

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MODOS DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO NA
CANA-DE-AÇÚCAR EM DISTINTOS MANEJOS DE SOLO**

**Paulo Roberto de Sousa Junior
Engenheiro Agrônomo**

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**MODOS DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO NA
CANA-DE-AÇÚCAR EM DISTINTOS MANEJOS DE SOLO**

Paulo Roberto de Sousa Junior

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani

Coorientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

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

2016

S725m Sousa Junior, Paulo Roberto de
Modos de aplicação e doses de fósforo na cana-de-açúcar em
distintos manejos de solo / Paulo Roberto de Sousa Junior. --
Jaboticabal, 2016
xvi, 52 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani
Coorientador: Renato de Mello Prado
Banca examinadora: Fabio Alexandre Cavichioli, Cristiano Zerbato
Bibliografia

1. Cultivo mínimo. 2. Fosfatagem. 3. Incorporação de fertilizante.
4. Manejo da adubação. 5. Incorporação de fertilizante. 6. *Saccharum
officinarum*. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 631.85:633.61

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 DA DISSERTAÇÃO: MODOS DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO NA CANA-DE-AÇÚCAR EM DISTINTOS MANEJOS DE SOLO


AUTOR: PAULO ROBERTO DE SOUSA JÚNIOR

ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI

CO-ORIENTADOR: RENATO DE MELLO PRADO

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


Prof. Dr. CARLOS EDUARDO ANGELI FURLANI
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. FABIO ALEXANDRE CAVICHIOLI
Departamento de Agronegócio / FATEC - Taquaritinga/SP


Prof. Dr. CRISTIANO ZERBATO
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 08 de julho de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PAULO ROBERTO DE SOUSA JÚNIOR – nascido em São José do Rio Preto – SP, em 23 de maio de 1985. Iniciou o curso de Graduação em Engenharia Agrônômica na Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” em janeiro de 2006, e concluiu em janeiro de 2011. Durante a graduação, estagiou nas principais regiões produtora de cana-de-açúcar (Alagoas, São Paulo e Mato Grosso do Sul) e foi bolsista no Programa “Ensinar com Pesquisa” realizando trabalhos de ensino, pesquisa e extensão com a cana-de-açúcar em dois tipos de solo, do período de maio de 2008 a julho de 2009. Em março de 2014 iniciou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, concluindo-o em julho de 2016. Durante o mestrado, desenvolveu seu trabalho com adubação e manejo do solo em cana-de-açúcar. Desde 2011 ocupa o cargo de Engenheiro Agrônomo na Usina Vale – Onda Verde/SP, sendo responsável pela área técnica, planejamento e qualidade do setor agrícola.

EPÍGRAFE

“A mente que se abre a uma nova ideia,
jamais voltará ao seu tamanho original.”

(Albert Einstein)

“Uma série de pequenas vontades faz um
grande resultado.”

(Charles Baudelaire)

DEDICO E OFEREÇO

A minha esposa Mayra pelo amor,
atenção e compreensão pela ausência em muitas noites e dias
de folga da usina que fiquei estudando. E aos nossos filhos Enzo
e Julia
que são nossas maiores riquezas e deixam nossas vidas cheias
de emoções, alegria e simplicidade.

AGRADECIMENTOS

À Deus por guiar os meus passos em cada fase da minha vida.

À UNESP Câmpus de Jaboticabal/SP e a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e ao coorientador Prof. Dr. Renato Mello Prado, pelas orientações, amizade, ensinamentos, paciência e total apoio para concretização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Miguel Angelo Mutton pelos ensinamentos e ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Cristiano Zerbato e Prof. Dr. Fábio Alexandre Cavichioli pela grande contribuição como membros da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Jairo Antônio Mazza que tenho como orientador, ídolo e amigo.

Ao José Hugo, Pedro e Paulo Junior, (diretoria da Usina Vale – Onda Verde/SP), pela oportunidade da realização desse trabalho.

Aos meus colegas de trabalho da Usina Vale que me ajudaram fazer acontecer esse trabalho.

À todos os amigos do Laboratório de máquinas e mecanização agrícola (LAMMA).

Aos meus pais, sogros e irmãos, pelo incentivo e apoio.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UNESP – Câmpus de Jaboticabal/SP pelos ensinamentos e contribuição à minha formação profissional.

Aos funcionários da seção de Pós-Graduação pelas atenções concedidas.

Aos meus amigos e irmãos, Caio Brunharo (Roko), Danilo Sérgio (Adlaide) e Lucas Cruciol Maia (Cerelep) que me ajudaram nas correções do trabalho.

À todos que direta ou indiretamente fizeram parte de mais esta etapa vencida, e que mesmo não mencionados neste agradecimento sabem da sua importância em algum momento da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
LISTA DE SIGLAS	xiv
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Cultura da cana-de-açúcar	16
2.2 Manejo do solo para implantação da cultura.....	17
2.3 Fósforo (P) e modos de aplicação	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Características da área experimental.....	25
3.1.1 Localização e histórico da área.....	25
3.1.2 Clima.....	25
3.1.3 Solo.....	26
3.1.4 Variedade.....	27
3.2 Delineamento experimental e estatística	28
3.3 Instalação e condução do experimento.....	28
3.4 Indicadores de qualidade.....	34
3.4.1 Análise de solo.....	34
3.4.2 Características tecnológicas.....	34
3.4.3 Produtividade de colmos (TCH)	35
3.4.4 Produtividade de Açúcar (TAH).....	35
3.4.5 Exportação de nutrientes	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 Manejo de solo.....	36

4.2 Doses e modos de aplicação de fósforo	38
5 CONCLUSÃO	46
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados pluviométricos (mm) do plantio a colheita e média de 22 anos do campo experimental, Onda Verde (SP), 2012 e 2013.....	26
Figura 2. (A) Croqui do experimento. / (B) Anexo definindo os tratamentos, Onda Verde (SP), 2012.....	28
Figura 3. Distribuição do fósforo em área total, Onda Verde (SP), 2012.....	29
Figura 4. (A) - Subsolador utilizado no manejo de solo do experimento. / (B)- Arado utilizado no manejo de solo do experimento, Onda Verde (SP), 2012.	30
Figura 5. Resultado dos dois manejos de solo, Onda Verde (SP), 2012.	31
Figura 6. Sulcação e distribuição do cloreto de potássio, Onda Verde (SP), 2012. ...	32
Figura 7. Distribuição das doses de fósforo e nitrogênio dentro dos sulcos, Onda Verde (SP), 2012.....	33
Figura 8. Local das sub-amostras na linha e entrelinha dentro da parcela, Onda Verde (SP), 2012.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas dos blocos avaliados nas profundidades 0-0,20 m; 0,21-0,40 m, Onda Verde (SP), 2013.....	27
Tabela 2. Característica física dos blocos avaliados nas profundidades 0-0,20 m; 0,21-0,40 m, Onda Verde (SP), 2013.....	27
Tabela 3. Análise de variância do fósforo do solo amostrado na linha (PL) e entrelinha (PE), nas profundidades 0-0,2 m e 0,2-0,4 m, pH na entrelinha na profundidade de 0-0,2 m (pH) e a saturação de bases na profundidade 0-0,2 m (V).	36
Tabela 4. Efeito do cultivo mínimo e preparo convencional do solo sobre o pH, fósforo e saturação de bases. Onda Verde (SP), 2012.....	37
Tabela 5. Teores de fósforo de acordo com as doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) na profundidade 0-0,2 m e 0,21-0,4 m, dose área em total em Onda Verde (SP), 2012.	39
Tabela 6. Teores de fósforo de acordo com as doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) na profundidade 0-0,2 m e 0,21-0,4 m, dose no sulco, Onda Verde (SP), 2012.....	40
Tabela 7. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do colmo de cana-de-açúcar (BRIX, Pol, Pureza, AR, PC, Fibra e ATR).	40
Tabela 8. Valores dos parâmetros tecnológicos com diferentes doses em área total, Onda Verde (SP), 2012.....	41
Tabela 9. Análise de variância para os parâmetros de produtividade (TCH e TAH), Onda Verde (SP), 2012.....	42
Tabela 10. Valores dos parâmetros de produtividade (TCH e TAH), Onda Verde (SP), 2012.....	42
Tabela 11. Análise de variância para Exportação de nutrientes, Onda Verde (SP), 2012.	44
Tabela 12. Exportação (kg ha ⁻¹) de macronutriente de acordo com dose de fosfatagem, Onda Verde (SP), 2012.	45

LISTA DE SIGLAS

BRIX- Porcentagem de sólidos totais solúveis no caldo

POL- Polarização (Quantidade em peso de sacarose em 100 ml de solução)

PC – Porcentagem de Pol da cana corrigida

AR – Açúcares redutores

PZA – Pureza

ATR – Açúcares totais recuperáveis

TCH – Tonelada de colmo por hectare

TAH – Tonelada de Açúcares totais recuperáveis por hectare

MAP- Fosfato Monoamônio

TDA – Tração dianteira auxiliar

MODOS DE APLICAÇÃO E DOSES DE FÓSFORO NA CANA-DE-AÇÚCAR EM DISTINTOS MANEJOS DE SOLO

RESUMO – Levando em consideração que há uma grande polêmica quanto à forma mais eficiente de aplicação do fósforo nos solos tropicais brasileiros, o presente trabalho sugere a forma mais eficiente de aplicação e fornecimento desse elemento para a produção de cana-de-açúcar em um ambiente de médio potencial produtivo, enfatizando modos de aplicação e doses adequadas à maior disponibilização deste nutriente na solução do solo. Para avaliar os efeitos de incorporação do fósforo e dos outros corretivos, utilizaram-se dois manejos de solo: o preparo convencional e o cultivo mínimo. A pesquisa foi fundamentada em duas hipóteses: I) A aplicação de parte do fósforo em área total e a outra parte no fundo do sulco, em solos de textura média, proporcionam maior aproveitamento do fósforo e outros nutrientes a curto e longo prazo. II) A incorporação do fósforo e dos outros corretivos de solo proporcionam uma melhor condição para o desenvolvimento do sistema radicular. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com parcelas subdivididas em: tratamento principal, manejo do solo, preparo convencional e cultivo mínimo, tratamento secundário, dose área total 0; 100; 200 kg.ha⁻¹ P₂O₅, tratamento terciário, dose no sulco 0; 90; 180 kg.ha⁻¹ P₂O₅. Foram avaliados os parâmetros químicos do solo, produtividade de colmos e açúcar, tecnológicos e exportação de nutrientes. O programa estatístico utilizado foi o AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de ensaios agrônômicos. Os resultados mostraram que o cultivo mínimo proporcionou uma maior concentração do fósforo na camada superficial em relação ao preparo convencional e o excesso de fósforo causou uma diminuição na qualidade tecnológica e na produção de açúcar.

Palavras-chave: cultivo mínimo, fosfatagem, incorporação de fertilizante, manejo da adubação, *Saccharum officinarum*

PHOSPHORUS RATES AND APPLICATION METHODS IN SUGARCANE IN DISTINCT SOIL MANAGERMENTS

ABSTRACT - Taking into consideration the polemics involved on which is the most efficient phosphorus application method in Brazilian tropical soils, the present research suggests an efficient phosphorus application method in sugarcane production in an environment of medium potential, emphasizing phosphorus application methods and rates, aiming the best availability of this element in the soil solution. In order to evaluate the phosphorus incorporation effects and other soil correction chemicals, two soil managements were adopted; the conventional and the minimum tillage. Therefore, this research were based on two hypothesis: I) the application of part of the phosphorus over the soil and other part in the sugarcane furrow, in sandy soils, allowed higher phosphorus and other nutrients utilization. II) The phosphorus incorporation and incorporation of other element allowed better sugarcane root systems development. The experimental design used was completely randomized block design, with split-split plot, where the main plot was soil management (either conventional or minimum tillage), secondary was phosphorus rate over the soil (0; 100; 200 kg ha⁻¹ P₂O₅), and tertiary was phosphorus rate on in sugarcane row (0; 90; 180 kg ha⁻¹ P₂O₅). Soil chemical parameters were evaluated, as well as stems and sugar yield, technological aspects and nutrient extraction. AgroEstat was used for the statistical analysis. The results showed that minimum tillage provided higher phosphorus concentration on the soil top layer compared to the conventional tillage and the phosphorus excess caused reduction in the technological quality and yield of sugarcane.

Keywords: minimum tillage, phosphorus application, fertilizer incorporation, fertilization management, *Saccharum officinarum*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é líder mundial na produção de cana-de-açúcar, com estimativa para a safra 2015/2016 de 665,6 milhões de toneladas em uma área plantada de 8,654 milhões hectares, resultando em uma produtividade média de 76,91 t ha⁻¹ (CONAB, 2016).

O estado de São Paulo possui a maior área com a cultura, seguido por Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Alagoas, Pernambuco e Mato Grosso. Esses oito estados são responsáveis por 94,9% da área de produção nacional. Os outros 14 estados produtores possuem áreas menores, totalizando os 5,1% da área total do país (CONAB, 2016).

As novas áreas de ocupação de cana-de-açúcar em solos antes ocupados por pastagens, muitas destas degradadas, possuem como característica, uma restrição química que impede o desenvolvimento radicular e leva a deficiência nutricional da planta. Para mitigar essa restrição é necessário utilizar-se de corretivos com intuito de melhorar os níveis de nutrientes no solo. Outra medida importante é a utilização de um preparo de solo que proporcione uma melhor distribuição desses corretivos no seu perfil.

O fósforo é o nutriente que limita a produtividade e longevidade dos canaviais nessas áreas, tem como característica apresentar teor extremamente baixo nos solos e pode apresentar-se em formas pouco disponíveis para a planta, além de apresentar alto potencial de adsorção pelos colóides do solo. O fornecimento de fósforo para a cana-de-açúcar reflete diretamente na produtividade de colmos, qualidade tecnológica e longevidade do canavial.

Na instalação de um canavial deve-se considerar: todos os preceitos de boas técnicas agrônômicas, como: mudas de boa qualidade, tratamento fitossanitário do solo e das mudas; bom manejo de solo (preparo do solo) e a adubação.

O objetivo desse trabalho foi avaliar qual o melhor manejo do solo para utilizar em uma área de expansão de cana-de-açúcar sobre pastagem e propor a melhor dose e forma de aplicação do fósforo durante a instalação do canavial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas nacionais, introduzida no Brasil em 1532 e desde então se destaca economicamente com a maior produção mundial atingindo na última safra uma área de 8,9 milhões de hectares que cultivaram 660 milhões de toneladas processadas em 423 usinas e geraram 4,5 milhões de empregos diretos e indiretos, sendo assim considerado o setor que mais emprega no país (AGRIANUAL, 2015).

Segundo Ramos e Nachiluk (2014), o setor sucroenergético brasileiro, na safra 2014/15, movimentou R\$ 70 bilhões com a produção de cana-de-açúcar, etanol, açúcar e bioeletricidade, representando 1,3% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

A importância da cultura da cana-de-açúcar pode ser atribuída à sua grande versatilidade, sendo utilizada desde a forma mais simples como ração animal, até a mais nobre como o açúcar. Na cana nada se perde: do caldo obtêm-se o açúcar, a cachaça, o etanol, a rapadura e outros; do bagaço, o papel, a ração, a cogeração de energia elétrica e o etanol de 2^o geração; das folhas a cobertura morta, ração animal e cogeração de energia elétrica. Assim, a agroindústria da cana-de-açúcar direciona-se a integrar os sistemas de produção alimentar, não alimentar e energético, envolvendo atividades agrícolas e industriais.

Sua classificação taxonômica coloca na divisão das Angiospermas, classe das Monocotiledôneas, família Poaceae, gênero *Saccharum*, espécie *Saccharum officinarum*, sendo esta espécie a grande responsável pela formação de híbridos com outras espécies de características mais rústicas, caracterizando a maioria das cultivares atualmente utilizada no campo. Inicialmente cultivava-se principalmente a espécie *Saccharum officinarum* (L.), entretanto, as cultivares desta espécie passaram a ter dificuldades de adaptação ecológica e severos danos provocados por doenças. Híbridos interespecíficos, oriundos dos programas de melhoramento genético, resistentes e melhores adaptados para diversas condições ambientais permitiram a expansão da cultura pelo mundo (FIGUEIREDO et al., 1998).

A cana-de-açúcar apresenta alta eficiência fotossintética e elevado ponto de saturação luminosa, característica dos representantes das plantas C4. O crescimento dos colmos encontra-se sujeito à variação da temperatura do ar, estando à faixa ótima localizada entre 25 e 35 °C, sendo que em temperaturas situadas entre 19 e 25° C seu crescimento é lento e encontra-se nulo quando em temperaturas inferiores a 10 °C (CASAGRANDE, 1991).

A cana-de-açúcar encontra-se largamente adaptada às faixas de clima tropical e subtropical. Geograficamente a planta se desenvolve entre as latitudes de 35° N, no sul dos Estados Unidos, à 35° S, no Norte da Argentina (PLANALSUCAR, 1986). O clima ideal para a cultura da cana-de-açúcar é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a brotação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e consequente acúmulo de sacarose nos colmos (BRUNINI, 2008).

O acúmulo de sacarose no colmo ocorre quando a produção de açúcares nas folhas excede o consumo energético da planta. Quando as condições se tornam limitantes ao crescimento vegetativo, maior quantidade de sacarose é armazenada e a cana-de-açúcar entra em maturação (CESAR et al., 1993).

A relevância da cana-de-açúcar no agronegócio brasileiro é indiscutível e apesar do Brasil destacar-se no cenário internacional por toda sua tecnologia já empregada nas diferentes etapas de produção, a pesquisa científica ainda tem muito a contribuir para a maximização do processo produtivo, desde a lavoura até a indústria (COSTA, 2005).

2.2 Manejo do solo para implantação da cultura

As práticas de preparo de solo devem levar em consideração a atenuação ou a eliminação dos fatores limitantes ao bom desenvolvimento radicular, entre elas: as físicas (compactação, adensamento e encharcamento), as químicas (baixo teor de nutriente em profundidade, elevado teor de Al e Mn) e biológicas (nematóides, cupim, *Migdolus*, *Sphenophorus*), como infestações de ervas daninhas. Quanto ao sistema de preparo a ser utilizado, convencional ou mínimo, deve ser feita uma adequada avaliação global do sistema (DEMATTE, 2004).

O preparo com arados de discos ou de aivecas, seguidos de gradagem ou uso de grades pesadas em substituição ao arado, mas não dispensando as gradagem para destorroamento e nivelamento do solo, constituem as operações chamadas de preparo convencional (ZANINE et al., 2006; AQUINO, 2007). A escarificação do solo utilizada isoladamente é considerada um sistema de preparo mínimo.

As operações realizadas durante o preparo de solo refletem em todo ciclo de vida do canavial e no seu histórico, do primeiro ao último corte. O que não é corrigido durante o preparo de solo, dificilmente será possível corrigir nas operações de manejo em soqueira (VASCONCELOS, 2007).

Segundo Freiria et al. (2008), o calcário sem incorporação resultou em aumento da saturação de bases do solo até dez centímetros e até quarenta centímetros de profundidade quando foi incorporado a vinte centímetros.

O calcário incorporado em camadas profundas do solo, na ocasião da instalação do sistema plantio direto, exerceu efeito residual positivo na produção de soja (PRADO et al. 2003). A incorporação mais profunda também proporcionou uma maior produção de milho (PRADO & NATALE, 2004).

O uso intensivo de máquinas e implementos na agricultura moderna pode modificar as propriedades do solo, em relação àquelas de seu estado natural. Tem sido detectadas as camadas compactadas subsuperficiais causadas pelo intenso tráfego de máquinas e implementos agrícolas, que provocam pressões na superfície do solo.

A compactação causa algumas modificações nos solos: aumento da resistência mecânica do solo à penetração radicular, redução da aeração, alteração do fluxo de água e calor e da disponibilidade de água e nutrientes. E nas plantas: emergência lenta, sistema radicular raso, plantas desuniformes, deficiências nutricionais, dentre outros (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

A escarificação do solo objetiva reduzir a densidade do solo e a sua resistência mecânica à penetração das raízes e aumentar a permeabilidade do solo, através do rompimento de camadas compactadas do solo. De acordo com Ripoli et al. (2007), tais camadas podem estar localizadas mais superficialmente ou em maiores profundidades, que podem variar ente 20 e 50 cm, dependendo do histórico

de uso e de operações agrícolas na área, e da classe do solo, pois alguns são mais suscetíveis a compactação que outros.

As técnicas de preparo do solo devem ser utilizadas corretamente, pois afetam diretamente a densidade, a porosidade e o armazenamento de água ao longo do perfil do solo, interferindo no desenvolvimento e produtividade das culturas (STONE & MOREIRA, 2000).

A escolha de um sistema de preparo é extremamente complexa, principalmente devido às variações dos tipos de solos, teores de água, coberturas vegetais sobre a superfície, culturas a serem implantados, níveis tecnológicos e métodos de conservação, entre outras (FURLANI, 2000). No entanto, o preparo mais adequado deve ser decisivo para a escolha dos equipamentos a serem empregados e não o contrário (GAMERO et al., 1997).

O preparo do solo é uma operação indispensável ao bom desenvolvimento das culturas e compreende um conjunto de técnicas que, utilizadas racionalmente, propiciam alta produtividade e, se mal usadas, podem levar à destruição dos solos em curto prazo, podendo chegar à desertificação de áreas extensas (AQUINO, 2007).

2.3 Fósforo (P) e modos de aplicação

Dentre todas as etapas de produção da cana-de-açúcar, um dos maiores desafios é o manejo da fertilidade do solo. Neste aspecto, a adubação do solo exerce um papel fundamental.

A adubação pode ser definida como a adição de nutrientes de que a planta necessita para viver, com a finalidade de obter colheitas compensadoras de produtos de boa qualidade nutritiva ou industrial, provocando-se o mínimo de perturbação no ambiente. Em resumo, sempre que o fornecimento dos nutrientes pelo solo (reservatório) for menor que a exigência da cultura, torna-se necessário recorrer ao uso de adubos (FANQUIN, 2005).

De acordo Malavolta (2006), o fósforo é o nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil, sendo um grande desafio a garantia de elevação da disponibilidade desse elemento na solução do solo.

A importância do fósforo na cultura da cana-de-açúcar reside no fato deste macronutriente participar, direta e indiretamente, de diversos processos metabólicos;

atuando desde o desenvolvimento das raízes, produção de colmos até nas características industriais, como porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana (pol%), pureza de caldo e clarificação. Desta forma, sua deficiência pode levar à diminuição na formação de sacarose (BASTOS et al., 2008).

Grant (2011) relata que o fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É também componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolípídeos.

As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. O suprimento adequado de P é essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GRANT, 2011).

O P na cana-de-açúcar é essencial ao enraizamento e no perfilhamento (CLEMENTS, 1980), e portanto, na produtividade final.

Também possui a propriedade de aumentar a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de outros nutrientes, provenientes do solo ou do adubo, contribuindo para aumentar a resistência da planta a algumas doenças, a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade, desempenhar funções chave no metabolismo, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP (KORNDÖRFER, 2004).

Em relação a outros macronutrientes, o fósforo é requerido em menor quantidade pela planta. Porém as adubações são elevadas, devido às características apresentadas pelos diferentes tipos de solo, que fazem com que a maior parte do P adicionado torne-se indisponível à planta (BASTOS et al., 2008).

O fósforo na planta, diferentemente do solo, apresenta uma grande mobilidade. Assim em casos de deficiência, este nutriente tem a propriedade de mover-se dos tecidos velhos para os mais novos. Esta informação é importante para a avaliação

visual de sintomas característicos de ocorrência de deficiência de fósforo nos tecidos vegetais da cana (TOMAZ, 2009).

O fósforo do solo é dividido em dois grandes grupos: fósforo inorgânico e fósforo orgânico, dependendo da natureza do composto a que está ligado. Dentro destes dois grupos, as formas de fósforo são de difícil identificação devido à infinidade de reações que o elemento pode sofrer e seus compostos resultantes (GATIBONE, 2003).

De acordo com Gatibone (2003), o grupo do fósforo inorgânico pode ser separado em duas partes: o fósforo dos minerais primários ou estruturais (fixado) e o fósforo adsorvido, além do fósforo da solução do solo (assimilável), encontrado em pequenas quantidades. Já o fósforo inorgânico adsorvido pode ocorrer em todos os minerais presentes no solo por causa de sua facilidade em formar complexos de alta energia de ligação. Assim, o fósforo inorgânico do solo pode ser encontrado ligado ao ferro, alumínio e cálcio, adsorvido a argilas silicatadas do tipo 1:1, adsorvido à matéria orgânica do solo através de pontes de cátions (compostos ternários) e principalmente adsorvido a oxihidróxidos de ferro e alumínio, resultando em baixos teores na solução do solo. O fósforo inorgânico do solo pode ocorrer em várias formas, com diferentes energias de ligação aos íons e colóides do solo, dependendo do grau de intemperização e uso do solo.

O segundo grupo é o fósforo orgânico, que pode constituir de 20 a 80% do fósforo total do solo e é extremamente relevante nos solos tropicais, pois atua ativamente na disponibilidade de fósforo às plantas (WALKER & SYERS, 1976) e deve ser levado em consideração, estudos envolvendo a sua dinâmica e a biodisponibilidade. O fósforo orgânico é originário dos resíduos vegetais adicionados ao solo, do tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição (GATIBONE, 2003).

Existe um equilíbrio químico entre as formas de fósforo em solução e fracamente ligadas aos minerais do solo e material orgânico (P lábil). Assim que o fósforo é retirado da solução do solo, vai sendo reabastecido de maneira a manter o equilíbrio. Com o passar do tempo, formas mais estáveis de fósforo são formadas, aumentando o “pool” de P não lábil. O pH do solo influencia a forma química do

fósforo que estará na solução e também a eficiência de utilização do fósforo pelas plantas (RAIJ, 1991).

A disponibilidade de fósforo é controlada pela força iônica, pH baixo, concentração de fósforo e metais (Fe, Al e Ca), ânions competitivos e/ou ácidos orgânicos. Além destes fatores, as reações que controlam as quantidades de P iônico na solução do solo incluem a dissolução/precipitação de minerais carreadores de P, adsorção/desorção do fosfato das superfícies do solo e a hidrólise da material orgânico (MALAVOLTA, 1980; HINSINGER, 2001).

Os solos da região tropical, de clima ideal para o cultivo da cana-de-açúcar, são geralmente, pobres em fósforo disponível devido à sua elevada capacidade de fixação (JENNY, 1961). Sanches & Salinas (1981), calculam que aproximadamente 82% dos solos agrícolas do tropico são deficientes em fósforo disponível. Assim, para satisfazer estas necessidades, que ocorrem particularmente nos solos pobres neste nutriente, são utilizados fertilizantes.

Os fertilizantes por sua vez, apresentam custos elevados, exigindo critérios racionais de utilização de modo que as despesas com adubação sejam compatíveis com os aumentos de produção. Assim, é importante que se busquem sistemas eficientes de aplicação e fornecimento de fósforo na cana-de-açúcar, no que diz respeito aos modos e doses de aplicação.

A resposta das plantas aos diferentes modos de aplicação dos fertilizantes depende da interação de uma série de fatores como: dose e solubilidade, espaçamento e distribuição do sistema radicular das culturas e as características químicas e físicas do solo que afetam o suprimento de nutrientes. Assim o manejo da adubação deve favorecer a absorção e diminuir os processos de fixação pelo solo e, conseqüentemente, aumentar o aproveitamento do P pelas plantas (NOVAIS & SMYTH, 1999).

A forma de aplicação dos fertilizantes fosfatados é diferente entre os fosfatos considerados solúveis e aqueles insolúveis em água (RAIJ, 1991). Sabe-se que logo após a aplicação de uma fonte solúvel, o P pode ser rapidamente adsorvido pelo solo ou transformado em composto de menor solubilidade através de reações de precipitação e adsorção específica. A intensidade dessas reações é diretamente

proporcional ao volume de solo, com qual o adubo reage, e ao nível de P (GOEDERT & SOUZA, 1984).

A aplicação de P também deve divergir de acordo com as variações entre os solos, os quais possuem distintas capacidades de fixação de fósforo, devido principalmente ao teor de argila e conteúdo de óxidos de ferro e alumínio livre (SANCHEZ & UEHARA, 1980).

Sanchez & Uehara (1980), evidenciaram a importância da determinação da capacidade de fixação de fósforo, pois este é um dos fatores que governa a disponibilidade do elemento na solução do solo, a dissolução de fertilizantes, conseqüentemente, a absorção pelas culturas.

Novais & Smyth (1999), indicaram que a distância linear média percorrida pelo fósforo é de 0,013 mm d⁻¹. Quando considerados os meses mais chuvosos de novembro a abril a distância máxima percorrida pelo fósforo será de 0,23 cm. Desta forma, considerando que o sistema radicular da cana tende a explorar as diversas camadas do solo, principalmente as mais superficiais, onde houver raiz deverá haver fósforo. Então, espera-se que nos solos com baixo teor de fósforo a aplicação em área total facilite a sua absorção pelo sistema radicular da cana.

Vitti & Mazza (2002), defendem que a melhor aplicação de P em cana-de-açúcar deve ser realizada em área total, onde o P melhor distribuído na área irá forçar as raízes da cana a se expandirem mais atrás do volume de solo, trazendo um benefício geral para a cultura, além de explorar melhor os recursos hídricos daquele ambiente, principalmente em regiões onde o volume de precipitação é abaixo do recomendado.

De forma geral, a eficiência da adubação fosfatada é baixa. Diante disso, Lana et al. (2004) ressaltam que há necessidade de novos métodos de adubação fosfatada no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo. Miranda & Miranda (2003) citam que a combinação apropriada das adubações corretiva em área total e de manutenção no sulco de plantio, assume grande importância para promover aumento de produtividade.

Tomaz (2009) estudou as fontes, as doses e as formas de aplicação de P na cana-de-açúcar. Como não houve diferença entre as formas de aplicação, a aplicação no sulco de plantio tem maior retorno econômico. Além disso, o autor

verificou que a cana responde positivamente a aplicações de P de forma mais eficiente com fontes mais solúveis em água e CNA. A recomendação final para as condições estudadas é a aplicação de 100 Kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco utilizando como fonte o “Salmec” e na falta deste, complementando com super triplo.

De acordo com Vitti & Mazza (2002), para obtenções de maiores produtividades em cana-planta, recomenda-se a aplicação de fósforo em solos arenosos ($\text{P}_{\text{resina}} < 15 \text{ mg dm}^{-3}$, teor de argila $< 30\%$), sendo indicado utilizar de 100 a 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 em área total, acrescidos de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco de plantio. Já em adubação fosfatada de cana-soca é utilizado cerca de 30 kg ha^{-1} quando $\text{P}_{\text{resina}} < 15 \text{ mg dm}^{-3}$ tendo $V\%$ acima de 50% .

Demattê (2004) fez um cálculo sobre o balanço de fósforo no solo, ao longo de 5 cortes (produção de 400 t de cana), após a utilização de dose comumente recomendada de P (150 kg ha^{-1} de P_2O_5 no plantio), com extração de $0,43 \text{ kg t}^{-1}$ de massa verde e considerando a fixação pelo solo de 30% . É provável que em várias condições ocorra um déficit de fósforo que deveria ser repostado nas soqueiras. Este autor faz ainda um alerta para que a acidez das soqueiras seja monitorada e que a $V\%$ seja sempre maior que 40% , caso contrário não haverá resposta ao P adicional.

É essencial a prática da adubação fosfatada na cana-de-açúcar, a fim de fornecer quantidades adequadas de P às plantas durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características da área experimental

3.1.1 Localização e histórico da área

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2012 e 2013, em uma área administrada pela Usina Vale, na Fazenda Quiriri, localizada no noroeste paulista, município de Onda Verde – SP, próximo a latitude 20° 39' S, longitude 49° 18' O, altitude de 550 m e uma declividade menor que 3 %.

A sucessão braquiária por cana-de-açúcar ocorreu depois de mais de trinta anos, sendo uma área com histórico de calagem. A área na qual foi realizado o experimento apresentava teores químicos (fertilidade) inferiores ao restante da área.

3.1.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), o clima é descrito como do tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 19°C e a do mês mais quente superior a 25°C. As médias anuais de temperatura e precipitação pluviométrica são 23°C, 1.263 mm, respectivamente. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para primavera.

A área em questão monitora as chuvas desde 1992, sendo a média pluviométrica dos últimos 22 anos de 1614 mm e a distribuição média é observada na figura 1.

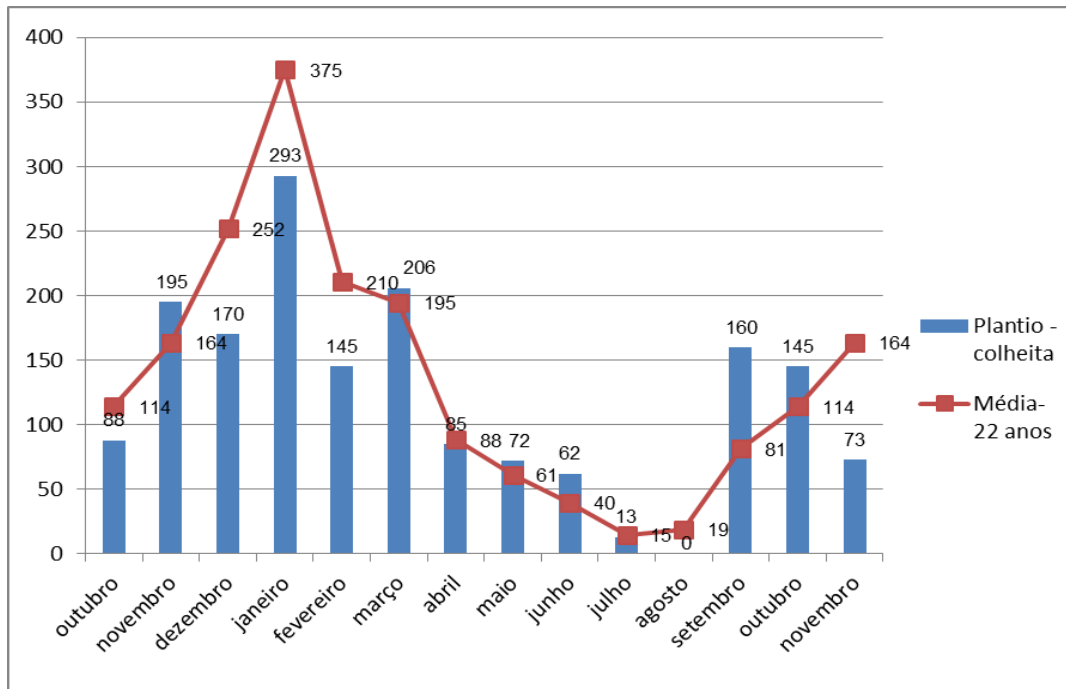


Figura 1. Dados pluviométricos (mm) do plantio a colheita e média de 22 anos do campo experimental, Onda Verde (SP), 2012 e 2013. (Fonte: Fazenda Quiriri)

3.1.3 Solo

O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico textura média (EMBRAPA, 2013), apresentando, no geral, baixos teores de fósforo e presença de alumínio em superfície e subsuperfície. Em relação aos teores de argila, aumenta em subsuperfície (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Características químicas dos blocos avaliados nas profundidades 0-0,20 m; 0,21-0,40 m, Onda Verde (SP), 2013.

Bloco	Profundidade (m)	pH	M.O.	P	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al	S.B.	CTC	V%	m%
		CaCl ₂	gdm ⁻³	(resina)	-mg dm ⁻³ --	-----mmol _c dm ⁻³ -----					SMP			
1	0 - 0,20	4,6	14	9	9	14	7	1,1	1,9	29	22,1	51,1	43	8
1	0,21 - 0,40	4,3	13	7	6	7	3	0,3	5,9	27	10,3	37,3	28	37
2	0 - 0,20	4,6	15	11	13	11	5	0,4	1,8	33	16,4	49,4	33	11
2	0,21 - 0,40	4,3	12	11	9	9	3	1,4	3,1	33	13,4	46,4	29	18
3	0 - 0,20	4,4	17	9	11	9	3	0,6	3,1	38	12,6	50,6	25	19
3	0,21 - 0,40	4,2	12	8	10	10	2	0,3	5,3	31	12,3	43,3	28	29
4	0 - 0,20	4,5	16	7	25	12	5	0,3	2,5	31	17,3	48,3	36	15
4	0,21 - 0,40	4,3	14	7	9	7	3	0,3	3,4	33	10,3	43,3	24	22

Tabela 2. Característica física dos blocos avaliados nas profundidades 0-0,20 m; 0,21-0,40 m, Onda Verde (SP), 2013.

Bloco	Profundidade (m)	AREIA				
		ARGILA	SILTE	Total	Areia grossa	Areia fina
1	0 - 0,20	17	9	74	19	55
1	0,21 - 0,40	22	9	69	17	52
2	0 - 0,20	20	3	77	20	57
2	0,21 - 0,40	25	8	67	17	50
3	0 - 0,20	20	8	72	21	51
3	0,21 - 0,40	27	7	66	17	49
4	0 - 0,20	20	8	72	22	50
4	0,21 - 0,40	27	8	65	17	48

3.1.4 Variedade

Foi utilizada a variedade RB92579, desenvolvimento lento, tolerante a doenças, ótimo perfilhamento, bom fechamento da entrelinha, brotação muito boa na socaria e de alta produtividade, muito eficiente na utilização dos principais nutrientes e responsiva à irrigação, material que vem ganhando espaço entre os mais plantados e cultivados no país.

3.2 Delineamento experimental e estatística

O delineamento utilizado foi parcelas sub-subdivididas com blocos inteiramente casualizados, 4 repetições dispostas no esquema de faixas. O experimento constou de 18 tratamentos e 72 parcelas, sendo tratamento principal, manejo de solo, preparo convencional e cultivo mínimo, tratamento secundário, dose área total de P_2O_5 , 0; 100; 200 $kg\ ha^{-1}$, tratamento terciário, dose de P_2O_5 no sulco, 0; 90; 180 $kg\ ha^{-1}$. As dimensões de cada parcela foi de 6 x 10 m, sendo avaliada toda a cana dentro da parcela (Figura 2).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F), comparando as médias pelo Teste de Tukey (10%), usando o programa estatístico AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2010).

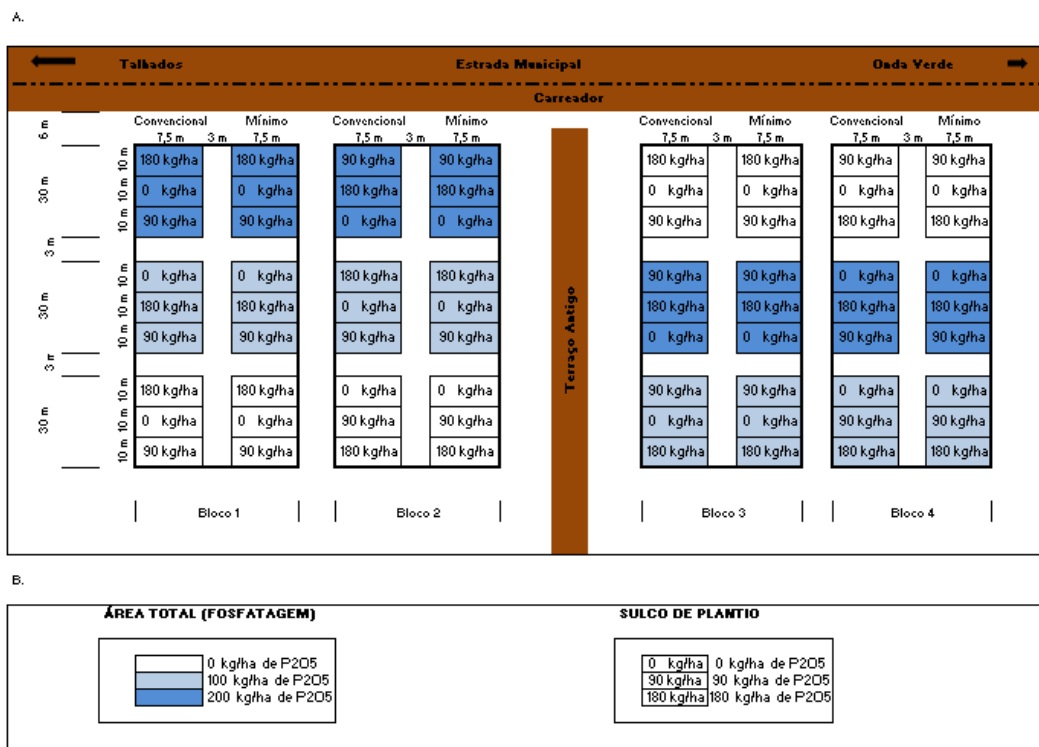


Figura 2. (A) Croqui do experimento. / (B) Anexo definindo os tratamentos, Onda Verde (SP), 2012.

3.3 Instalação e condução do experimento

Foi realizada uma amostragem de solo composta para realização da recomendação dos corretivos e saber o teor de fósforo da área (exploratória). Notou-

se que o teor estava baixo. O próximo passo foi a delimitação dos blocos e a amostragem composta por bloco. Por meio dessas amostragens, realizou-se análises químicas, segundo a metodologia proposta por Raij et al. (2001) e, cujos resultados por bloco estão contidos na tabela 1 e a parte física na tabela 2, segundo Camargo et al. (2009).

Após a delimitação dos blocos e sorteios dos tratamentos, foi aplicado o tratamento secundário: fósforo em área total, com a distribuidora de grânulos da marca Kunn[®] e Modelo Accura 1600, acoplado no engate de três pontos do sistema hidráulico em um trator 4 x 2 TDA de 110 cv (149,60 kW). A fonte de fósforo foi o fosfato monoamônico (MAP) nas doses 0; 200 e 400 kg ha⁻¹ de 09-50-00 (Figura 3).



Figura 3. Distribuição do fosfato em área total, Onda Verde (SP), 2012.

No dia 26 de agosto de 2012, realizaram-se o preparo convencional e o cultivo preparo mínimo no experimento. Foram utilizados um subsolador e um arado: o subsolador da marca Santa Izabel[®] com 5 hastes e espaçamento entre haste de 0,45 m trabalhando a uma profundidade de 0,45 m (Figura 4A). O arado de quatro aivecas reversíveis trabalhando a uma profundidade também de 0,45 m (Figura 4B). No tratamento em que se utilizou o arado, foi realizada uma gradagem leve com intuito de uniformizar a área e diminuir os torrões trabalhando a uma profundidade

de 0,06 m. Para todas as atividades de preparo de solo, foi utilizado um único trator, John Deere® Modelo 6180 J com 180 cv (244,80 kW).



Figura 4. (A) - Subsolador utilizado no manejo de solo do experimento. / (B)- Arado utilizado no manejo de solo do experimento, Onda Verde (SP), 2012.

O resultado do manejo do solo pode ser observado na figura 5, no cultivo mínimo, notamos a presença da palhada da braquiária e pouco revolvimento do solo, diferentemente do preparo convencional que incorporou a palhada e pulverizou o solo.

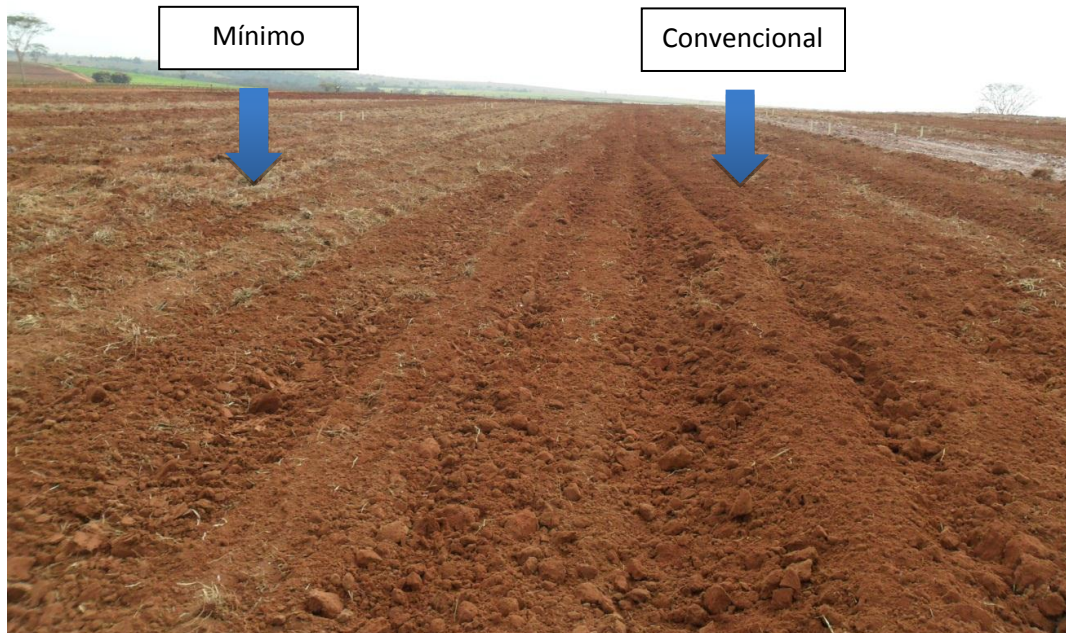


Figura 5. Resultado dos dois manejos de solo, Onda Verde (SP), 2012.

O plantio e aplicação dos tratamentos terciários (doses de fósforo no sulco), ocorreram no mesmo dia (23 de outubro de 2012). Primeiramente, o trator John Deere[®] modelo 6180 J, 4 x 2 TDA com potência máxima 180 cv (244,80 kw) acoplado com um sulcador duplo e uma adubadora da marca DMB[®], abriu os sulcos adubando com cloreto de potássio (180 kg ha^{-1} de K_2O) a uma profundidade de 0,4 m (Figura 6).



Figura 6. Sulcação e distribuição do cloreto de potássio, Onda Verde (SP), 2012.

Com os sulcos abertos, as doses de fósforo foram distribuídas manualmente (Figura 7), a fonte foi o MAP nas doses, 0; 180 e 360 kg ha⁻¹ de 09-50-00. Como o MAP leva nitrogênio junto, os tratamentos que não iriam fosfato poderia ser desfavorecido em relação aos outros. Com isso, foi definido que todos os tratamentos deviriam receber nitrogênio em quantidades iguais e a quantidade foi de 60 kg ha⁻¹. Na maior dose de fósforo no sulco, o MAP fornecia 36 kg de nitrogênio, então completou-se os outros 24 kg ha⁻¹ com nitrato de amônio (31-00-01) na dose de 77 kg ha⁻¹. Enquanto a menor dose de fosfato recebia 131 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio e no tratamento sem fosfato recebia 193 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio.



Figura 7. Distribuição das doses de fosforo e nitrogênio dentro dos sulcos, Onda Verde (SP), 2012.

Após a aplicação do tratamento ternário, uma equipe de plantio manual realizou a distribuição das mudas, utilizando 18 gemas m^{-1} e o trator da marca Massey-Ferguson[®] modelo 292 4 x 2 TDA 110 cv (149,60 kw), com o implemento da marca DMB[®], “cobridor e aplicador de inseticidas” fechou os sulcos a uma profundidade de 0,07 m, colocando 0,25 $kg\ ha^{-1}$ de Fipronil 800 (Regent 800 WG) para controle de cupins.

O Herbicida aplicado foi realizado em pré-total da cultura e plantas daninhas, com as doses de 1,6 $kg\ ha^{-1}$ Diuron 43% + Hexazinona 13,5% (Velpar K) + 1,8 $l\ ha^{-1}$ de Tebutiuron 50% (Combine 500) com volume de calda de 200 $l\ ha^{-1}$.

No dia 06 de Janeiro de 2013, foi aplicado 0,08 $l\ ha^{-1}$ Triflumurom 48% (Certero SC) para o controle de Broca (*Diatraea saccharalis*).

A colheita ocorreu no dia 12 de novembro de 2013 (12 meses após o plantio). Realizou-se uma colheita manual crua, sendo a pesagem feita com um dinamômetro acoplado na garra da carregadora de cana.

3.4 Indicadores de qualidade

3.4.1 Análise de solo

Foram coletados dois tipos de amostras composta de solos para fins de fertilidade: na linha para verificar o efeito da dose de P_2O_5 no sulco e na entrelinha para verificar o efeito do P_2O_5 em área total.

As camadas coletadas foram de 0-0,2 e 0,21-0,4 m e para cada amostra composta foram feitas 3 sub-amostras na diagonal da parcela com trado tipo holandês (Figura 8).



Figura 8. Local das sub-amostras na linha e entrelinha dentro da parcela, Onda Verde (SP), 2012.

3.4.2 Características tecnológicas

Após a colheita foram selecionados dez colmos de cada tratamento ao acaso. Foram submetidos ao desponte na altura da gema apical (ponto de quebra), assim sendo, os colmos foram encaminhados para o Laboratório da Usina Vale (Onda Verde Agrocomercial S/A) para serem processados segundo a metodologia

CONSECANA (2006), onde foram realizadas as seguintes determinações químico-tecnológicas: Brix, Pol, PC, Pza, Fibra, Ar e ATR.

3.4.3 Produtividade de colmos (TCH)

A avaliação da produção após a colheita dos colmos na área útil das parcelas, sendo esses valores convertidos para $t\ ha^{-1}$. Para auxiliar a pesagem foi utilizada uma carregadora de cana, onde foi acoplada uma célula de carga nas garras para serem feitas as pesagens dos colmos.

3.4.4 Produtividade de Açúcar (TAH)

Esse parâmetro foi obtido pelo produto do TCH com o ATR (açúcares totais recuperáveis), tendo como resultado toneladas de açúcar por hectare (TAH).

3.4.5 Exportação de nutrientes

Durante a análise tecnológica foi separado 0,5 kg de bolo úmido de cada parcela e enviado para um laboratório especializado para a realização da extração de nutrientes pelo método proposto por Malavolta et al.(1997) e a partir dos dados de extração multiplicar com o TCH.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Manejo do solo

Os resultados da análise das variâncias das amostras de solos que apresentaram diferenças estão exibidos na tabela 3. Interações entre manejo do solo e dose no sulco (no que se refere à variável fósforo amostrado na entrelinha de 0-0,2 m), assim com diferenças, no que se refere à variável pH e saturação de bases do solo foram observadas.

Tabela 3. Análise de variância do fósforo do solo amostrado na linha (PL) e entrelinha (PE), nas profundidades 0-0,2 m e 0,2-0,4 m, pH na entrelinha na profundidade de 0-0,2 m (pH) e a saturação de bases na profundidade 0-0,2 m (V).

Tratamentos	PL (mg dm ⁻³)	PL (mg dm ⁻³)	PE (mg dm ⁻³)	PE (mg dm ⁻³)	pH	V (%)
	(0-0,2)	(0,2-0,4)	(0-0,2)	(0,2-0,4)		
Teste F						
Manejo do solo (P)	0,24 ^{ns}	118,92 ^{**}	37,38 ^{**}	0,00 ^{ns}	14,16 ^{**}	8,65 ^{***}
Dose em área total (S)	1,19 ^{ns}	2,21 ^{ns}	6,75 [*]	8,38 ^{**}	2,22 ^{ns}	1,12 ^{ns}
Dose no sulco (T)	9,72 ^{**}	14,68 ^{**}	2,35 ^{ns}	1,21 ^{ns}	4,40 [*]	0,02 ^{ns}
P X S	0,85 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,34 ^{ns}
P X T	0,14 ^{ns}	0,61 ^{ns}	7,41 ^{**}	1,40 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,06 ^{ns}
S X T	0,21 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,46 ^{ns}	1,11 ^{ns}	4,08 ^{**}	2,08 ^{ns}
P X S X T	0,70 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,81 ^{ns}	0,51 ^{ns}	2,61 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Média Geral	17,27	14,57	13,03	8,14	4,58	527,34
CV (%) (P)	71,85	13,30	32,06	62,22	9,09	387,84
CV (%) (S)	34,33	63,99	46,64	45,58	4,73	196,18
CV (%) (T)	42,50	56,21	33,83	28,44	4,25	171,37

^{ns} Não significativo / * significativo a 0,01 / ** significativo a 0,05 / *** significativo a 0,1.

Analisando o efeito do preparo do solo sobre o pH, o fósforo e saturação por bases, observa-se que o preparo mínimo proporcionou superior correção superficial quando comparado ao preparo convencional, possivelmente devido à maior

concentração de fosfatos e os outros corretivos na camada superficial, enquanto que este efeito é reduzido no preparo convencional uma vez que esses agentes corretivos são distribuídos em um perfil maior de solo (Tabela 4).

O fato de o fósforo se concentrar na camada superficial após o cultivo mínimo é mencionado por Novais e Smyth (1999), dos quais indicaram que a distância linear média percorrida pelo fósforo é de $0,013 \text{ mm dia}^{-1}$. Quando considerado os meses mais chuvosos na região em que o estudo foi desenvolvido (novembro a abril), a distância máxima percorrida pelo fósforo foi de 0,23 cm.

Tabela 4. Efeito do cultivo mínimo e preparo convencional do solo sobre o pH, fósforo e saturação de bases. Onda Verde (SP), 2012.

Tipo de preparo de solo	pH				Fósforo				Saturação de bases			
	0 a 0,2 m		0,21 a 0,4 m		0 a 0,2 m		0,21 a 0,4 m		0 a 0,2 m		0,21 a 0,4 m	
	CaCl ₂				mg dm ⁻³				V%			
Mínimo	5,14	A	4,40	B	16,04	A	8,15	A	59,82	A	37,06	A
Convencional	4,85	A	4,77	A	10,02	B	8,13	A	45,64	B	42,59	A
DMS	0,38		0,23		2,32		2,81		11,35		10,42	
CV (%)	13,86		9,09		32,07		62,22		38,78		47,17	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 10% de significância pelo teste de Tukey.

O menor teor de fósforo observado nas duas camadas para o preparo convencional pode estar relacionado, além da diluição em um maior volume de solo, a sua adsorção aos coloides do solo. Segundo Rolim Neto et al. (2004), Silva et al. (2004) e Rocha et al. (2005), foram obtidas menores extrações de fósforo com o aumento do poder tampão de fosfatos do solo, evidenciando que solos com maior fixação apresentam menor extração pela resina de troca iônica, sendo o mesmo extrator utilizado no presente trabalho.

Segundo Resende et al. (2006), a aplicação a lanço do fósforo em área total e sua incorporação não foi a melhor opção de manejo, possivelmente pelo fato do contato do adubo com o maior volume de solo ocasionar a fixação do fósforo liberado antes que o nutriente pudesse ser absorvido pelas plantas.

Segundo Carneiro et al. (2011), a ausência da incorporação do fósforo ou no caso do estudo em questão, a incorporação com uma menor intensidade devido ao cultivo mínimo, pode interferir na dinâmica e disponibilidade do mesmo no solo e na resposta das culturas à adubação fosfatada, além de reduzir a erosão e propiciar maior teor de água (facilitando o mecanismo de difusão), diminuir o contato entre os colóides do solo e o íon fosfato, reduzindo a adsorção.

Assim, o manejo da adubação deve favorecer a absorção e diminuir os processos de fixação pelo solo e, conseqüentemente, aumentar o aproveitamento do fósforo pelas plantas (NOVAIS & SMYTH, 1999).

Quando analisados os efeitos causados pelo manejo do solo em relação a V% e pH, o preparo convencional mostrou superioridade em relação ao cultivo mínimo. A incorporação dos corretivos pelo preparo convencional proporcionou um pH superior na camada 0,21 - 0,4 m, evidenciando que ocorreu uma correção em subsuperfície. Freiria et al.(2008), verificou que a incorporação do calcário aumentou o V% e o pH até a camada 0,3 a 0,4 m.

Silveira & Stone (2003), mostraram que o tratamento com maior incorporação, o qual utilizou o arado de aiveca, proporcionou uma maior produtividade do milho e do trigo em relação ao plantio direto em um período de sete anos, mas ao passar dos anos essa diferença tendeu a diminuir.

Moraes (2011), trabalhando com preparo de solo, obteve o maior ganho de fertilidade para o solo quando ocorreu o preparo convencional.

Com exceção do fósforo, práticas que melhorem a presença de nutrientes ao longo do perfil explorado pelo sistema radicular devem ser realizadas.

O manejo do solo não diferiu significativamente para os parâmetros de produtividade, tecnológicos e exportação de nutrientes.

4.2 Doses e modos de aplicação de fósforo

O incremento das doses de fósforo em área total teve resposta positivamente linear ao teor de fósforo na camada superior do solo (0-0,2 m), uma vez que as doses de 100 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram positivamente diferentes do controle (0 kg

P₂O₅). No entanto, não foi constatada diferença em relação à dose 0 e 100 kg P₂O₅ na camada de 0,21-0,4 m, somente para a dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de fósforo de acordo com as doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹) na profundidade 0-0,2 m e 0,21-0,4 m, dose área em total em Onda Verde (SP), 2012.

Dose área total	P _{resina} mg dm ⁻³	
	0 - 0,2 m	0,21 - 0,4 m
200	15,25 A	10,42 A
100	14,52 A	7,96 B
0	9,33 B	6,04 B
DMS	3,97	2,43
CV (%)	46,65	45,58

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 10% de significância pelo teste de Tukey.

Quando analisados os teores de fósforo em relação à dose no sulco, observa-se que as doses de 90 e 180 kg ha⁻¹ P₂O₅ não se diferenciaram, sugerindo que a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi suficiente para elevar o teor no solo acima de 15 mg dm⁻³ (Tabela 6). Nesse caso, apenas a dose de 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sulco seria suficiente para obter a produtividade potencial de 90 a 100%, considerando a ausência de limitação de outros nutrientes, segundo classificação sugerida por Raij et al. (1996).

Tabela 6. Teores de fósforo de acordo com as doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$) na profundidade 0-0,2 m e 0,21-0,4 m, dose no sulco, Onda Verde (SP), 2012.

Dose Sulco	P_{resina}	
	$mg\ dm^{-3}$	
	0 - 0,2 m	0,21-0,4 m
180	21,80 A	19,19 A
90	17,56 A	17,27 A
0	12,47 B	7,26 B
DMS	4,49	5,01
CV (%)	42,50	56,21

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 10% de significância pelo teste de Tukey.

Em relação a análise tecnológica, o ATR, Brix, Pol e PC sofrem alterações devido a doses de fósforo (Tabelas 7 e 8). Nota-se que o aumento de fósforo em área total leva a uma perda de qualidade da matéria prima. Como o ATR é o parâmetro que determina o preço da matéria prima, destaca-se que maiores dosagens de fósforo em área total levam à perda de qualidade e financeira.

Tabela 7. Análise de variância dos parâmetros tecnológicos do colmo de cana-de-açúcar (BRIX, Pol, Pureza, AR, PC, Fibra e ATR).

Tratamentos	Brix	Pol	Pureza	AR	PC	Fibra	ATR
	%						$kg\ t^{-1}$
Teste F - Valor de F							
Preparo de solo (TP)	0,23 ns	0,36 ns	0,66 ns	0,46 ns	0,82 ns	4,80 ns	0,47 ns
Dose P_2O_5 em área total (TS)	12,14**	8,34 **	2,15 ns	2,00 ns	7,21 **	0,33 ns	8,58 **
Dose P_2O_5 no sulco (TT)	1,61 ns	1,63 ns	0,93 ns	0,72 ns	1,71 ns	9,64 **	2,11 ns
TP X TS	0,37 ns	0,09 ns	0,16 ns	0,17 ns	0,02 ns	2,30 ns	0,04 ns
TP X TT	0,69 ns	0,33 ns	1,03 ns	1,13 ns	0,56 ns	0,08 ns	0,26 ns
TS X TT	1,68 ns	0,31 ns	0,11 ns	0,11 ns	0,36 ns	0,64 ns	0,33 ns
TP X TS X TT	1,12 ns	0,17 ns	0,90 ns	0,23 ns	0,21 ns	1,40 ns	0,23 ns
Média Geral	18,42	14,18	76,5	0,87	12,02	11,46	124,09
CV (%) (P)	3,99	7,87	3,95	9,95	8,40	2,27	7,03
CV (%) (S)	4,61	8,44	5,96	15,46	8,87	3,52	7,42
CV (%) (T)	4,00	7,52	5,07	12,80	7,53	2,81	6,44

^{ns}Não significativo / * significativo a 0,01 / ** significativo a 0,05 / *** significativo a 0,1.

Tabela 8. Valores dos parâmetros tecnológicos com diferentes doses em área total, Onda Verde (SP), 2012.

Dose P ₂ O ₅ em área total	Brix	Pol	Pureza	AR	PC	Fibra	ATR
	%						kg t ⁻¹
0	18,79 A	14,51 A	77,22 A	0,85 A	12,37 A	11,41 A	127,36 A
100	18,74 A	14,50 A	77,37 A	0,84 A	12,35 A	11,46 A	127,18 A
200	17,72 B	13,29 B	74,93 A	0,91 A	11,35 B	11,51 A	117,73 B
DMS	0,55	0,78		0,09	0,70	0,26	6,02
CV (%)	4,61	8,44	5,96	15,46	8,87	3,52	7,42

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 10% de significância pelo teste de Tukey.

Martins (2004), Simões Neto (2008), Moura (2014), Simões Neto et al. (2012) e Moda (2015) não encontraram diferenças relacionadas a dose de fósforo com a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Teixeira (2014), por outro lado, concluiu que as variedades respondem de modo diferente à adubação fosfatada corretiva. Trabalhando com as doses de 150 e 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, o autor encontrou variedades que chamou de “rústicas”, com qualidade tecnológica superior na dose de 150 kg ha⁻¹. Nesse mesmo trabalho, variedades tiveram um comportamento indiferente à dose de fósforo, enquanto outras responderam de forma superior à dose de 300 kg ha⁻¹.

Os resultados obtidos por Teixeira (2014) podem explicar a redução da qualidade tecnológica na dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em área total, indicando a RB92579 como uma variedade rústica. Soriano (2007) e Oliveira et al. (2010), mostraram que a RB92579 e a RB867515 foram as mais eficientes na utilização de fósforo, sendo a RB867515 a atual referência rusticidade para o setor sucroenergético brasileiro.

O presente trabalho apresentou produtividade média de TCH de 136,08 (Tabela 9). Para um plantio de 12 meses (plantio de ano) que foi realizado no presente trabalho, não é comum obtenção de produtividades semelhantes. Essa alta produtividade, nessa modalidade de plantio, está relacionada a uma distribuição pluviométrica dentro da normalidade e a característica varietal. Oliveira et al. (2010),

trabalhando com onze variedades, notaram que a RB92579 foi a variedade mais produtiva.

Tabela 9. Análise de variância para os parâmetros de produtividade (TCH e TAH), Onda Verde (SP), 2012.

Tratamentos	TCH	TAH
	t ha ⁻¹	
Teste F - Valor de F		
Preparo de solo (TP)	0,12 ns	0,00 ns
Dose P ₂ O ₅ em área total (TS)	0,24 ns	3,46 ns
Dose P ₂ O ₅ no sulco (TT)	0,74 ns	0,55 ns
TP X TS	2,78 ns	0,88 ns
TP X TT	1,20 ns	0,60 ns
TS X TT	0,46 ns	0,84 ns
TP X TS X TT	2,25 ns	2,18 ns
Média Geral	136,08	16,89
CV (%) (P)	11,79	18,84
CV (%) (S)	7,88	12,04
CV (%) (T)	10,24	10,55

^{ns}Não significativo / * significativo a nível de probabilidade de 0,01 / ** significativo a nível de probabilidade de 0,05.

Tabela 10. Valores dos parâmetros de produtividade (TCH e TAH), Onda Verde (SP), 2012.

Tratamentos	TCH	TAH
	t ha ⁻¹	
Dose P₂O₅ em área total		
0	135,11 A	17,21 AB
100	137,24 A	17,43 A
200	135,88 A	16,00 B
DMS	7,01	1,33
CV (%)	7,88	12,04
Dose P₂O₅ no sulco		
0	133,29 A	16,70 A
90	137,12 A	17,20 A
180	137,83 A	16,77 A
DMS	8,53	1,09
CV (%)	10,24	10,55

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de 10% de significância pelo Teste de Tukey.

Simões Neto et al. (2012), concluíram que a produção de cana-de-açúcar aumenta em função da dose de fósforo aplicado, mas os maiores incrementos de TCH e tonelada de pol por hectare (TPH) ocorrem com as menores doses de fósforo, indicando limitação dos solos pela deficiência ou baixa disponibilidade deste nutriente.

O TCH não teve diferença em relação a dose e modo de aplicação do fósforo (Tabela 9 e 10). A menor exigência da variedade RB92579 ao fósforo e o fato do teor desse nutriente encontrado no tratamento sem adição de fósforo (9 mg dm^{-3}) não apresentar limitação para o desenvolvimento da planta explica a ausência de resposta. Os resultados desse trabalho assemelham aos resultados obtidos por Oliveira et al. (2010), o qual, observou que a variedade RB92579 estava entre as que menos extraiu o fósforo do solo (kg t^{-1} de colmo), mostrando que é uma variedade menos exigente a extração e muito eficiente na utilização do fósforo.

O fósforo causou diferenças na produção de açúcar por hectare entre os tratamentos. Observa-se que na dose de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 em área total pode trazer perdas em TAH (Tabela 9 e 10). Esse efeito está relacionado a queda causada na qualidade tecnológica e não pelo TCH como vimos anteriormente.

As variedades de cana-de-açúcar mostraram-se diferentes quanto à utilização dos nutrientes. Segundo Tarumoto (2016), sob fósforo em alta disponibilidade, a variedade RB867515 mostrou a menor eficiência para utilização. Os resultados do trabalho mostraram que a variedade RB867515 é mais eficiente em usar o fósforo em condições limitantes. Esse fato, nos ajuda a entender a maior dose em área total (200 kg ha^{-1} de P_2O_5), causando queda na qualidade tecnológica.

Albuquerque et al. (2016), obtiveram produção máxima TAH com a combinação de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 em área total e 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 no sulco de plantio, mas em seu trabalho, as maiores doses de fósforo combinadas, em área total e sulco, também resultaram em uma queda da TAH, corroborando com os resultados aqui obtidos. Calheiro et al. (2012), também encontraram os maiores ganhos de produtividade de colmos e açúcar nas doses intermediárias de 192,60 e $175,64 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 , respectivamente, para as variedades de cana-de-açúcar RB867515 e RB92579.

Caione et al. (2011), trabalhando com modos de aplicação e doses de fósforo, concluíram que elevadas doses em área total com elevadas doses no sulco de plantio não proporcionam aumentos expressivos de produtividades na cana-planta, e concluíram que é possível optar-se por doses de 143 a 170 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em uma única forma de aplicação. Ambas as formas de aplicação proporcionaram produtividades semelhantes.

Em relação a exportação de nutrientes, observa-se que com o aumento das doses em área total, ocorreu uma maior exportação de nitrogênio pela planta, sendo que o mesmo não foi observado com o aumento das doses no sulco. Analisando o fósforo, observa-se que as médias aumentam com a dose em área total, mas não apresentam diferença significativa (10%), com exceção do potássio que apresentou diferença com as doses em área total. (Tabela 11 e 12).

Tabela 11. Análise de variância para Exportação de nutrientes, Onda Verde (SP), 2012.

Tratamentos	N exportado (kg t ⁻¹)	K exportado (kg t ⁻¹)
Teste F - Valor de F		
Preparo de solo (TP)	0,83 ns	0,58 ns
Dose P ₂ O ₅ em área total (TS)	4,24 **	3,38 ***
Dose P ₂ O ₅ no sulco (TT)	1,77 ns	0,41 ns
TP X TS	0,90 ns	3,03 ns
TP X TT	0,22 ns	0,37 ns
TS X TT	0,83 ns	1,20 ns
TP X TS X TT	1,79 ns	1,07 ns
Média Geral	232,92	145,67
CV (%) (P)	4,71	34,35
CV (%) (S)	37,74	37,19
CV (%) (T)	20,51	34,48

^{ns}Não significativo / * significativo a 0,01 / ** significativo a 0,05 / *** significativo a 0,1.

Tabela 12. Exportação (kg ha⁻¹) de macronutriente de acordo com dose de fosfatagem, Onda Verde (SP), 2012.

P₂O₅ aplicado em Área total	kg ha⁻¹											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
0	195,84	B	15,31	A	122,37	B	90,84	A	19,43	A	47,00	A
100	233,24	AB	16,71	A	159,80	A	95,80	A	19,10	A	44,78	A
200	269,70	A	17,73	A	154,85	AB	102,15	A	20,20	A	47,70	A
DMS	57,5		2,49		53,24		12,46		3,13		3,59	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, ao nível de significância de 10% pelo teste de Tukey.

Segundo Taiz & Zeiger (2004) e Mahadevaiah et al. (2007), o fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido. Nota-se no presente trabalho que com o aumento das doses em área total aumentou a exportação de nitrogênio.

Oliveira et. al. (2010), analisando a extração e exportação de cada nutriente em função das diferentes variedades, constataram que a RB92579 destaca como uma das variedades que mais exportam nitrogênio e que mesmo com alta produtividade essa variedade mostrou-se entre as que menos extraíram e exportaram o fósforo e o potássio. Analisando os dados, pode-se explicar o fato de médias não apresentarem diferenças para o fósforo e só apresentarem diferenças ao potássio na dose 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

5 CONCLUSÃO

O manejo do solo com cultivo mínimo em relação ao preparo convencional mostrou-se viável para implantação do canavial independentemente da adubação fosfatada.

A adubação toda no sulco se mostrou mais eficiente em elevar o teor do fósforo no solo, sendo necessárias doses superiores a lanço para elevar o teor.

O cultivo mínimo proporcionou uma maior concentração dos corretivos na camada de 0-0,2 m enquanto o preparo convencional distribuiu esses corretivos nas duas camadas (0-0,4 m).

A dose em área total de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 resultou na perda de qualidade tecnológica da matéria prima e não proporcionou aumentos significativos na produção de colmos (TCH), resultando na diminuição de produtividade de açúcar (TAH).

A aplicação de fósforo em área total proporcionou a maior exportação do nitrogênio e do potássio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL. **Agrianual 2015**. São Paulo: Informa Economics, 2015.

ALBUQUERQUE, A. W.; SÁ, L. A.; RODRIGUES, A. B. M.; OLIVEIRA FILHO, M. S. Growth and yield of sugarcane as a function of phosphorus doses and forms of application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.1, p.29-35, 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p. 711-728, 2014.

AQUINO, S. S. **Atributos microbiológicos em sistemas de manejos do solo na integração lavoura-pecuária**. 2007. 76 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. **AgroEstat-Sistema para análises de ensaios agrônômicos**, versão 1.0, 2010.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.136-142, 2008.

BRUNINI, A. C. Ambientes climáticos e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. S.; 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 Agro-Ambientais**, v.9, n.1, p.1-11, 2011.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.; SANTIAGO, A. D.; ARISTIDES, E. V. S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.809-818, 2012.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP, 1997. 132p.

Campinas: IAC, 1998. 393 p. (Boletim Técnico 200).

CARMARGO, 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**. IAC, Campinas. 2009. 77p.

CARNEIRO, F. L.; RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, E.; SANTOS, J. Z. L.; CURTI, N.; REIS, T. T. H. P.; VALLE, L. A. R. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um latossolo com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de ciências do solo**, v.35, p.483-491, 2011.

CASAGRANDE, S. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da Cana-de-açúcar**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 141 p.

CESAR, M. A. A.; SILVA, F. C. **A cana-de-açúcar de açúcar como matéria prima** CLEMENTS, H.F. **Sugarcane, crop logging and control: principles and practices**. London: Pitman publishing, 1980. 520p.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar**. Quarto levantamento – 04/2016. Brasília: Conab, 2016. 18-16p.

Conselho dos produtores de cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo – CONSECANA (2006) **Manual de Instruções**. 5 ed. Piracicaba-SP, Consecana-SP. 112p.

COSTA, M.C.G. **Distribuição e crescimento radicular em soqueiras de cana-de-açúcar: dois cultivares em solos com características distintas**. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DEMATTE, J. L. I. **Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Visão agrícola, v. 1, p. 48-59, 2004.

DEMATTE, J. L. L. **Manejo e conservação de solos na cultura da cana**. Visão Agrícola, n. 1, p. 1-10, 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 306p.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005. p.: il. - Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. P.9, 2005.

FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P. **Cana-de-açúcar**. 6 ed. FREIRIA, A.C.; MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M.P.; YAGI, R. Alterações em Atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 2, p. 285-291, Campina Grande, 2008.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do manejo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

GAMERO, C. A.; SIQUEIRA, R. LEVIEN, R.; SILVA, S. L. Decomposição da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) manejada com rolo-faca e triturador de palhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. CD ROM.

GATIBONE, L. C., **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.** UFSM. Santa Maria, RS. P 6-9. 2003.

GOERDERT, W. J.; SOUZA, E. Eficiência de fertilizantes fosfatados. In: SIMPOSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. P. 255-289.

GRANT, C. A., FLATEN, D. N., TOMASIEWICZ, D. J., SHEPPARD, S. C. A importância do fósforo no desenvolvimento da planta. **Informações agrônômicas Nº 95.** Setembro de 2011. Pg 1. 2011.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant Soil**, Dordrecht, v.237, n.2,p.173-195, 2001.

JENNY, H. Reflections on the soil acidity merry-go-round. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.25, n.5, p. 428-432, 1961.

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.290-360.

MAHADEVAIAH, M. S.; KUMAR, Y.; GALIL, M. S. A.; SURESHA, M. S.; SATHISH, M. A.; NAGENDRAPPA, G. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **E-Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres. 1980, 251 p.

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba, Potafós, 1997. 308p.

MARTINS, N.G.S. M. **Os fosfatos na cana-de-açúcar.** 2004, 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. **Efeito Residual da Adubação Fosfatada para a Cultura do Arroz em Solo de Cerrado.** Comunicado Técnico 87. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Planaltina, DF, 2003.

MIRANDA, L. L. D; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A(Ed.). **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 205-218.

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 Agronomia – Ciência do solo)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

MORAES, E. R. **Atributos químicos do solo e teor foliar de nutrientes em cana-de-açúcar sob diferentes formas de preparo de solo em área de reforma e expansão no cerrado.** Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Programa de pós-graduação em Agronomia, 2011.

MOURA, A. B. **Produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar sob diferentes fontes e doses de fósforo.** 2014. 76 f. Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2014.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. **Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.3, p.525- 528, 2004.

OLIVEIRA, E. C. A. DE.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I. DE; FREIRE, M. B. G. S. DOS.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1343-1352, 2010.

PLANALSUCAR. **Cultura da cana-de-açúcar:** manual de orientação. Piracicaba.

PRADO, R. de M. Efeito residual do calcário sob diferentes modos de incorporação antes da instalação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 478-482, 2003.

PRADO, R. de M.; NATALE, W. Uso da grade aradora superpesada, pesada e arado de discos na incorporação de calcário em profundidade e na produção de milho. **Revista Engenharia Agrícola.**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p.167-176, 2004.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba. Ed. Ceres. 1991. 343 p.

Raij, B. VAN; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BeLLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendações de adubações e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285p. Boletim Técnico, 100.

RAIJ, B.VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, 2001. 284p.

RAMOS, R. C.; NACHILUK, K. **Diagnóstico do Setor Sucroenergético em 2014.** Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=13797>>. Acesso em: 24 julho 2016.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; SILVEIRA, P. M; STONE, L. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 453-466, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDE, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**, p. 82- 90. 2ª ed. Piracicaba: T.C.C. Ripoli, 2007.

ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.178-184, 2005.

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. R.; COSTA, L. M; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba-MG. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 28, p.953-964, 2004.

SANCHES, P. A.; SALINAS, J. C. Low input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279- 406, 1981.

SANCHEZ, P.A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E. et al. (Ed.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: ASA, 1980. p.471- 514.

SILVA, E. M. B.; FREIRE, F. J.; SANTOS, M. V. F.; SILVA, T. J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v.28, p.281-288, 2004.

SILVEIRA, P. M; STONE, L. Sistema de preparo do solo e rotação de cultura na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p240-2444, 2003.

SIMÕES NETO, D E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do Estado de Pernambuco**. Dissertação de Doutorado – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008.106p.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; ROCHA, A. T.; FREIRE, F.J; FREIRE, M. B.G.S.; NASCIMENTO, C. W.A. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, V.16, p.347-354, 2012.

SORIANO, H. L. **Extração e eficiência na utilização de macro e micro nutrientes por variedade RB de cana-de-açúcar**. 22p, 2007. Monografia – (Graduação). Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

STONE, L. F. ; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de preparo do solo no uso da água e na

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.
- TARUMOTO, M. B. **Eficiência de uso de fósforo por dois genótipos de cana-de-açúcar cultivados em solução nutritiva**. Dissertação de Mestrado – Unesp/Botucatu 2016.
- TEIXEIRA, E. B. **Adubação corretiva de fósforo sobre o desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas em ambiente restritivo de cerrado**. Dissertação de Mestrado – Unesp/Ilha Solteira 2014.
- TOMAZ, H. V. Q., **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. . Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agrcultura Luiz de Queiroz, 2009. 93p.
- Vasconcelos, A. C. M. de. In: Ripoli, T. C. C.; Ripoli, M. L. C.; Casagrande, D. V.; Ide, B.Y. **Plantio de cana-de-açúcar: Estado da arte**. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2007. Cap. 6, p.82-89.
- VITTI, G.C; MAZZA, J.A; **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16p.
- WALKER, T. W.; SYERS, J. K. The fate of phosphorus during pedogenesis. **Geoderma**, Netherlands, v 15, p. 01-19, 1976.
- ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.; FWEWIRA, D. J.; CARVALHO, G. P. Potencialidade da integração lavoura - pecuária: relação planta-animal. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 7, n. 1, 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>> . Acesso em: 26 out. 2015.