

ADUBAÇÃO FOSFATADA EM CANA PLANTA E SOCA EM ARGISSOLOS DO NORDESTE DE DIFERENTES TEXTURAS¹

DANIELA BATISTA DA COSTA^{2*}, PATRÍCIA KARLA BATISTA DE ANDRADE³, SILAS ALVES MONTEIRO DA SILVA⁴, DJALMA EUZÉBIO SIMÕES NETO⁵, FERNANDO JOSÉ FREIRE³, EMÍDIO CANTÍDIO ALMEIDA DE OLIVEIRA³

Resumo - Este trabalho estudou a produtividade da cana planta e soca, em solos com diferentes características físicas, químicas e mineralógicas, submetidos à adubação fosfatada. Foram instalados experimentos de campo em blocos ao acaso na Destilaria Japungu/PB, Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina/PE e Usina Bom Jesus/PE, selecionando-se Argissolos de textura arenosa, média e argilosa, respectivamente. Foram utilizadas as doses 0; 40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicadas no fundo do sulco de plantio (adubação de fundação) e na cana soca subsequente aplicou-se 0 e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (adubação de cobertura), para cada uma das doses aplicadas no plantio. Concluiu-se nessa pesquisa que a produtividade da cana planta foi até 34% maior com a adubação fosfatada de plantio e as doses de máxima eficiência agrônômica foram de 107 kg ha⁻¹ no PAdx, 120 kg ha⁻¹ no PVAd₂ e 130 kg ha⁻¹ no PVAd₁; a cana soca só respondeu satisfatoriamente a adubação fosfatada de cobertura em Argissolos menos intemperizados de textura média; A adubação fosfatada de cobertura em cana soca em Argissolos argilosos e intemperizados não promoveu incremento de produtividade, restringindo sua recomendação em Argissolos com essas características.

Palavras chave: *Saccharum officinarum* L. Adubação de soqueira. Produtividade. Eficiência no uso de fósforo.

P FERTILIZATION ON PLANT AND RATOON CANE IN THE ARGISOILS OF THE NORTHEAST OF DIFFERENT TEXTURES

Abstract - The present work studied the productivity of plant and ratoon cane in soils with different physical, chemical and mineralogical particulars submitted to phosphate fertilization. Randomized block field experiments were located at Japungu Distillery (Paraíba State), at Sugar Cane Experimental Station of Carpina (Pernambuco State) and at Bom Jesus Sugar Cane plant (Pernambuco State), from where Argisols of sandy, mid and clayey textures were selected respectively. The doses of 0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹ P₂O₅ were applied at the bottom of the furrow (fertilization foundation). In the subsequent ratoon cane were applied 0 and 40 kg ha⁻¹ P₂O₅ (topdressing) for each of the doses applied at the planting. It was concluded in this study that the productivity of sugarcane plant was positively influenced by phosphorus fertilization planting. The ratoon cane only responded nicely to phosphorus coverage in the less weathered medium texture Argisols; Phosphorus fertilization of ratoon sugarcane coverage in clay and weathered Argisols did not promote increased productivity, restricting its recommendation in Argisols with these characteristics.

Keywords: *Saccharum officinarum* L. Fertilization of ratoon. Productivity of sugarcane. Efficient use of phosphorus.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 15/11/2012; aceito em 25/07/2014.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus Picuí. Picuí - PB, dani_agro@yahoo.com.br.

³Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Recife - PE, patriciapig2@yahoo.com.br, f.freire@depa.ufpe.br, emidio@depa.ufpe.br.

⁴Destilaria Tabu, Caporã - PB, silasalves@hotmail.com.

⁵Estação Experimental de cana-de-açúcar de Carpina - UFRPE, Carpina - PE, desn@oi.com.br.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é reconhecida uma das culturas mais importantes no âmbito agrícola do Brasil, especialmente no que diz respeito à produção de combustível natural. Justamente devido ao exacerbado interesse agrícola, as pesquisas para aprimorar as técnicas de manejo com que venham refletir na melhoria da produtividade da cana-de-açúcar têm despertado o interesse de pesquisadores de diversas partes do mundo, especialmente com relação à adubação, primordialmente a fosfatada, que é uma das que mais necessitam de estudos para melhorar sua eficiência, haja vista o alto custo que representa na produção e manejo dessa cultura.

A adubação fosfatada é reconhecida como uma prática eficaz para elevar a produtividade dos canaviais, sobretudo nos solos brasileiros, que são, em geral, pobres em P (ROSSETO; SANTIAGO, 2009), o que torna o mesmo um dos elementos mais importantes para a cultura da cana-de-açúcar, pois atua no desenvolvimento das raízes, aumenta a produção de colmos, aumenta o pol (%) , pureza do caldo e clarificação, e sua deficiência pode levar à diminuição na formação de sacarose (SIMÕES NETO et al., 2009).

Devido à importância do P para o desenvolvimento, produtividade e longevidade da cana-de-açúcar e sua alta taxa de fixação nos solos tropicais, torna-se pertinente o estudo de níveis adequados desse elemento no solo (CAIONE et al., 2011) para que ocorra sua adequada absorção, proporcionando maior crescimento e elevada eficiência dos fertilizantes fosfatados (NUNES, 2011).

A cana-de-açúcar responde melhor a adubação fosfatada no primeiro ano de cultivo, contudo se espera um efeito residual do P capaz de suprir a necessidade da cultura nas socas subsequentes. Contudo, este efeito residual depende de muitos fatores tais como: poder de fixação do P pelo solo, nível inicial de P disponível, dentre outros (ZAMBELLO JR.; ORLANDO FILHO, 1981). Simões Neto et al. (2012) pesquisaram adubação fosfatada em solos do estado de Pernambuco e concluíram que a presença de P influenciou positivamente a produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar no primeiro ciclo de cultivo e que os valores de Açúcares Totais Redutores (ATR) foram mais elevados quando se aplicou P em solos mais tamponados, de elevada Capacidade Máxima de Adsorção de P (CMAP).

Apesar da maioria dos experimentos demonstrarem que a cana-de-açúcar expressa produção com a adubação fosfatada quando essa é feita na implantação da cultura em fundo do sulco, é possível que em solos com baixos teores de P haja respostas à adubação na soca com esse nutriente (ROSSETO; DIAS, 2005). Weber et al. (2001) verificaram em experimento conduzido em terceira soqueira ganho na produção de colmos nas parcelas que receberam P

em cobertura, incorporado lateralmente à linha de plantio juntamente com o N e K. O ganho com a aplicação dos três nutrientes foi de 53,9% quando comparado às produtividades das testemunhas, sem adubação, e de 4,9% ao ser comparado aos tratamentos que receberam N e K. Na África do Sul recomenda-se aplicar em socaria entre 45 e 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (BITTENCOURT et al., 2006).

Tendo em vista a necessidade de avaliar o efeito da adubação fosfatada na cana-de-açúcar, este trabalho teve por objetivo determinar a produtividade agrícola dessa cultura nos dois primeiros ciclos de cultivo, quando submetida a diferentes doses de P na cana planta, combinada com adubação fosfatada de cobertura em cana soca, em Argissolos de diferentes texturas no nordeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos em campo em áreas predominantemente cultivadas com cana-de-açúcar em regiões com características edafoclimáticas distintas: Usina Japungu, localizada nos Tabuleiros Costeiros do estado da Paraíba, onde o clima é quente e úmido (Köppen-Geiger) com precipitação média anual de 1.600 mm, e o solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura arenosa (PVAd₁); Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina (EECAC), localizada na Zona da Mata Norte de Pernambuco, com clima quente e úmido (Köppen-Geiger), relevo levemente ondulado, precipitação média anual em torno de 1.300 mm e o solo caracterizado por Argissolo Amarelo Distrocoeso de textura média (PADx); e Usina Bom Jesus, localizada na região da Zona da Mata Sul de Pernambuco, onde o clima é quente e úmido (Köppen-Geiger), relevo ondulado e precipitação média anual de 2.200 mm, sendo o solo da área experimental classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa (PVAd₂). Todos os solos foram classificados segundo Embrapa (2006).

Para a seleção das áreas experimentais foi utilizado como critério a granulometria dos solos, em que se procurou classes texturais arenosa (PVAd₁), média (PADx) e argilosa (PVAd₂). Os solos foram amostrados na profundidade de 0,0-0,30 m e caracterizados física, química e mineralogia (Tabela 1).

Os solos foram caracterizados fisicamente segundo os métodos da EMBRAPA (2009), em que se determinou a densidade do solo, densidade das partículas, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, condutividade hidráulica saturada e a granulometria.

Para análises químicas, os solos foram caracterizados pelo pH (H₂O), Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Al³⁺, (H+Al), P, Fe, Cu, Zn, Mn, P-remanescente (P-rem) e capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP).

O Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e Al^{3+} foram extraídos por KCl 1,0 mol L⁻¹; O Fe, Cu, Zn, Mn e ainda P e K por Mehlich-1; e o (H+Al) por acetato de Ca 0,5 mol L⁻¹, conforme EMBRAPA (2009). O Ca^{2+} e o Mg^{2+} foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o K^+ e o Na^+ por fotometria de chama e o P por colorimetria. O Fe, Cu, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica, o Al^{3+} e o (H+Al) por volumetria e o P-rem, segundo metodologia des-

crita por Alvarez V. et al., (2000).

Para a avaliação da CMAP, as amostras de solo receberam doses de P baseadas no valor de P-rem (ALVAREZ V.; FONSECA, 1990). Amostras de TFSA de cada solo foram saturadas com soluções de concentrações crescentes de P em CaCl_2 10 mmol L⁻¹, adotando-se as isotermas de Langmuir para estimar a CMAP (NOVAIS; SMITH, 1999).

Tabela 1. Características físicas e químicas dos solos Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₁) na Usina Japungu/PB, Argissolo Amarelo distocoeso (PADx) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina/PE e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₂) na Usina Bom Jesus/PE

Características	Tipos de Solos		
	PVAd ₁	PADx	PVAd ₂
Ds (g cm ⁻³)	1,50	1,36	1,08
Dp (g cm ⁻³)	2,67	2,56	2,53
CC (Mg Mg ⁻¹)	0,044	0,115	0,221
PMP (Mg Mg ⁻¹)	0,028	0,067	0,163
Areia (g Kg ⁻¹)	887	704	474
Silte (g Kg ⁻¹)	35	80	70
Argila (g Kg ⁻¹)	78	216	456
K _o (cm h ⁻¹)	39,12	58,78	19,52
Porosidade (%)	43,82	46,87	57,31
Classe textural	Arenosa	Franco Arenosa	Argilo Arenosa
pH (H ₂ O)	6,5	6,0	4,4
(H + Al) (cmol _c dm ⁻³)	5,1	7,9	7,6
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00	1,20
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	1,00	2,53	0,50
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,90	1,55	0,50
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,03	0,03
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,04	0,15	0,06
P (mg dm ⁻³)	7,00	13,6	4,02
CMAP (mg cm ⁻³)	0,26	0,52	0,90
P-rem (mg L ⁻¹)	40,67	34,72	11,99
MO (%)	1,21	2,6	5,79
Fe (mg dm ⁻³)	29,70	101,1	186,6
Cu (mg dm ⁻³)	0,90	0,50	0,40
Zn (mg dm ⁻³)	5,30	8,70	4,90
Mn (mg dm ⁻³)	1,80	10,3	0,80
CTC _{total} (cmol _c dm ⁻³)	7,06	12,16	8,69
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³)	1,96	4,26	2,29
m (%)	0,00	0,00	52,4
V (%)	27,76	35,03	12,54

A caracterização da mineralogia da fração argila foi determinada por difratometria de raios-X (WHITTING; ALLARDICE, 1986) para determinação dos principais minerais da fração argila dos solos. Foram determinados também o Fe amorfo por Oxalato ácido de amônio (Feo) e o Fe cristalino por Ditionito-citrato-bicarbonato (MEHRA; JACKSON, 1960) e determinado por espectrofotometria de absorção atômica (Tabela 2).

A pesquisa abrangeu os dois primeiros anos de cultivo da cana-de-açúcar, avaliando a cana planta e a primeira soca. Os tratamentos foram constituídos por seis doses de P (0; 40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅) aplicadas no cultivo da cana planta no fundo do sulco por ocasião do plantio, ou seja, todo em fundação, juntamente com a adubação nitrogenada e potássica, distribuídos em blocos ao acaso com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais

de sete sulcos de dez metros de comprimento, sendo a área útil das parcelas constituídas das três fileiras centrais, retirando-se um metro na extremidade de cada parcela para eliminar possíveis efeitos de bordadura. A fonte de P utilizada foi o superfosfato triplo, e a variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 92579 desenvolvida pelo Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar de Carpina (PMGCA), das Universidades Federais integradas da Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA).

Os plantios foram realizados no mês de agosto no PVAd₂, setembro no PADx e outubro no PVAd₁, todos no ano de 2009, e as áreas foram preparadas de acordo com o manejo adotado por cada unidade produtora, com espaçamento entre fileiras de 1,5 m no PVAd₁, 1,15 m no PADx e 1,10 m do PVAd₂. As adubações nitrogenada e potássica foram basea-

das no Manual de Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), utilizando-se como fonte uréia e KCl, respectivamente nas doses de 60 e 80 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, em todos os solos. Os adubos foram aplicados no fundo do sulco de plantio, juntamente com a adubação fosfatada de fundação. A correção do solo foi feita antes do plantio de acordo com o Manual de Recomenda-

ções de Adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008), utilizando-se 2 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1 t ha⁻¹ de gesso no solo PVAd₂ da Usina Bom Jesus. No solo PVAd₁ da Usina Japungú e no PADx da EECAC não houve necessidade de correção, pelo método da neutralização dos teores trocáveis de Al ou elevação dos teores trocáveis de Ca + Mg (IPA, 2008).

Tabela 2. Minerais presentes na fração argila, quantidade de ferro amorfo e cristalino e sua relação nos solos Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₁), Argissolo Amarelo distocoeso (PADx) e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₂)

Solos	Local	Minerais	Feo		Fed	Feo/Fed
			g kg ⁻¹			
PVAd ₁	Japungú	Ct, Gt, Hm, An, Rt, Qz	0,18	13,81	0,01	
PADx	EECAC	Ct, Gb, Gt, An, Qz	2,79	18,15	0,15	
PVAd ₂	Bom Jesus	Ct, Gb, Qz	2,65	18,98	0,14	

Ct=caulinita; Gt=Goethita; Hm=hematita; An=Anatásio; Rt=Rutilo; Qz=Quatzo; Gb=Gibbsite

No segundo ciclo de cultivo (cana soca) as parcelas que receberam as doses 0; 40; 80; 120; 160 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no fundo do sulco foram divididas e metade recebeu 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e a outra metade não recebeu adubação fosfatada. A dose de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ é a recomendada pelo Manual de Recomendações de Adubação para o Estado de Pernambuco (IPA, 2008) para cana soca. As subparcelas foram formadas por sete sulcos com cinco metros de comprimento e as parcelas úteis por três sulcos de três metros de comprimento.

A primeira colheita foi realizada 14 meses após o plantio, nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2010 nos solos PVAd₂, PADx e PVAd₁,

respectivamente, e 30 dias após o corte foram aplicadas em cobertura as doses de 80 e 100 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente. Utilizou-se como fonte os fertilizantes uréia e de KCl, respectivamente. A segunda colheita foi realizada aos 26 meses após o plantio e 12 meses após o primeiro corte.

A precipitação pluviométrica foi registrada mensalmente nos três locais em que foram realizados os experimentos durante os dois ciclos de cultivo da cana-de-açúcar (Figuras 1 e 2). Na Usina Japungú e na EECAC nos meses que a precipitação não foi suficiente para suprir a demanda da cultura foram realizadas irrigações de salvação.

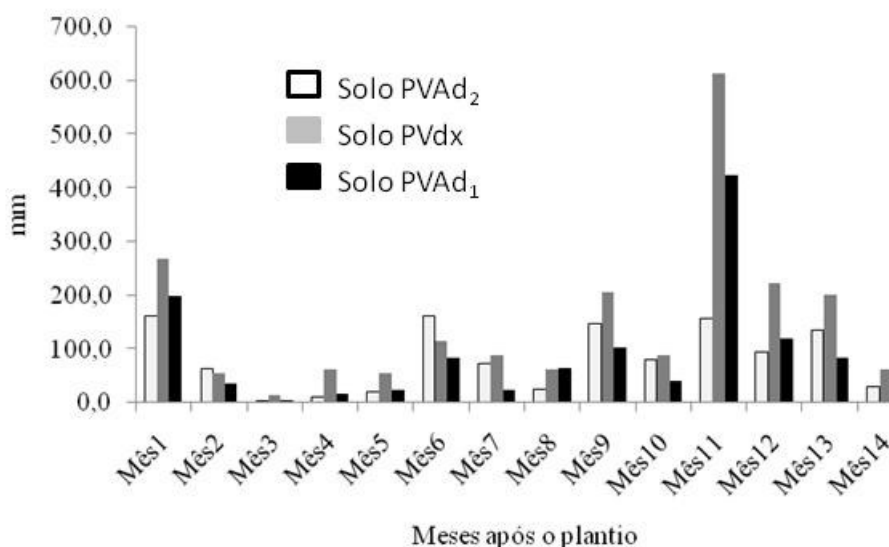


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal no primeiro ciclo da cana-de-açúcar, sendo o mês 1 referente ao mês de plantio, ou seja, agosto, setembro e outubro de 2009 para os respectivos solos.

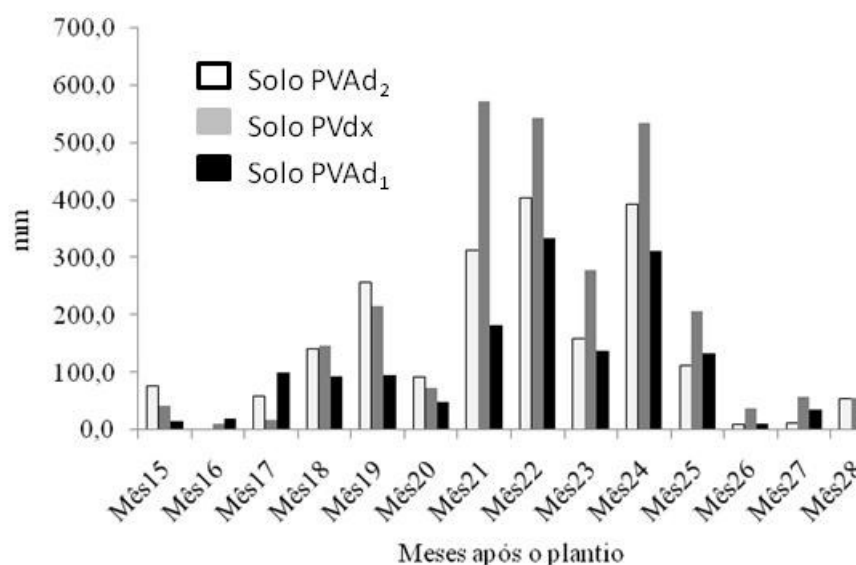


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal no segundo ciclo da cana-de-açúcar, sendo o mês 15 referente ao início da socaria, ou seja, outubro, novembro e dezembro de 2010 para os respectivos solos.

A produtividade agrícola foi estimada em toneladas de cana por hectare (TCH) após a obtenção dos pesos dos colmos das plantas na área útil das parcelas nos dois ciclos de cultivo.

No campo o experimento foi disposto em blocos ao acaso os dados das variáveis de produção agrícola foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade; em seguida, realizou-se análise de regressão para os efeitos significativos. Por meio da derivada da equação de regressão da produtividade agrícola em função das doses de P, calculou-se a dose que proporcionou a máxima eficiência agrônômica (MEA) e correspondeu à produtividade máxima de colmos. No segundo ciclo (cana soca) a análise de variância foi estruturada em parcela subdividida e aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para avaliar o efeito da adubação de cobertura em socaria.

Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados pelo teste t a 5% de probabilidade, escolhendo-se os modelos significativos, com maior coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de produtividade da cana planta em função da adubação fosfatada apresentaram efeito significativo e ajuste de modelo quadrático para os três locais e solos estudados, o que possibilitou a estimativa das doses de máxima eficiência agrônômica (MEA) por meio das equações de regressão obtidas para cada solo (Figura 3).

Esse resultado corrobora com Reis e Cabala-Rosand (1986), para os quais as respostas ao P na cana planta são significativas e de natureza quadrática. Porém, Korndörfer et al. (1998) encontraram

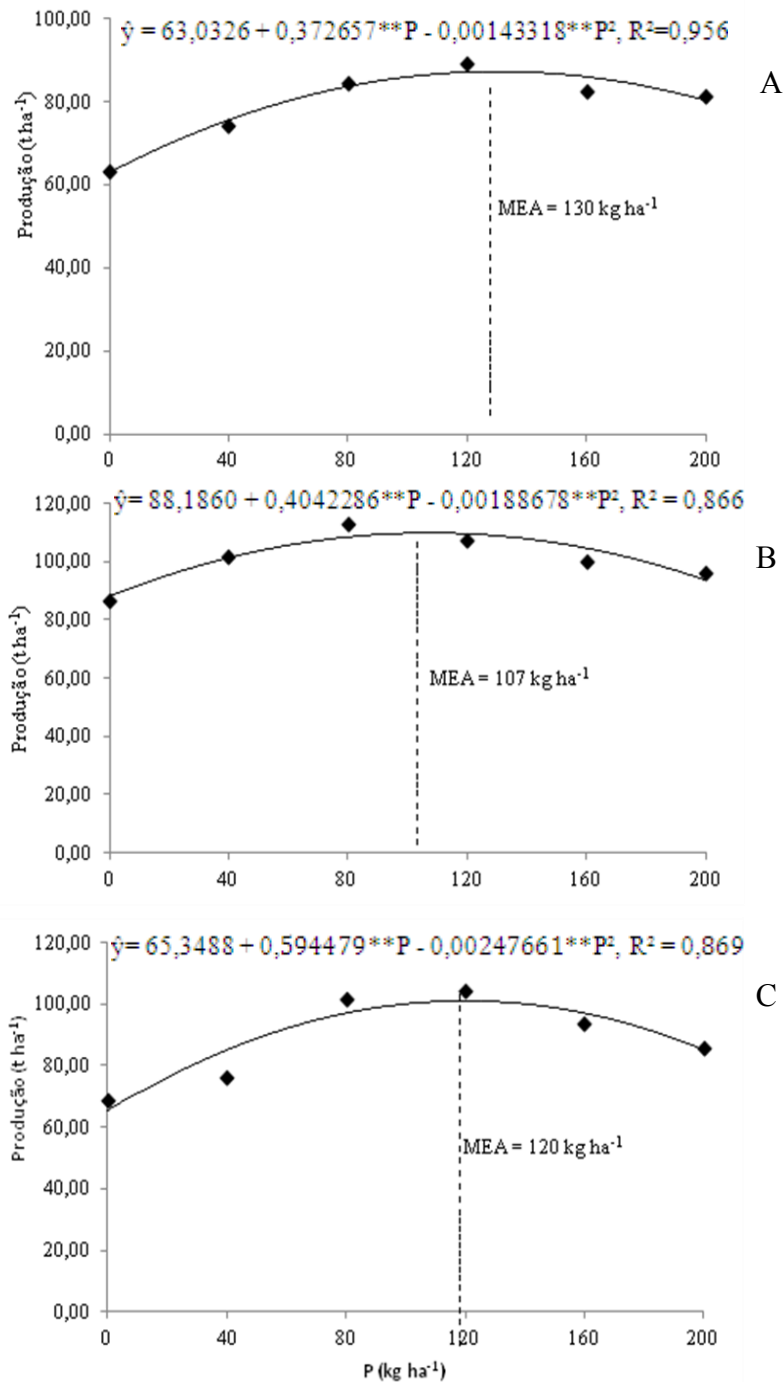
efeito linear quando utilizaram doses até 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ num solo de textura média em Minas Gerais, indicando que a cana planta responderia a doses mais elevadas de P. Esse efeito quadrático das doses de P sobre a produtividade reflete que doses desse nutriente acima do requerido pela planta pode promover consumo de luxo, sem reflexo no aumento de produtividade (SANTOS, 2009).

Santos (2009) avaliando a produtividade de cana-de-açúcar em um Latossolo de Alagoas em resposta a adubação fosfatada encontrou resposta semelhante à dessa pesquisa, com produtividade máxima de 112,84 t ha⁻¹ para uma dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, muito próxima da encontrada para a cana cultivada no PAdx nessa pesquisa, que foi de 112,95 t ha⁻¹ para a dose de 80 kg ha⁻¹ (Figura 3), enquanto no PVAd₁ a máxima produtividade foi de 89,18 t ha⁻¹ e no PVAd₂ de 104,39 t ha⁻¹, ambas na dose de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Tomando como referência as produtividades médias dos canaviais do Nordeste, as produtividades de cana planta obtidas nesse trabalho, mesmo quando não se aplicou P foram elevadas, chegando a mais de 86 t ha⁻¹ no PAdx, fato verificado também por Simões Neto et al. (2011), que avaliou a produtividade de cana-de-açúcar em função de doses de P em solos de Pernambuco e encontrou produtividades de até 70 t ha⁻¹ sem a adição do nutriente. Santos et al. (2009) utilizando diferentes fontes de P em solos de Alagoas encontraram produtividades médias superiores a 80 t ha⁻¹ sem adição do adubo. Os autores atribuíram essas elevadas produtividades ao efeito residual dos insumos utilizados nas áreas de produção agrícola, onde as pesquisas foram realizadas. Nessa pesquisa, some-se os elevados teores de P encontrados antes da aplicação dos adubos fosfatados (Tabela 1). Apesar de apresentar essas elevadas produções na ausência

de P, a adubação fosfatada proporcionou resposta positiva para a cana planta, chegando a elevar a pro-

dução em até 30% no PVAd₁, 23% no PADx e 34% no PVAd₂.



A maior dose de MEA foi constatada no solo PVAd₁, que foi de 130 kg ha⁻¹, seguida do PVAd₂ (120 kg ha⁻¹) e do PADx (107 kg ha⁻¹), essas doses foram maiores do que as doses de máxima eficiência econômica (MEE) encontradas por Simões Neto et al. (2011) para solos da mesma região, porém estão dentro das doses econômicas propostas por Zambello Júnior e Azeredo (1983), que estabeleceram doses econômicas para a cana planta em São Paulo entre 80 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A diferença encontrada

entre as doses desse trabalho e o de Simões Neto et al. (2011) pode ser explicada porque eles trabalharam com doses de máxima eficiência econômica (MEE) e nesse trabalho estimou-se doses de MEA. Normalmente doses de MEE são menores do que as de MEA. Como a MEE se relaciona diretamente com preço de insumo e de produto, optou-se nessa pesquisa a considerar-se apenas critérios agrônomicos de produção.

É comum solos mais arenosos, como o PVA-

d_1 , exigirem doses menores de P, pela sua baixa CMAP. No entanto, nessa pesquisa os dados apontam que esse solo foi o que apresentou a maior dose de MEA. Isso pode ser explicado pela menor produtividade da cana planta da testemunha (sem P), quando se compara esse solo aos demais (Figura 3), decorrente dos menores teores iniciais de P. A componente linear do modelo quadrático para o ajuste dos dados de produtividade em função da aplicação de P nesse solo tem uma inclinação mais acentuada, o que levou a uma maior estimativa da dose de MEA. No PVAd₂ o comportamento foi semelhante, porém a estimativa da dose de MEA foi menor do que no PVAd₁. A depleção da curva no modelo quadrático daquele solo é muito mais acentuada do que nesse (Figura 3), o que promoveu um rebaixamento no ponto de máximo da curva, estimando doses menores de P.

Adicionalmente, essa elevada dose de MEA de cana obtida no PVAd₁ e as menores produções encontradas nesse solo podem ser em virtude de outras características, como a baixa CTC em relação aos demais solos e a baixa capacidade de retenção de água (Tabela 1), que é fundamental para o suprimento desse elemento, por ele se movimentar primordialmente por difusão, o que dificulta sua absorção pelas raízes das plantas, mesmo o solo apresentando baixa CMAP. No PAdx suas boas condições de fertilidade proporcionaram maiores produtividades com uma dose mais baixa de P (Figura 3). A menor dose de MEA no PVAd₂ pode estar associada a adição de cálcio, magnésio e correção da acidez e alumínio tóxico ocasionados pela calagem e gessagem realizadas nesse solo, o que certamente contribuíram para melhor disponibilidade de nutrientes, melhor desenvolvimento do sistema radicular, melhorando a eficiência de uso da água e nutrientes. Inclusive o P.

A produtividade da cana soca em virtude das doses de P aplicadas no plantio, sem complementação na socaria, seguiram a mesma ordem de resposta curvilínea da cana planta (Figura 4). Pereira et al. (1995) avaliando o efeito residual do P na produtividade da cana-de-açúcar, encontraram resultado semelhante quanto a resposta da socaria, com efeito quadrático do rendimento da cana soca em virtude das doses de P aplicadas na implantação da cultura e com menores produtividades no segundo ciclo. Korndörfer et al. (1998) também verificaram decréscimos na produtividade de colmos em socaria quando aplicou-se doses de P apenas no plantio, e atribuíram essa queda de produção a não reposição desse nutriente no segundo ciclo da cultura.

Esses resultados podem indicar que o suprimento de P apenas em plantio não seja suficiente para a manutenção do canal ao longo dos ciclos, e que haja necessidade de reposição do P nas soqueiras de cana-de-açúcar, haja visto que seu efeito residual depende de muitos fatores, como poder de fixação do P pelo solo, nível inicial de P disponível, taxa e forma de P aplicado (BROGGI et al., 2010). Medeiros

(1988) afirmou que dose elevada de P em plantio, pode não ser suficiente para se manter uma adequada produção ao longo dos cortes da cultura, e verificou aumento significativo na produtividade quando se forneceu P na socaria. Porém, nesta pesquisa, apesar de ter havido queda na produtividade de socaria, ela ainda mostrou-se elevada, exceto na cana cultivada no PVAd₂ (Figura 4), certamente pelo elevado poder de fixação de P, constatado por suas características químicas, físicas e mineralógicas, que diminuí substancialmente seu efeito residual.

A produção da cana soca em virtude das doses de P aplicadas no plantio seguiram a mesma ordem de resposta quadrática da cana planta, independente da adição de P na socaria (Figura 4), porém com um decréscimo acentuado nas produtividades, especialmente no solo PVAd₂ (Bom Jesus), cuja perda de um ciclo para o outro chegou a mais de 60%.

A adubação fosfatada em socaria refletiu em aumento de produtividade de cana apenas no solo PAdx (Tabela 3). Efeito positivo da adubação de socaria em cana-de-açúcar havia sido relatado por Korndörfer e Alcare (1992), onde a utilização de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aumentou significativamente a produtividade de colmos quando se usou 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio.

Tem sido verificado benefício da adubação fosfatada de cobertura em outras culturas, como no trabalho de Sousa e Lobato (2004) que verificaram aumentos na produtividade de 98% e 110% em pastagem estabelecida com aplicação de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na superfície do solo a cada dois anos.

Os tratamentos que receberam adubação fosfatada na soca apresentaram produtividades maiores do que a testemunha sem adubação fosfatada, especialmente nos solos PVAd₁ e PAdx. Essa maior resposta a adubação de socaria pode ser vista no PAdx, variando de 10 a 18 t ha⁻¹, da menor para a maior dose de P. Essa resposta a aplicação de P na cana soca nesse solo pode se dever ao elevado teor de P existente inicialmente no solo (Tabela 1), associada com um mais baixo poder de fixação de P desse solo, o que proporciona uma maior disponibilização do P colocado em cobertura na cana soca. Esse comportamento deveria ter sido ainda mais acentuado no solo PVAd₁ por ser o solo de menor CMAP. É provável que o P colocado em cobertura nesse solo tenha sido, em grande parte, perdido por lixiviação, devido as primeiras chuvas de verão, logo após a aplicação de P (Figura 2). Esse é um processo de perda de P em solos arenosos que, apesar de pouca informação existente, tem se tornado muito relevante (NOVAES; SMITH, 1999).

No solo PVAd₂ não se constatou efeito da adubação de socaria sobre a produtividade de cana. Neste solo, a adubação fosfatada de cobertura, contrariamente ao comportamento apresentado pelo PVAd₁, o poder de fixação de P se eleva substancial-

mente, indisponibilizando o P aplicado, sem aproveitamento adequado na cana soca, o que não se reflete em aumento de produtividade.

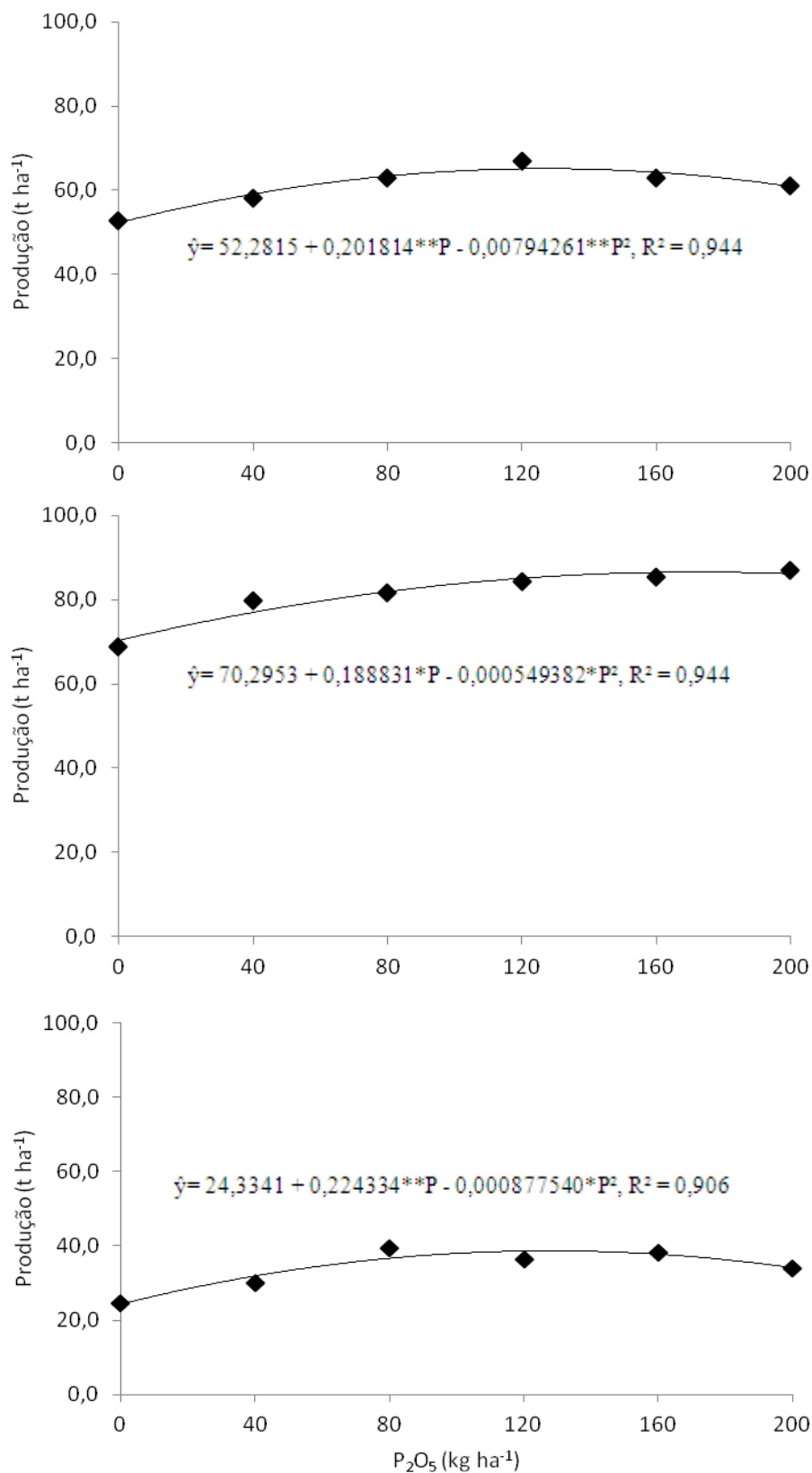


Figura 4. Produtividade de cana soca em função da adubação fosfatada de cana planta em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₁) na Usina Japungu/PB (A), Argissolo Amarelo distrocoeso (PADx) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina/PE (B) e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₂) na Usina Bom Jesus/PE (C).

Tabela 3. Produção da cana soca na ausência e presença de P em Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₁) na Usina Bom Jesus/PE, Argissolo Amarelo distocoeso (PADx) na Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina/PE e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (PVAd₂) na Usina Japungu/PB

Adubação de plantio (Kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Adubação de socaria (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)					
	PVAd ₁		PADx		PVAd ₂	
	0	40	0	40	0	40
	t ha ⁻¹					
0	52,77 a	55,78 a	68,84 b	94,20 a	24,69 a	23,70 a
40	62,56 a	61,11 a	79,71 b	90,58 a	30,26 a	32,36 a
80	51,39 a	62,50 a	81,52 b	96,01 a	39,43 a	35,20 a
120	58,33 a	58,33 a	84,24 b	94,20 a	34,13 b	39,48 a
160	58,33 a	58,33 a	86,97 a	88,77 a	43,19 a	38,50 a
200	61,11 a	70,83 a	86,97 b	99,64 a	30,39 a	31,20 a
DMS	12,34		11,37		6,52	
CV (%)	14,02		8,74		13,08	

Médias seguidas das mesmas letras na linha não diferem estatisticamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade; DMS = diferença mínima significativa; CV = coeficiente de variação.

CONCLUSÕES

A produtividade da cana planta foi até 34% maior com a adubação fosfatada de plantio e as doses de máxima eficiência agrônômica foram de 107 kg ha⁻¹ no PADx, 120 kg ha⁻¹ no PVAd₂ e 130 kg ha⁻¹ no PVAd₁; A cana soca só respondeu satisfatoriamente a adubação fosfatada de cobertura, em Argissolos menos intemperizados de textura média; A adubação fosfatada de cobertura em cana soca em Argissolos intemperizados não promoveu incremento de produtividade, restringindo sua recomendação em solos com essas características químicas e mineralógicas.

AGRADECIMENTOS

À Destilaria Japungú, à Usina Bom Jesus e à Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina pelo apoio e áreas cedidas. Ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro e a concessão das bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

BROGGI, F. et al. Adsorption and chemical extraction of phosphorus as a function of soil incubation time. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 32-38, 2010.

BITTENCOURT, V. C. et al. Torta de filtro enriquecida. *Revista Idea News*, Ribeirão Preto, v. 6, n. 63, p.2-6, 2006.

CAIONE, G. et al. Modos de aplicação e doses de

fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo vermelho amarelo. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, Alta Floresta, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 412 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. 2.ed. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2009. 628 p.

EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (IPA). *Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco*. 2. ed. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2008. 198 p.

KORNDORFER, G. H.; FARIAS, R. J.; MARTINS, M. Efeito do fósforo na produção da cana-de-ano e cana-soca cultivada em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1667-1673, 1998.

MEDEIROS, A. M. L. *Efeito da adubação fosfatada no plantio e em soqueiras*. [S.l.: s.n.], 1988. (Relatório Técnico).

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from clays by dithionite – citrate – bicarbonate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and clay minerals*, Denver, v. 7, n. 1, p. 317-327, 1960.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. *Fósforo em solo e*

- planta em condições tropicais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 1999. 399 p.
- NUNES, R. S. et al. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.
- REIS, E. L.; CABALA-ROSAND, P. Respostas da cana-de-açúcar ao nitrogênio, fósforo e potássio em solo de tabuleiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, n. 2, p. 129-134, 1986.
- ROSSETO, R.; SANTIAGO, A. D. **Cana-de-açúcar – correção e adubação.** 2009. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar>> acesso em: 11 jan. 2012.
- SANTOS, V. R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.
- SIMÕES NETO, D. E. et al. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 347-354, 2012.
- SIMÕES NETO, D. E. et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 840-848, 2009.
- SIMÕES NETO, D. E. et al. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 802-810, 2011
- SCHLINDWEIN, J. A.; GIANELLO, C. Fósforo disponível determinado por lâmina de resina enterrada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 77-84, 2009.
- WEBER, H. et al. D.. Recuperação da produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar com adubação NPK. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 99-105, 2001.
- WHITTING, L. D.; ALLARDICE, W. R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis. Part. 1 Physical and mineralogical methods.** Madison: Soil Science Society of America, p. 331-359, 1986.
- ZAMBELLO JÚNIOR, E.; AZEREDO, D. F. Adubação na região centro-sul. In: ORLANDO FILHO, **J. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** São Paulo: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 368 p.
- ZAMBELLO JR.; E.; ORLANDO FILHO, J.; Efeito residual da adubação fosfatada em soqueira de cana-de-açúcar. **Saccharum**, SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL-STAB, São Paulo, v. 4, n. 12, p. 31-36, 1981.