

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 02/12/2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES E FONTES DE FÓSFORO
ASSOCIADO A TORTA DE FILTRO NA CANA-DE-AÇÚCAR**

Cid Naudi Silva Campos

Engenheiro Agrônomo

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES E FONTES DE FÓSFORO
ASSOCIADO A TORTA DE FILTRO NA CANA-DE-AÇÚCAR**

Cid Naudi Silva Campos

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Coorientador: Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2016

Campos, Cid Naudi Silva
C198e Efeito residual de doses e fontes de fósforo associado a torta de
filtro na cana-de-açúcar/ Cid Naudi Silva Campos. – Jaboticabal, 2016
xiii, 81 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Renato de Mello Prado
Banca examinadora: Estêvão Vicari Mellis, Aguinaldo José Freitas
Leal, Mara Cristina Pessôa da Cruz, Everlon Cid Rigobelo
Bibliografia

1. *Saccharum officinarum* L. 2. Fosfatase ácida 3. Microbiologia do
solo. 4. Resíduo orgânico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.811:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO RESIDUAL DE DOSES E FONTES DE FÓSFORO ASSOCIADO A
TORTA DE FILTRO NA CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: CID NAUDI SILVA CAMPOS
ORIENTADOR: RENATO DE MELLO PRADO
COORIENTADOR: CASSIANO GARCIA ROQUE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisador ESTEVÃO VICARI MELLIS
Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Fertilidade do Solo / Instituto Agrônomo de Campinas, SP

Prof. Dr. AQUINALDO JOSÉ FREITAS LEAL
UFTM / Iturama, MG

Profa. Dra. MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. EVERLON CID RIGOBELO
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 02 de dezembro de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CID NAUDI SILVA CAMPOS – nascido em Franca, São Paulo, aos 13 dias do mês de abril de 1988, filho de Regina Célia Silva e Aparecido de Campos. Graduado em Engenharia Agrônômica, pela Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Câmpus Passos (2011). No ano de 2011, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo), na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, obtendo o título de Mestre em Agronomia em 2013. Neste mesmo ano, ingressou no curso de Doutorado, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela mesma instituição. Foi bolsista de doutorado da CAPES no Brasil e realizou doutorado-sanduche na Universidad de Cienfuegos – Cuba, onde foi bolsista Capes/MES. Realizou, ainda, missão de estudos na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), no programa de cooperação acadêmica (Procad) entre as universidades: Unesp, UESB e UFMS. Durante o doutorado, foi autor/coautor de 18 artigos científicos, 2 capítulos de livro, 42 resumos, membro de 15 bancas, dentre as quais: defesa de trabalho de conclusão de curso, qualificação de mestrado e defesa de mestrado; coorientou 8 trabalhos de conclusão de curso de agronomia. Ministrou palestras e minicursos em universidades do Brasil e do exterior, realizou estágio docência na disciplina de “Nutrição de Plantas”, na Unesp-FCAV, foi membro representante dos discentes no conselho do programa de pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal) da Unesp-FCAV. Participou de várias reuniões científicas, simpósios e congressos nacionais e internacionais, e desenvolveu diversas atividades e projetos na área de Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo. Em 2015, foi aprovado em primeiro lugar no concurso público para professor efetivo Assistente na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, onde atua como docente nos cursos de graduação em Agronomia e Engenharia Florestal e como docente colaborador no curso de Mestrado (Produção Vegetal). Atualmente, é membro do Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas (GENPLANT), do Laboratory of Soil Microbiology (LSM) e do Grupo de Desenvolvimento Agrícola no Cerrado Sul-Mato-Grossense.

“A humildade nos faz sábios, ela é o primeiro degrau da sabedoria”.

São Tomás de Aquino.

À minha querida e amada mãe Regina Célia Silva, por dedicar sua vida à minha e pelo exemplo de ser humano.

Ao padrinho Jackson e à madrinha Maria, pelos cuidados durante toda minha vida.

Ao avô Vicente (in memoriam) e à avó Jerônima, por sua sabedoria e humildade.

Aos meus familiares e amigos, pela confiança e apoio.

Às professoras do ensino básico “Tia Bela, Tia Leila, Tia Silvia e Tia Etelgina”, às quais sou eternamente grato e presto minha homenagem, por terem me alfabetizado e me mostrado o caminho da educação.

Aos meus alunos, por me concederem a oportunidade de exercer a mais bela das profissões, a de Professor.

Ofereço e Dedico

AGRADECIMENTOS

À **Santíssima Trindade**, por estar sempre ao meu lado, iluminando-me e guiando-me pelos caminhos da vida, concedendo-me, sempre, proteção e amparo.

À mãe dos céus, Maria, e aos santos protetores São Bento, São Miguel Arcanjo, São Francisco de Assis, São Benedito e Santo Antônio, pela intercessão divina e pela proteção concedida.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade de aprendizado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidad de Cienfuegos e à Capes/MES, pela oportunidade de aprendizado durante o Programa de Doutorado-Sanduíche no Exterior.

À Usina Catanduva S/A, Grupo Virgolino de Oliveira e seus funcionários, por todo o apoio para a realização dos experimentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Renato de Mello Prado, pela confiança, conselhos, ensinamentos, oportunidades dadas e auxílio em todo o decorrer do meu curso de doutorado. Agradeço pela valiosa orientação e por ser um exemplo de profissionalismo e dedicação à pesquisa e ao ensino.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Cassiano Garcia Roque, pelos conselhos, ensinamentos e amizade.

Aos professores(as) e pesquisadores(as) Rogério Falleiros Carvalho, Leónides Castellanos Gonzáles, Mara Cristina Pessôa da Cruz, Fábio Luís Checchio Mingotte, Carmem Betancourt, Estêvão Vicari Melis, Aguinaldo Leal e Everlon Cid Rigobelo, pelos ensinamentos e contribuições a este trabalho.

À minha grande inspiração Regina Célia Silva (mãe e pai), pela compreensão, apoio e pelos ensinamentos de vida que tanto me fortaleceram como pessoa, ensinando-me sempre a trilhar o caminho do bem.

À minha família, tios, tias, padrinho, madrinha, irmã, afilhada, pai, avó, primos (em especial Guilherme Henrique, irmão de república) e primas, pelo convívio e afeto doados.

Ao meu avô materno, Vicente Honório da Silva (*in memoriam*), por sua sabedoria, que hoje consigo entender.

À minha amada noiva Rebeca Rios, pela compreensão, amizade, apoio e, acima de tudo, pelo amor.

À Helenice e às irmãs carmelitas de Jaboticabal, pelas orações e palavras amigas.

Aos meus amigos espalhados pelo mundo, Vander Ferreira, João Paulo Martins, Suzy, Sílvia, Letícia Moroti, Thúlio de Andrade, Renan Silva, Thais Sanches, Guilherme Loureiro, Leonardo Dias, André Bombonato, Gustavo Caione, Adenilson, Thales Lemos, Roberlei, Rhuan, João Vieira, Antônio João de Lima Neto e Leónides Castellanos, pelos ensinamentos, amizade e companheirismo.

Aos amigos da pós-graduação Gustavo Caione (Nariz), Luiz Cláudio (Mito Mancha), Gabriel Barbosa (Lenda), Cláudio Barreto (Claudão), Rafael Barreto (Tatu) e Fábio Mingotte, por todos os auxílios na execução deste trabalho e durante todo o curso de doutorado.

Aos meus companheiros do Genplant (Grupo de Estudos em Nutrição de Plantas), LSM (Laboratory of Soil Microbiology) e LEA (Laboratório de Enzimologia Aplicada), pelos trabalhos desenvolvidos em equipe.

Aos amigos e técnicos de laboratório da Unesp-FCAV, Luiz Carlos Assis, Ademir e Cláudia Dela Marta.

Ao corpo docente, técnicos de laboratório, funcionários da seção de pós-graduação e bibliotecários da Universidade Estadual Paulista, pela contribuição com a minha formação.

Aos amigos e professores da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Muito obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO GERAL	3
3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
4 REVISÃO DE LITERATURA	4
4.1 Importância da cana-de-açúcar	4
4.2 Importância da nutrição fosfatada na cana-de-açúcar	5
4.3 Adubação fosfatada na cana-de-açúcar	7
4.4 Torta de filtro e adubação fosfatada.....	10
4.5 Efeitos da torta de filtro e da adubação fosfatada sobre a microbiologia do solo	13
5 MATERIAL E MÉTODOS	16
5.1 Características do local, histórico da área e da cultura	16
5.2 Tratamentos e delineamento experimental	19
5.3 Adubação de cobertura e controle de plantas daninhas	20
5.4 Avaliações	20
5.4.1 Crescimento e/ou desenvolvimento	20
5.4.2 Avaliação química do solo	21
5.4.3 Determinação de atributos microbiológicos e da atividade enzimática no solo	21
5.4.4 Avaliação do estado nutricional	24
5.4.5 Determinação da atividade da fosfatase ácida foliar.....	25
5.4.6 Crescimento e produtividade de colmos e produção de palhada	26
5.4.7 Acúmulo de P no colmo e na palhada e teor de P no caldo	26
5.4.8 Análise tecnológica	27
5.5 Análise dos resultados.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6.1 Atributos químicos do ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico e do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	29
6.2 Indicadores microbiológicos e atividades enzimáticas do ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico e do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	34
6.3 Diagnose nutricional da cana-de-açúcar cultivada em ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico e em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	41
6.3.1 Diagnose foliar aos quatro meses após a brotação da cana-de-açúcar.....	41
6.3.2 Diagnose foliar aos oito meses após a brotação da cana-de-açúcar....	47

6.4 Atividade da fosfatase ácida foliar (APase) e acúmulo de fósforo em cana-de-açúcar cultivada em ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico e em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	53
6.5 Crescimento e produtividade de colmos e de palhada da cana-de-açúcar cultivada em ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico e em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	60
6.6 Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar cultivada em ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico e em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico.....	66
7 CONCLUSÕES.....	69
8 REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICES	78

EFEITO RESIDUAL DE DOSES E FONTES DE FÓSFORO ASSOCIADO A TORTA DE FILTRO NA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - O acréscimo da torta de filtro na adubação da cana-planta pode substituir e/ou aumentar a eficiência de fertilizantes fosfatados naturais e acidulados beneficiando a atividade microbiológica do solo, a absorção de P e a produtividade da cana-de-açúcar. Objetivou-se avaliar a resposta da primeira soqueira da cana-de-açúcar cultivada em sistema sem despalha a fogo, em função do efeito residual da aplicação de doses e fontes de fósforo, na presença e na ausência da torta de filtro em Argissolo e Latossolo. Os experimentos foram desenvolvidos na primeira soqueira de cana-de-açúcar, em duas classes de solo: Argissolo e Latossolo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial 3x4x2, correspondendo a três fontes de fósforo (superfosfato triplo, fosfato natural de Araxá e fosfato natural reativo Bayóvar[®]), quatro doses de P₂O₅ (0; 90; 180 e 360 kg ha⁻¹ solúvel em ácido cítrico a 2%), na ausência e na presença de torta de filtro (7,5 t ha⁻¹ de torta de filtro, em base seca). Avaliaram-se os atributos químicos dos solos, indicadores microbiológicos e atividade enzimática no solo, diagnose nutricional, atividade da fosfatase ácida foliar, acúmulo de P na planta, crescimento, produtividade de colmos e de palhada, e qualidade tecnológica. A aplicação de fósforo, independentemente da solubilidade do fertilizante, apresentou efeito residual na primeira soqueira da cana-de-açúcar, proporcionando aumento nos teores de P no solo, na nutrição e na produtividade desta cultura cultivada em Argissolo e Latossolo. A aplicação de fosfatos naturais Bayóvar e Araxá, e da torta de filtro aumentou a atividade microbiológica do Argissolo e do Latossolo. A atividade da fosfatase ácida no solo foi diminuída com as doses de P. As duas recomendações de diagnose foliar apresentaram resultados semelhantes. A atividade da fosfatase ácida foliar demonstrou ser um método eficiente de diagnóstico nutricional de fósforo em cana-de-açúcar. A aplicação de fontes e doses de P e de torta de filtro não promoveu melhoria da qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., fosfatase ácida, microbiologia do solo, resíduo orgânico.

RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHORUS SOURCES AND RATES ASSOCIATED WITH FILTER CAKE IN SUGARCANE

ABSTRACT – The addition of filter cake for sugarcane-plant fertilization can replace and/or increase the efficiency of natural and acidified phosphate fertilizers, benefiting soil microbiological activity, P uptake and sugarcane productivity. The objective of this study was to evaluate the response of the first sugarcane stalks cultivated in a system without leaf burning, in function of the residual effect of phosphorus sources and rates, in the presence and absence of filter cake in Argisol and Latosol. The experiments were carried out in the first sugarcane ratoon, in two soil classes: Argisol and Latosol. The experiment was set up in a randomized complete block design with three replicates, in a 3x4x2 factorial scheme, corresponding to three sources of phosphorus (triple superphosphate, Araxá natural phosphate and natural Bayóvar[®] reactive phosphate), four P₂O₅ rates (0, 90, 180 and 360 kg ha⁻¹ dissolved in 2% citric acid), in the absence and presence of filter cake (7.5 t ha⁻¹ filter cake, dry basis). Soil chemical attributes, microbiological indicators and enzymatic activity of the soil, nutritional diagnosis, foliar acid phosphatase activity, P accumulation in the plant, growth, stalk and straw productivity, and technological quality were evaluated. The application of phosphorus, regardless of fertilizer solubility, showed residual effect in the first sugarcane ratoon, providing an increase in soil P, nutrient and productivity levels of this crop cultivated in Argisol and Latosol. Application of the natural Bayóvar and Araxá phosphates and filter cake increased the microbiological activity of the Argisol and the Latosol. The acid phosphatase activity in the soil decreased with the P rates. The two foliar diagnosis recommendations presented similar results. Foliar acid phosphatase activity showed to be an efficient method for nutritional diagnosis of phosphorus in sugarcane. The application of P sources and doses and filter cake did not improve the technological quality of sugarcane.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., acid phosphatase, soil microbiology, organic residue.

1 INTRODUÇÃO

A expansão dos canaviais para áreas de baixa fertilidade do solo, aliada à produção incessante por vários ciclos de cultivo na mesma área, isto torna-se um fator preocupante do ponto de vista nutricional da cultura, principalmente em relação ao P. Solos com elevado grau de intemperismo, com a fração argila composta por caulinita e oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio, a exemplo dos Argissolos e Latossolos, apresentam elevada adsorção do P. Dessa forma, grande parte do P mineral aplicado nestes solos, poderá tornar-se indisponível às plantas logo no primeiro ano da aplicação.

Além disso, a disponibilidade do P decresce durante os ciclos da cana-de-açúcar (EL-TILIB; ELNASIKH; ELAMIN, 2004), fazendo deste nutriente um dos mais limitantes para a produção e a longevidade das soqueiras (CAIONE et al., 2011b). Dessa forma, o efeito residual do P passa a ser um fator importante nas recomendações de adubação fosfatada para o cultivo da cana-de-açúcar.

Para aumentar a eficiência da adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar, é importante conhecer a interação fontes e doses de P e a contribuição da associação com composto orgânico.

É conhecido que as fontes solúveis, como o superfosfato triplo, embora favoreçam a rápida adsorção do P nos oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio, apresentam maior eficiência a curto prazo, no primeiro ano após a aplicação. Os fosfatos naturais, a exemplo do Bayóvar ou do fosfato de Araxá, são de menor solubilidade e possuem efeito residual a longo prazo (KORNDORFER; LARA-CABEZAS; HOROWITZ, 1999; CAIONE, 2013). No entanto, o uso da fonte de fósforo acidulada ou natural, em doses equivalentes de P solúvel, pode apresentar eficiências agronômicas semelhantes nas primeiras safras da cana-de-açúcar.

Existem estudos indicando que o uso da adubação fosfatada mineral, associada à orgânica, na forma de torta de filtro, favorece a produção das soqueiras de cana-de-açúcar (DIAZ et al., 2010; MODA, 2015). Este efeito benéfico pode ser explicado pelo aumento da disponibilidade de P do solo dada a diminuição da adsorção de P (LIMA, 2011), associado ao aumento da atividade microbológica do

solo, o que favorece a mineralização do P orgânico do solo. Este efeito foi observado em estudos com cana-de-açúcar (CASTILLO et al., 2015; HERNÁNDEZ et al., 2015) cultivada em vasos, e ainda pode aumentar a produção de substâncias orgânicas promotoras do crescimento de plantas (BUSATO et al., 2010). No entanto, existem dúvidas se o uso de fósforo mineral, associado com resíduos orgânicos, pode potencializar a eficiência agrônômica do fertilizante fosfatado a curto prazo, na primeira soqueira.

Espera-se que esse efeito da adubação organomineral na microbiota do solo possa ser mais evidenciado em fontes não aciduladas, como fosfatos naturais e sistemas de cultivo de cana-de-açúcar conservacionista sem despalha a fogo, dada a deposição de palhada no solo favorecer a diminuição da amplitude da temperatura e o aumento da retenção de água no solo.

Diante disso, é importante avaliar os efeitos residuais da adubação fosfatada da cana-de-açúcar com fontes de P associadas à torta de filtro, em solos com diferentes capacidades de adsorção de P.

Frente ao exposto, surgem as hipóteses de que: (a) as doses de fósforo aplicadas no plantio da cana-de-açúcar cultivada em Argissolo ou Latossolo têm efeito residual na primeira soqueira, favorecendo a absorção, o estado nutricional e o perfilhamento das plantas e a produtividade; (b) a adição da torta de filtro na cana-planta favorece a microbiota do solo e a produção da soqueira; (c) e o emprego de fontes naturais de fósforo em relação às fontes aciduladas na cana-planta, independentemente da dose de P, pode aumentar a atividade microbológica do solo a curto prazo e alterar a disponibilidade do nutriente no solo.

7 CONCLUSÕES

A aplicação de fósforo, independentemente da solubilidade do fertilizante, apresenta efeito residual na primeira soqueira da cana-de-açúcar, proporcionando aumento nos teores de P no solo, na nutrição e na produtividade desta cultura cultivada em Argissolo e Latossolo.

A aplicação dos fosfatos naturais Bayóvar e Araxá, e da torta de filtro aumenta a atividade microbiológica do Argissolo e do Latossolo.

A atividade da fosfatase ácida no solo é diminuída com as doses de P.

As duas recomendações de diagnose foliar apresentam resultados semelhantes.

A atividade da fosfatase ácida foliar demonstrou ser um método eficiente de diagnóstico nutricional de fósforo em cana-de-açúcar.

A aplicação de fontes e doses de P, e de torta de filtro não promove melhoria na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.

8 REFERÊNCIAS

AGUILA, I. D.; GONZÁLEZ, L. C.; DÍAZ, M. S.; VAZQUEZ, L. T.; CAMPOS, C. N. S.; PRADO, R. M.; SELVA, E. P.; MODA, L. R. Fuentes de fósforo, cachaza y microorganismos sobre las variables morfométricas en plántulas de tomate. **Centro Agrícola**, Santa Clara, v. 43, n. 3, p. 22-29, 2016.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1.004-1.013, 2011.

AZZIZ, G.; BAJSA, N.; HAGHJOU, T.; TAULÉ, T.; VALVERDE, A.; IGUAL, J. M.; ARIAS, A. Abundance, diversity and prospecting of culturable phosphate solubilizing bacteria on soils under crop-pasture rotations in a no-tillage regime in Uruguay. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 61, n.1, p. 320–326, 2012.

BABUJIA, L. C.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; BROOKES, P. C. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 42, n. 12, p. 2.174-2.181, 2010.

BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; DICK, R. P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 77, n. 2, p. 137–145, 2004.

BARGAZ, A.; FAGHIRE, M.; ABDI, N.; FARISSI, M.; SIFI, B.; DREVON, J. J.; IKBAL, I. M.; GHOULAM, C. Low soil phosphorus availability increases acid phosphatases activities and affects P partitioning in nodules, seeds and rhizosphere of *Phaseolus vulgaris*. **Agriculture**, Basel, v. 2, n. 2, p. 139–153, 2012.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BOKHTIAR, S. M.; PAUL, G. C.; ALAM, K. M. Effects of organic and inorganic fertilizer on growth, yield, and juice quality and residual effects on ratoon crops of sugarcane. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 31, n. 10, p. 1.832-1.843, 2008.

BUSATO, J. G.; CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo num cambissolo cultivado com cana-de-açúcar por longo tempo. I-fracionamento sequencial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 935-944, 2005.

BUSATO, J. G.; ZANDONADI, D. B.; DOBBSS, L. B.; FAÇANHA, A. R.; CANELLAS, L. P. Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 67, n. 2, p. 206-212, 2010.

CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 189-196, 2013.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C. G. S.; FERNANDES, F. M. Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 66-73, 2011a.

CAIONE, G. **Nutrição e produção da cana-planta em Argissolo e Latossolo fertilizado com fontes de fósforo e torta de filtro**. 2013. 65 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

CAIONE, G.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; MODA, L. R.; VASCONCELOS, R. L.; PIZAURO JÚNIOR, J. M. Response of Sugarcane in a Red Ultisol to Phosphorus Rates, Phosphorus Sources and Filter Cake. **The Scientific World Journal**, New York, v. 2015, n. 1, p. 1-10, 2015.

CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; SILVA, A. F.; FERNANDES, F.M. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2011b.

CAMARGO, O. A.; BERTON, R. S.; GERALDI, R. N.; VALADARES, J. M. A. S. Alterações de características químicas de um Latossolo Roxo distrófico incubado com resíduos da indústria álcool-açucareira. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 1, p. 125–139, 1984.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas-IAC, 2009. 77 p.

CAMPOS, C. N. S.; MINGOTTE, F. L. C.; PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. Introdução à nutrição e adubação de plantas. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**. Jaboticabal: FCAV/CAPEL, 2014. p. 9-26.

CAMPOS, C. N. S.; PRADO, R. M.; GONZÁLEZ, L. C.; JIMÉNEZ, M. A.; MODA, L. R. Fuentes de fosfato asociadas a la cachaza y el biofertilizante sobre los microorganismos solubilizadores de fósforo y su contenido en el suelo. **Cultivos Tropicales**, San José de las Lajas, v. 37, n. 1, p. 22-27, 2016.

CASTILLO, O. S.; PRADO, R. M.; GONZÁLEZ, L. C.; NAHAS, E.; CAMPOS, C. N. S.; SILVA, G. P.; ASSIS, L. C. Efecto de la fertilización fosfatada con cachaza sobre la actividad microbiana del suelo y la absorción de fósforo en caña de azúcar (*Saccharum spp.*). **Revista de la Facultad de las Ciencias Agrarias-UNCUYO**, Mendoza, v. 47, n. 1, p. 33-42, 2015.

CASIDA, L. E.; KLEIN, D. A.; SANTORO, T. Soil dehydrogenase activity. **Soil Science**, Baltimore, v. 98, n. 6, p. 371-376, 1964.

CAZETTA, J. O.; FONSECA, I. M.; PRADO, R. M. Perspectivas de uso de métodos diagnósticos alternativos: testes bioquímicos. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P. **Nutrição de plantas**: diagnose foliar em hortaliças. Jaboticabal: FUNDUNESP, 2010. p. 109-134.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar. Brasília-DF, ago. 2014. v. 1, safra 2014/2015, n. 2, segundo levantamento. 18 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_28_08_52_35_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_2014-15.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar. Brasília-DF, dez. 2015. v. 2, safra 2015/2016, n. 3, terceiro levantamento. 65 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 22 out. 2016.

CONSECANA-SP (CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006. 111 p. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/manual_2006.pdf>. Acesso em: 25 set. 2013.

CTC (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA). **Variedades CTC**. [Piracicaba, 2012 ?]. 34 p. Disponível em: <www.ctcanavieira.com.br/downloads/variedades2012_FINAL.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012.

DEVI, T. C.; BHARATHALAKSHMI, M.; KUMARI, M. B. G. S.; NAIDU, N. V. Effect of sources and levels of phosphorus with zinc on yield and quality of sugarcane. **Sugar Tech**, Heidelberg, v. 14, n. 2, p. 195-198, 2012.

DÍAZ, B.; BARRETO, B.; CAIRO, P.; PINEDA, E.; MAS, R.; ACOSTA, F.; BECERRA, E.; CLAVELO, B.; QUIÑONES, R. La aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales naturales en el cultivo de la caña de azúcar (parte II): efecto a largo plazo sobre el rendimiento y la calidad del suelo. **Centro Azúcar**, Santa Clara, v. 37, n. 1, p. 35-42, 2010.

DICK, F. C.; SANTOS, A. L. A.; MEYER-FERNANDES, J. R. Inorganic phosphate as an important regulator of phosphatases. **Enzyme Research**, New York, v. 2011, n. 1, p. 1-7, 2011.

EL-TILIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; ELAMIN, E. A. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 27, n. 4, p. 663-699, 2004.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 6, p. 991-996, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1.039-1.042, 2011.

FONSECA, I. M. **Atributos químicos do solo, nutrição e produtividade da cana planta em função da aplicação de nitrogênio e de escória de siderurgia**. 2011. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2011.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDORFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618–624, 2010.

GONZÁLEZ, L. C.; JIMÉNEZ, M. A.; CAMPOS, C. N. S.; ESPINOSA, R. R.; ROMERO, I. F.; SELVA, E. P.; PRADO, R. M.; ROMERO, M. Efecto de la adición de cachaza, roca fosfórica y biofertilizantes en el suelo sobre el contenido de fósforo y el desarrollo de plántulas de caña de azúcar. **Cultivos Tropicales**, San José de Las Lajas, v. 37, n. 4, p. 145-151, 2016.

GUPTA, D. K.; CHATTERJEE, S.; DATTA, S.; VEER, V.; WALTHER, C. Role of phosphate fertilizers in heavy metal uptake and detoxification of toxic metals. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 108, p. 134–144, 2014.

HARTREE, E. E. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. **Analytical Biochemistry**, Philadelphia, v. 48, n. 2, p. 422-427, 1972.

HERNÁNDEZ, A. R.; PRADO, R. M.; GONZÁLEZ, L. C.; CAIONE, G.; MODA, L. R.; ASSIS, L. C.; ALMEIDA, H. J. Phosphorus sources enriched with filter cake and microorganisms in the soil microbiota: Phosphorus absorption and sugar cane dry matter production. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago, v. 42, n. 2, p. 295-303, 2015.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA). Dados meteorológicos, disponível no banco de dados, 2014. Brasília-DF.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

KHWAIRAKPAM, M.; BHARGAVA, R. Bioconversion of filter mud using vermicomposting employing two exotic and one local earth worm species. **Bioresource Technology**, Essex, v. 100, n. 23, p. 5.846–5.852, 2009.

KITAYAMA, K. The activities of soil and root acid phosphatase in the nine tropical rain forests that differ in phosphorus availability on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 367, n. 1, p. 215-224, 2013.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

KORNDORFER, G. H.; LARA-CABEZAS, W. A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 391-396, 1999.

KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 92-97, 2009.

KREY, T.; VASSILEV, N.; BAUM, C.; EICHLER-LÖBERMANN, B. Effects of long-term phosphorus application and plant-growth promoting rhizobacteria on maize phosphorus nutrition under field conditions. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 55, n. 1, p. 124-130, 2013.

LIMA, C. C. Disponibilidade de fósforo para a cana-de-açúcar em solo tratado com compostos orgânicos ricos em silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1.222–1.227, 2011.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas**: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MODA, L. R. **Fontes e doses de fósforo na presença e ausência de composto orgânico no estado nutricional e na produtividade da cana-de-açúcar**. 2015. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.

MODA, L. R.; PRADO, R. M.; GONZÁLES, L. C.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Solubilización de fuentes de fósforo asociadas a un compuesto orgánico enriquecido con biofertilizantes. **Agrociencia**, Montecillo, v. 48, n. 5, p. 489-500, 2014.

MELERO, S.; LÓPEZ-GARRIDO, R.; MURILLO, J. M.; MORENO, F. Conservation tillage: Short- and long-term effects on soil carbon fractions and enzymatic activities under Mediterranean conditions. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 104, n. 2, p. 292-298, 2009.

MOURAD, N. M.; SHARSHAR, T.; ELNIMR, T.; MOUSA, M. A. Radioactivity and fluoride contamination derived from a phosphate fertilizer plant in Egypt. **Applied Radiation and Isotopes**, Kidlington, v. 67, n. 7-8, p. 1.259–1.268, 2009.

NEOGI, S.; BHATTACHARYYA, P.; ROY, K. S.; PANDA, B. B.; NAYAK, A. K.; RAO, K. S.; MANNA, M. C. Soil respiration, labile carbon pools, and enzyme activities as affected by tillage practices in a tropical rice–maize–cowpea cropping system. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 186, n. 7, p. 4.223-4.236, 2014.

OLIVEIRA, F. M.; ASPIAZÚ, I.; KONDO, M. K.; BORGES, I. D.; PEGORARO, R. F.; VIANNA, E. J. Avaliação tecnológica de variedades de cana-de-açúcar influenciadas por diferentes adubações e supressões de irrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 6, p. 832-840, 2012.

PIZAURO, J. M.; CURTI, C.; CIANCAGLINI, P.; LEONE, F. A. Kinetic properties of triton X-100 solubilized bone matrix-induced alkaline phosphatase. **Cellular and Molecular Biology**, Noisy le Grand, v. 34, n. 5, p. 921-926, 1988.

PRADO, R. M.; CAIONE, G.; CAMPOS, C. N. S. Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture. **Applied and Environmental Soil Science**, New York, v. 2013, p. 1-8, 2013.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407 p.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 233-239. (Boletim Técnico, 100).

RAKKIYAPPAN, P.; THANGAVELU, S.; MALATHI, R.; RADHAMANI, R. Effect of biocompost and enriched pressmud sugarcane yield and quality. **Sugar Tech**, Heidelberg, v. 3, n. 3, p. 92-96, 2001.

REIN, T. A.; SOUSA, D. M. G.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; NUNES, R. S.; KORNDORFER, G. H. **Manejo da adubação fosfatada para cana-de-açúcar no cerrado**. Planaltina: EMBRAPA, 2015. 12 p. (Circular Técnica).

REZENDE, L. A.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Bioresource Technology**, Essex, v. 94, n. 2, p. 159-167, 2004.

REZENDE, M. L.; RICHARDSON, J. W. Economic feasibility of sugar and ethanol production in Brazil under alternative future prices outlook. **Agricultural Systems**, Amsterdam, v. 138, n. 1, p. 77-87, 2015.

ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1.101-1.110, 1999.

SANTANA, C. T. C.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES, C. B. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n. 1, p. 22–29, 2012.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. 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.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Use of p-nitrophenylphosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 1, n. 1, p. 301-307, 1969.

TAKEDA, M.; NAKAMOTO, T.; MIYAZAWA, K.; MURAYAMA, T.; OKADA, H. Phosphorus availability and soil biological activity in Andosol under compost application and winter cover cropping. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 86-95, 2009.

TSADO, P. A.; LAWAL, B. A.; IGWE, C. A.; ADEBOYE, M. K. A.; ODOFIN, A. J.; ADEKAMBI, A. A. Effects of sources and levels of phosphorus on yield and quality of

sugarcane in Southern Guinea Savanna Zone of Nigeria. **Agriculture Science Developments**, Dadaab, v. 2, n. 3, p. 25-27, 2013.

VASCONCELOS, R. L. **Fontes de fósforo e torta de filtro sobre o estado nutricional e produtividade da cana-planta**. 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2013.

VASCONCELOS, R. L.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; CAIONE, G.; ALMEIDA-JÚNIOR, H.; MODA, L. R.; MELO, F. T.; MARTA, C. C. D. Sources of phosphorus with sugar cane filter cake on the nutritional status and productivity of sugar cane (*Saccharum officinarum* L) cultivated in red-yellow latosoil. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 8, n. 11, p. 1.467-1.474, 2014.

YANG, S.; LIU, J.; WU, J.; TAN, H.; LI, Y. Effects of vinasse and press mud application on the biological properties of soils and productivity of sugarcane. **Sugar Tech**, Heidelberg, v. 15, n. 2, p. 152–158, 2013.