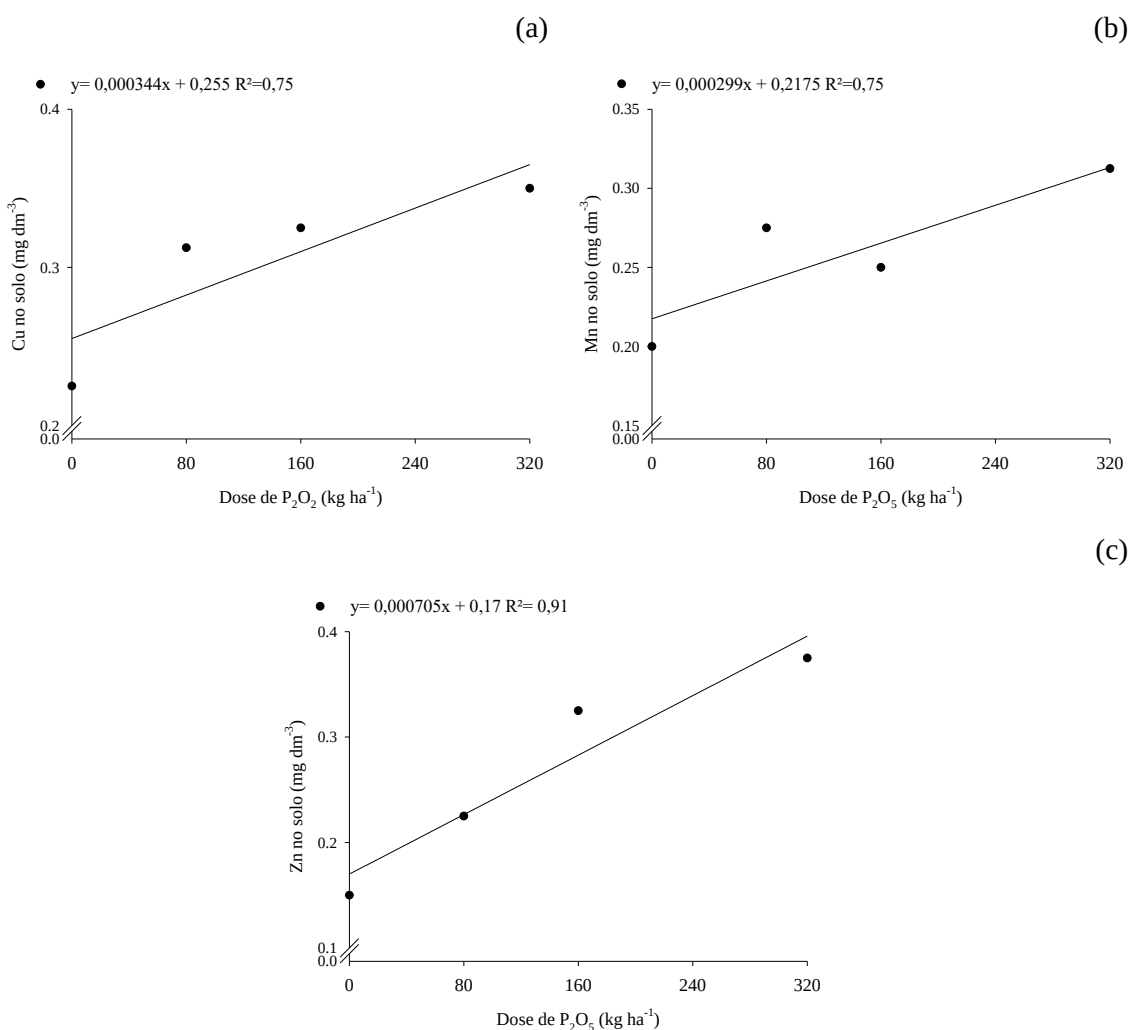


Figura 12. Teores de Cu (a), Mn (b) e Zn (c) em solo cultivado por três anos consecutivos com cana-de-açúcar (RB 867515, Us. Da Mata, SP, ambiente de produção E) aos 1.173 dias após a aplicação de doses de P_2O_5 através das fontes KP Fértil® e Bayovar em área total e incorporadas superficialmente (aplicação em 06/19, coleta em 09/22) (solo com P resina: $10,0 \text{ mg dm}^{-3}$, pH CaCl_2 : 4,5 e teor de argila: 11%)

4.3 CONCLUSÕES

- a) A aplicação do KP Fértil resulta em produtividades acumuladas superiores à testemunha, independentemente da dose utilizada, com ganhos de até 48 toneladas de colmos por hectare e 7 toneladas de açúcar por hectare.
- b) Quando ambas as fontes são aplicadas na dose de 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 , o KP Fértil resulta em 17 toneladas de colmos por hectare a mais que o Bayovar ao se avaliar os valores acumulados dos três cortes.
- c) A aplicação do KP Fertil resulta em teores de P no solo, aos 1.173 dias após a aplicação, superiores à testemunha, independentemente da dose utilizada e superior ao Bayovar quando ambas as fontes foram aplicadas na dose de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 .
- d) A aplicação do KP Fertil resulta em teores médios de Mn no solo, aos 1.173 dias após a aplicação, superiores aos obtidos com o Bayovar e, quando a maior dose é utilizada (320 kg ha^{-1} de P_2O_5), à testemunha.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2007. p. 253-280.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS Jr. D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. **Cana-de-açúcar**. In: Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 488p. (Boletim técnico, 100), 2022.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira (cana-de-açúcar), segundo levantamento**. Safra 2022/23, v. 9, agosto, 2022. Disponível em: Acesso em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 16 de novembro de 2022.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CONSECANA). **Manual de instruções**. 5.ed, Piracicaba, 2006. 112p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.3 8, n. 2, 2014.
- GUALBERTO, C. A. C; SANTOS, G. A; KORNFORFER, G. H. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar na região do Cerrado**. In: Nutrição e adubação de grandes culturas no Cerrado. Goiânia, Brasil: NRCO-SBCS, 2019.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).
- MARTINS, E.S.; OLIVEIRA, C.G.; RESENDE, A.V.; MATOS, M.S.F. **Agrominerais - Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura**. In: da Luz, A.B.; Lins, F.F., eds. Rochas e Minerais Industriais: usos e especificações. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 205-223.
- REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO (RIDESA). **Catálogo nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar**, Curitiba, 2010. 136 p. Disponível em: <http://canaufv.com.br/catalogo/catalogo2010.pdf><http://canaufv.com.br/catalogo/catalogo-2010.pdf><http://canaufv.com.br/catalogo/catalogo-2010.pdf>. Acesso em: 31 de março de 2019.
- REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G.; GOMES, J. D.; NUNES, R. S.; KORNDORFER, G. H. **Manejo da Adubação Fosfatada para Cana-de-Açúcar no Cerrado**. Circular técnica 29, Embrapa, Planaltina - DF, 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161535/1/CT-29.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2020.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**. v. 11, p. 3733-3740, 2016.

- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.
- SILVA, V.N. **Interação de micro-organismos na solubilização de fósforo e potássio de rochas para a produção de biofertilizantes**, Natal, RN, 2013.
- SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot statistics user's guide**, version 11.2 ed. Systat Software, Inc., San Jose, Costa Rica, 2009.
- UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA (UDOP). **Características Agronômicas mais Marcantes das Principais Variedades de Cana da Região Centro-Sul**, 2004. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=caracteristicas>. Acesso em: 31 de março de 2020.