

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MARINA MUNHOZ ROSATO FERREIRA**

**ADUBAÇÃO FOSFATADA EM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR  
CULTIVADAS EM AMBIENTE RESTRITIVO DE CERRADO**

Ilha Solteira

2015

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MARINA MUNHOZ ROSATO FERREIRA**

**Adubação Fosfatada em Variedades de Cana-de-açúcar  
Cultivadas em Ambiente Restritivo de Cerrado**

Prof. Dr. Antonio Cesar Bolonhezi  
**Orientador**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia -  
UNESP – Câmpus de Ilha Solteira, para  
obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

Ilha Solteira

2015

FICHA CATALOGRÁFICA  
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F383a Ferreira, Marina Munhoz Rosato.  
Adubação fosfatada em variedades de cana-de-açúcar cultivadas em ambiente restritivo de cerrado / Marina Munhoz Rosato Ferreira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2015  
55 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2015

Orientador: Antonio Cesar Bolonhezi  
Inclui bibliografia

1. Saccharum Spp. 2. Doses de fósforo. 3. Cana-Planta. 4. Manejo.  
5. Qualidade tecnológica.



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Adubação fosfatada em variedades de cana-de-açúcar cultivadas em ambiente restritivo de Cerrado

**AUTORA:** MARINA MUNHOZ ROSATO FERREIRA

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. ANTONIO CESAR BOLONHEZI

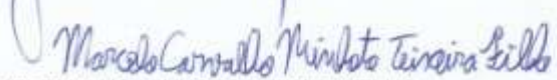
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA ,  
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ANTONIO CESAR BOLONHEZI  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. FRANCISCO MAXIMINO FERNANDES  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dr. MARCELO CARVALHO MINHOTO TEIXEIRA FILHO  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira



Prof. Dra. ROSALINA MARIA ALVES RAPASSI  
Perplan - Pereira Barreto Planejamento Ltda



Prof. Dr. RONALDO CINTRA LIMA  
Coordenadoria de Curso de Engenharia Agrônômica / Câmpus Experimental de Dracena

Data da realização: 10 de setembro de 2015.

## **DEDICO e OFEREÇO**

Ao meu marido Luiz Henrique pelo amor, atenção e compreensão e a nossa filha Gabriela que está por chegar e que certamente mudará nossas vidas, deixando-a cheia de emoções, alegria e simplicidade.

## **AGRADECIMENTOS**

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

A UNESP Câmpus de Ilha Solteira/SP e a Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Sistemas de Produção”, pela oportunidade concedida para a realização deste curso de Pós-Graduação.

Ao meu querido orientador Professor Dr. Antonio Cesar Bolonhezi, pela orientação, amizade, respeito, ensinamentos, paciência e total apoio para concretização do trabalho.

Ao convênio entre a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, FEPISA e a Usina Alcoolvale S/A – Aparecida do Taboado/MS pela concessão da bolsa de estudos e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos meus pais, sogros e a meu irmão, pelo incentivo e apoio.

Ao Engenheiro Agrônomo e supervisor agrícola da Usina Alcoolvale S/A Edson Belisário Teixeira e sua equipe de desenvolvimento agrônômico Cleiton, Rodolfo, José Borges, Valdeir, Vander, Diego, João Paulo, Ronaldo, Hudson e Sidmar, pela amizade, ensinamentos e auxílio na condução no trabalho no campo.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP pelos ensinamentos e contribuição à minha formação profissional.

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

A 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, o meu muito obrigado.

## RESUMO

O fósforo é o nutriente que mais limita a produção de cana-de-açúcar cultivada em solos da região de cerrado em ambientes de produção denominados restritivos e o elenco varietal é limitado a essas regiões. A importância do manejo e da adubação fosfatada à cultura da cana-de-açúcar está em termos de produtividade, qualidade tecnológica e longevidade do canavial. Com o objetivo de avaliar o desempenho de variedades precoces de cana-de-açúcar a doses de fósforo, aplicados no sulco de plantio, em solo da região de cerrado e em ambiente de produção “D”, foi realizado este experimento, safra 2014/15, na Fazenda São José, em área administrada pela Usina Alcoolvale S/A, localizada no município de Aparecida do Taboado (MS), em Latossolo Vermelho álico de textura argilosa. O experimento foi em blocos casualizados com 16 tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x4 e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de variedades de cana-de-açúcar (CTC 1, CTC 9001, RB835054 e RB965902) e doses de fósforo (0, 150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), utilizando como fonte o superfosfato triplo, aplicado no sulco de plantio da cana planta. As parcelas foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas de 1,5 m por 10,0 m de comprimento. Foram avaliados: número de perfilhos por metro aos 27, 61, 119, 181 e 265 DAP (dias após plantio), índice de área foliar aos 207 e 362 DAP, teores de nutrientes foliares, características biométricas, produtividade de colmos e agroindustrial e análises tecnológicas. A variedade RB965902 apresentou os menores valores das características que compõem a qualidade da matéria-prima. As doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio, proporcionam aumento linear no índice de área foliar, nos teores foliares de N, P e Mg, porém não influenciam as características agrônômicas, produtividade de colmos e agroindustrial. Houve influencia da interação variedades x doses de fósforo no teor de P e Mg foliar e Pol%caldo e Pol%cana (PC). As variedades RB965902, CTC 1 e CTC 9001 se mostraram responsivas para essas variáveis com o aumento das doses de fósforo.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp.. Doses de fósforo. Cana-planta. Manejo. Qualidade tecnológica.

## ABSTRACT

The phosphorus is the nutrient that most limits the production of sugarcane grown in the cerrado region of soil in production environments called restrictive and the varietal cast is limited to these regions. The importance of management and phosphate fertilizer for the cultivation of sugarcane is in terms of productivity, technological quality and longevity of the plantation. With the objective to evaluate the performance of early varieties of sugarcane to four doses of phosphorus fertilizers, applied in the planting furrow, in cerrado soil and in environments of production "D", was conducted this experiment, crop 2014/15, at Sao Jose Farm, area administered by Usina Alcoolvale S/A, located in Aparecida do Taboado, state Mato Grosso do Sul, Brazil, in a Red Latosol. The experiment was a randomized blocks design was used in a factorial scheme 4x4 with 16 treatments consisting by four sugarcane varieties (CTC 1, CTC 9001, RB835054 and RB965902) and four doses of phosphorus fertilizers (0, 150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) applied in the planting furrow, in four replications. Using the source of triple superphosphate. The experimental plots were constituted of five rows sugarcane with spacing of 1.5 m in-between rows by 10 m long. The variables evaluated were: tillering to 27, 61, 119, 181 and 265 DAP (days after planting) and leaf area index to 207 and 362 DAP, nutrients leaves concentrations, biometrics characteristics, stalk yield and agroindustrial production and technological analyses. The variety RB965902 had the lowest values of the characteristics that make the quality of the raw material. The doses of phosphorus fertilizers applied in the planting furrow provided linear increase in leaf area index, in foliar contents of N, P and Mg, but not affect the agronomic characteristics, stalk yield and agroindustrial production and technological quality of the sugarcane. Occurs influences the interaction varieties x doses of phosphorus fertilizers the foliar contents of P and Mg, Pol%broth and Pol%sugarcane. The varieties RB965902, CTC 1 and CTC 9001 are responsive to these variables with the increase of doses of phosphorus.

**Keywords:** *Saccharum* spp.. Doses of phosphorus fertilizers. Cane plant. Management. Technological quality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Precipitação pluvial mensal da área experimental durante a condução do experimento. Aparecida do Taboado (MS), 2014 e 2015. _____	21
Figura 2- Número de perfilhos da cana-de-açúcar (cana-planta) por metro em função das doses de fósforo, aos 119 DAP. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	30
Figura 3- Índice de área foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo, aos 207 DAP. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	30
Figura 4- Índice de área foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo, aos 362 DAP. Aparecida do taboado – ms, 2014/2015. _____	31
Figura 5- Teor de nitrogênio foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	34
Figura 6- Teor de fósforo foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	34
Figura 7- Teor de magnésio foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	35
Figura 8- Teor de fósforo foliar da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	36
Figura 9- Teor de fósforo foliar da variedade CTC 1 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	36
Figura 10- Teor de fósforo foliar da variedade CTC 9001 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	37
Figura 11- Teor de magnésio foliar da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	38
Figura 12- Pol%caldo da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	44
Figura 13- Pol%cana da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. _____	45
Figura 14- Plantio da cana-de-açúcar na área experimental no dia 17.04.2014. Aparecida do Taboado (MS), 2014. _____	54
Figura 15- Cobrição dos sulcos de plantio da área experimental. Aparecida do Taboado (MS), 2014. _____	54
Figura 16- Cana-de-açúcar aos 61 dias após plantio com detalhe de um dos carregadores da área experimental. Aparecida do Taboado (MS), 2014. _____	55

- Figura 17- Colheita da cana-de-açúcar realizada no dia 14/04/2015, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015. \_\_\_\_\_ 55
- Figura 18- Obtenção da massa dos 45 colmos, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015. \_\_\_\_\_ 56
- Figura 19- Feixes de amostras identificadas para serem enviadas ao laboratório de PCTS da usina para determinação das análises tecnológicas, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015. \_\_\_\_\_ 56
- Figura 20- Detalhe de uma das parcelas da área experimental tombadas pelo vento, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015. \_\_\_\_\_ 57

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Resultado na análise química do solo, amostrado antes da instalação do experimento. Aparecida do Taboado (MS), 2014. \_\_\_\_\_ 21
- Tabela 2- Número de perfislos/colmos por metro e Índice de área foliar (IAF) de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 29
- Tabela 3- Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015. \_\_\_ 33
- Tabela 4- Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao teor de fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ ) foliar da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 35
- Tabela 5- Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao teor de magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ ) foliar da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 37
- Tabela 6- Características biométricas de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015. \_\_\_ 39
- Tabela 7- Produtividade de colmos (TCH) e Produtividade agroindustrial (TPH) de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 41
- Tabela 8- Brix%caldo, Pol%caldo, Pureza (%), AR%caldo, PC (Pol%cana), AR%cana, Fibra%cana) e ATR ( $\text{kg de açúcar t}^{-1}$  de cana) de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 43
- Tabela 9- Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao Pol%caldo da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 44
- Tabela 10- Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao Pol%cana da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015. \_\_\_\_\_ 45

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	12
2.1	FÓSFORO NOS SOLOS DA REGIÃO DE CERRADO	12
2.2	ADUBAÇÃO FOSFATADA EM CANA-DE-AÇÚCAR	14
2.3	MANEJO VARIETAL	18
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	20
3.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	20
3.2	ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	21
3.3	PREPARO DO SOLO	22
3.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	22
3.5	VARIETADES	22
3.6	INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	23
3.7	AVALIAÇÕES REALIZADAS	24
3.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	27
4.1	NÚMERO DE PERFILHOS POR METRO E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	27
4.2	TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES	31
4.3	CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS	38
4.4	PRODUTIVIDADE DE COLMOS E PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL	39
4.5	CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS	42
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	46
	<b>REFERÊNCIAS</b>	47
	<b>APÊNDICE – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL</b>	53

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) destaca-se como uma das culturas mais importantes do país, sendo o Brasil o maior produtor mundial. Na safra 2015/16 a cultura continuará em expansão, e a previsão da Companhia Nacional de Abastecimento- CONAB (2015) é de 0,7% (em área) e 3,1% (em produção) de acréscimo em relação à safra anterior 2014/15. A área cultivada será de aproximadamente 9,07 milhões de hectares, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor com 51,7% da área plantada, seguido por Goiás com 9,8%, Minas Gerais com 8,9%, Mato Grosso do Sul com 7,5%, Paraná com 6,8%, Alagoas com 4,3% e Pernambuco com 3%. A produção de cana-de-açúcar moída para a região centro-sul foi estimada em 592,7 milhões de toneladas e produtividade média de 73,94 t ha<sup>-1</sup>.

Com as novas áreas de ocupação e o processo produtivo de cana-de-açúcar em solos da região de cerrado, antes ocupados por pastagens, muitas delas degradadas, cujos solos predominantemente são de baixa fertilidade, nesses ambientes de produção denominados restritivos são necessários à adoção de tecnologias para a melhoria das condições químicas do solo e variedades adaptadas para viabilizar e possibilitar a maior longevidade dos canaviais.

O fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade e longevidade dos canaviais nessas regiões, por apresentar-se em formas pouco disponíveis para as plantas e pelo alto potencial de adsorção do solo. A importância da adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar está em termos de produtividade, qualidade tecnológica e longevidade do canavial. Apesar de ser exigido em menores quantidades pela cana-de-açúcar que o nitrogênio e o potássio, têm-se aplicado quantidades elevadas de fósforo para suprir suas necessidades. Deste modo, é importante atentar-se em como aplicar, qual fonte utilizar, quantidades necessárias, localização de nutrientes, de modo a favorecer o desenvolvimento do sistema radicular dos diversos ciclos produtivos.

O fósforo, de acordo com Meyer e Wood (2001), desempenha papel importante na fotossíntese, no desenvolvimento radicular, no perfilhamento e na qualidade do caldo da cana-de-açúcar para a usina.

Sabe-se que nos ciclo das socas, raramente as adubações com fósforo resultam em aumentos na produtividade de colmos. Desta forma, a aplicação da dose adequada de fósforo em cana-planta é importante para o estabelecimento de uma boa população de colmos e contribui para a obtenção de soqueiras mais vigorosas.

O elenco de variedades disponíveis para esses ambientes de cerrado, especialmente de baixa altitude, é pequeno e com materiais pobres em sacarose. Desse modo, os programas de melhoramento genético tem a preocupação em buscar genótipos mais modernos e que apresentem boa adaptação nessas condições mais restritivas, com atenção para híbridos com menor sensibilidade ao florescimento, adaptadas a mecanização de plantio e colheita, boa tolerância a déficits hídricos e se possível, mais ricas em sacarose.

Avaliar o desempenho agrotecnológico de novas variedades associadas a uma melhor nutrição da planta pode ser uma alternativa viável técnica e econômica que pode contribuir para a sustentabilidade do setor canavieiro nestes ambientes.

Em pesquisa realizada em Latossolo Vermelho álico de cerrado – ambiente de produção “D”, Teixeira (2014) mencionou que a fosfatagem proporcionou incremento na porcentagem de sacarose nas variedades de maturação precoce de cana-de-açúcar e que as variedades respondem de modo diferente à adubação fosfatada corretiva, portanto deve ser considerada no planejamento varietal.

O fósforo pode ser uma alternativa técnica para a obtenção de maiores produtividades e maiores teores de sacarose nestes ambientes restritivos. Portanto, o presente estudo, teve como objetivo avaliar o desempenho de variedades precoces de cana-de-açúcar a doses de fósforo, aplicados no sulco de plantio, em um solo da região de cerrado - ambiente de produção “D”.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 FÓSFORO NOS SOLOS DA REGIÃO DE CERRADO

A área sob vegetação de cerrado no Brasil Central ocupa, aproximadamente, 2 milhões de quilômetros quadrados ou 23% da área total do país. A maioria dos solos desta região constitui-se de Latossolos altamente intemperizados e Argissolos, com sérias limitações à produção de alimentos, no que diz respeito à baixa fertilidade natural do solo. São solos ácidos que apresentam baixa disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu). Possuem ainda alta saturação por alumínio (m%) bem como alta capacidade de fixação de fósforo (LOPES; GUILHERME, 1994).

Os solos da região de cerrado no geral apresentam, elevada capacidade de fixação de fósforo, deficiência de nutrientes, baixo valor de pH e elevado grau de saturação por alumínio; a fração argila é composta, principalmente, por caulinita, gibsita e óxidos de ferro (LOPES; COX, 1977).

Os teores totais de fósforo nos solos da região de cerrado variam de 50 a 350 mg dm<sup>-3</sup> (GOEDERT; SOUSA; LOBATO, 1986), a fração disponível para absorção pelas plantas é muito pequena, de forma que a baixa disponibilidade natural de fósforo constitui-se numa das maiores limitações à agricultura na região de cerrado (LOPES, 1983).

Com isto existe a necessidade constante da reposição deste nutriente, devido sua importância e baixa escassez, bem como sua baixa mobilidade no solo, por isso, a maior parte do fósforo que entra em contato com a raiz ocorre pelo mecanismo de difusão (MOURA, 2014; COSTA et al., 2006). A difusão é o principal meio de transporte de fósforo no solo, podendo ser influenciada por alguns fatores como, interação com colóides da fração argila do solo, seu teor, volume de água e distância entre o fósforo e a raiz (BASTOS et al., 2008).

Nos solos da região de cerrado, quando o fósforo, oriundo dos fertilizantes, é liberado na solução do solo tende a precipitar-se com o alumínio (Al), ferro (Fe) ou cálcio (Ca) ou, ainda, pode ser adsorvido à superfície de partículas de argila e dos óxidos de Fe e Al. Essas reações correspondem ao processo de fixação do fósforo no solo. Como consequência da fixação, o fósforo passa a fazer parte de compostos de baixa solubilidade, ficando menos disponível para

a absorção vegetal. Normalmente, essa indisponibilização é tão mais intensa quanto mais intemperizado, ácido, argiloso e oxidico for o solo (RESENDE; FURTINI NETO, 2007).

O processo de adsorção consiste na passagem do P lábil para não lábil, considerado indisponível às plantas (CAMARGO et al., 2010).

Dentre os fatores que afetam a disponibilidade de fósforo no solo estão pH, tipo e quantidade de minerais no solo e o teor de matéria orgânica.

A calagem, por exemplo, pode reduzir a adsorção de fósforo na maioria dos solos, tornando, cada vez mais negativa a carga do plano de adsorção e elevando a repulsão por fosfato. Assim, ocorre redução da adsorção e aumento da disponibilidade de fósforo nativo do solo e proveniente dos fertilizantes fosfatados solúveis com o uso de calcário (HAYNES, 1984).

Em solos da região de cerrado e nas áreas de expansão das regiões canavieiras, geralmente são recomendadas doses acima de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  no sulco de plantio, dependendo da análise de solo e da produtividade esperada. Já para o Estado de São Paulo vários ensaios com cana-planta mostraram que o maior incremento da produção ocorreu com doses de até  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , e que a dose econômica provavelmente estaria entre  $80$  e  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (ZAMBELLO JÚNIOR; AZEREDO, 1983).

Os três tipos de fósforo no solo são: P lábil, não-lábil e em solução. O fósforo lábil é aquele que se encontra em equilíbrio com o fósforo em solução do solo e que pode ser avaliado com o uso de extratores. O P-lábil pode ser encontrado ligado ao alumínio, ferro e cálcio, adsorvido a argilas silicatadas do tipo 1:1, adsorvido à matéria orgânica do solo através de pontes de cátions e, principalmente, adsorvido a oxihidróxidos de ferro e alumínio (PARFITT, 1978). Não-lábil é aquele que se encontra em compostos mineralogicamente estáveis. Cada tipo de precipitado e composto de P tem sua capacidade de fixação e liberação de P como nutriente para as plantas na solução do solo. O fósforo em solução é aquele que está prontamente disponível para a absorção das plantas (MOURA, 2014; RAIJ, 2004; GATIBONI, 2003).

As plantas absorvem o fósforo principalmente na forma iônica ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), por meio da solução do solo, onde existem baixas quantidades do nutriente. Existe um equilíbrio químico entre as formas de fósforo em solução e fracamente adsorvido (P lábil). Assim que o fósforo é retirado da solução ocorre à reposição, de forma a manter o equilíbrio. Com o passar do tempo, formas mais estáveis de fósforo são formadas, aumentando o reservatório de P não-lábil (RAIJ, 1991).

## 2.2 ADUBAÇÃO FOSFATADA EM CANA-DE-AÇÚCAR

O fósforo, entre os nutrientes essenciais às plantas, exerce função relevante no metabolismo, apresentando grande importância no armazenamento e na transferência de energia e ainda atua como componente dos ácidos nucleicos, fitina e fosfolípidios (EPSTEIN; BLOOM, 2006). E também, é o elemento que mais limita a produtividade da maioria das culturas nos solos fortemente intemperizados (TIESSEN; MOIR, 1993), pela baixa disponibilidade e pelo processo de fixação pela presença de óxidos de Fe e Al.

Taiz e Zeiger (2004) observam ainda, que o fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido o qual se une às cadeias carbonadas, incrementando, assim, a formação de novos tecidos, conseqüentemente, elevando o índice de área foliar e a longevidade das folhas fotossinteticamente ativas, as quais sob condições ambientais favoráveis elevam a eficiência do uso da radiação solar, aumentando, portanto, o acúmulo de fitomassa.

O fósforo em cana-de-açúcar desempenha função-chave no metabolismo, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração, fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose (KORNDÖRFER, 2004).

Os sintomas típicos da deficiência de fósforo em cana-de-açúcar são o baixo crescimento e bordas das folhas mais velhas com coloração roxa (ROSSETTO; DIAS, 2005).

A adubação fosfatada desempenha papel importante na fotossíntese, no desenvolvimento radicular, no perfilhamento e na qualidade do caldo da cana-de-açúcar para a usina (MEYER; WOOD, 2001).

Simões Neto et al. (2009) observaram que, a adubação fosfatada também é de grande importância na qualidade da cana-de-açúcar, influenciando a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana (pol%) e pureza de caldo.

Santos et al. (2011) verificaram que o fósforo aplicado no sulco de plantio melhora a qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar (RB867515), por meio do aumento nos teores de sólidos solúveis, de açúcares redutores totais e de sacarose nos colmos; o fósforo aumenta a produtividade de açúcar.

Segundo Mahadevaiah et al. (2007), a deficiência de fósforo é problemática pois reduz a absorção de nitrogênio e dificulta a clarificação do caldo durante a fabricação do açúcar, elevando o custo de fabricação em virtude da necessidade de adição de fosfatos solúveis para atingir o teor ideal de  $P_2O_5$ , fundamental para uma clarificação eficiente.

Rodella e Martins (1988) observam ainda, que o fósforo raramente apresenta efeito quando aplicado em soqueiras. Desta forma, a aplicação da dose adequada de fósforo em cana-planta é da maior importância para o estabelecimento de uma adequada população de colmos, o que contribui para a obtenção de soqueiras em melhores condições de produtividade.

Assim como para Rossetto e Dias (2005), demonstraram que há uma maior resposta ao fósforo quando aplicado em dose completa no fundo do sulco de plantio, não necessitando de uma nova adubação fosfatada posteriormente nas soqueiras. Porém, é possível que haja resposta da adubação em soqueiras em alguns solos com teor muito baixo de fósforo.

Korndörfer, Faria e Martins (1998) estudando doses de fósforo (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) em solo de cerrado com a variedade de cana-de-açúcar RB72-454, observaram que, o efeito da adubação fosfatada aplicada no sulco de plantio sobre a produtividade da cana foi linear e positiva na cana planta de ano. O efeito linear apresentado, principalmente na cana planta, indica que, possivelmente, haveria resposta para doses de fósforo superiores à máxima empregada (180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A massa média dos colmos, tanto da cana de ano como da cana-soca também aumentaram com a adubação fosfatada. E a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi a que apresentou maior retorno econômico.

Souza (2007) utilizando doses de fósforo aplicadas à lanço e incorporadas, utilizando como fonte o superfosfato simples, não observou efeito significativo para as doses (150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) nem para a interação variedades e doses no número de colmos por metro em cana-planta cultivada em solo de cerrado. Já para a cana-soca (2º ciclo), verificou efeito significativo para variedades e na interação de doses de fósforo e variedades para as variáveis tecnológicas °Brix e teor de fibra.

Os acúmulos de fitomassa e matéria seca nas variedades de cana-de-açúcar foram influenciados pela adubação fosfatada (superfosfato triplo), mostrando um efeito quadrático para as doses testadas (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (CRUZ et al., 2009).

O efeito da fosfatagem no incremento da concentração de fósforo nos colmos da cana-planta (SP79-1011) foi observado por Gama (2007), que evidenciou maior concentração de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no caldo, diferindo significativamente das áreas sem fosfatagem, apresentando um incremento de 12,3% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no caldo da cana-planta. O autor menciona ainda que os valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no caldo estão acima dos recomendados para que ocorra uma boa floclulação.

Pasuch et al. (2012) avaliando o efeito residual de fontes de fósforo aplicado no plantio da cana-de-açúcar sobre as variáveis: altura de plantas, diâmetro de colmos, massa de um colmo, número de colmos por metro, fósforo na parte aérea da planta e produtividade de

massa seca da primeira soqueira da cana-de-açúcar, observaram que as fontes de fósforo não causaram efeito significativo para nenhuma destas variáveis. E também não verificaram efeito significativo da interação entre os fatores (fontes de fósforo e variedades de cana) para nenhuma variável.

Elamin et al. (2007) informaram que, a deficiência de fósforo resulta em decréscimo significativo no acúmulo de sacarose, uma vez que a adubação fosfatada afeta diretamente a quantidade de açúcar e a pureza do caldo.

Pereira, Faria e Morgado (1995) verificaram que as doses de fósforo exerceram um efeito quadrático sobre a produtividade de colmos da cana-planta (variedade BR 70-194). Assim como, os teores de fósforo no caldo, onde as doses crescentes de fósforo aplicadas proporcionaram um efeito quadrático. A produtividade máxima foi de 169 t ha<sup>-1</sup> obtida com 211 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A concentração de fósforo nas folhas aumentou linearmente em razão das doses de fósforo aplicadas. Mas, a pol (%) do caldo não variou com as doses crescentes de fósforo (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicados no sulco de plantio, na forma de superfosfato triplo.

Caione et al. (2011) notaram que para a produtividade de biomassa, em cana-de-açúcar (variedade IAC86-2480), as doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), apenas causaram efeito significativo na ausência da adubação corretiva (aplicadas em área total e à lanço, nas doses 0, 90, 180 e 270 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), apresentando um comportamento quadrático, atingindo a produtividade máxima estimada pela análise de regressão de 82,19 t ha<sup>-1</sup>, necessitando, para isso, de 143 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A produtividade de fitomassa (MV) e a matéria seca (MS) da cana-de-açúcar foram influenciadas significativamente pela adubação fosfatada, mas apenas para a cana-planta, em que a aplicação de fósforo no sulco de plantio resultou em ganho de produtividade em relação à ausência de sua aplicação. Em relação ao efeito do fósforo aplicado no sulco de plantio sobre a produtividade de MV e MS das variedades (IAC86-2480 e SP79-1011) de cana-de-açúcar nos segundo e terceiro ciclos, não se verificou efeito residual das fontes utilizadas (CAIONE; FERNANDES; LANGE, 2013).

Já, Santos, Tiritan e Foloni (2012) avaliando o número de perfilhos por metro aos 60 dias após a primeira rebrota da cana-de-açúcar, variedade RB867515, em função da adubação com torta de filtro (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 t ha<sup>-1</sup>) enriquecida com fontes solúveis de fósforo (0, 50, 100, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, superfosfato triplo), realizada no sulco de plantio, em Argissolo Vermelho distroférico, observaram que ao se comparar as médias dos tratamentos

submetidos à adubação fosfatada revelou que as doses de 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram superiores a testemunha, elevando o número de brotações por metro.

Moura (2014) estudando diferentes doses de superfosfato triplo (0, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas no sulco de plantio em cana-de-açúcar, observou que, a dose de maior produção de número de colmos por metro na variedade RB92579, foi de 150 kg ha<sup>-1</sup>, com comportamento quadrático. Para o valor máximo de produtividade (TCH) de 90,35 t ha<sup>-1</sup> equivalente a 136 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo no sulco de plantio, houve um teor foliar de fósforo de 1,29 g kg<sup>-1</sup> e um teor de fósforo no solo de 21,99 mg dm<sup>-3</sup>. As demais variáveis, altura, diâmetro, perfilhamento, Brix, Pol do caldo, Pol da cana e Pureza, não foram influenciadas pelas doses de fósforo.

Em experimento de longa duração (quatro ciclos) em Latossolo Vermelho álico na região do cerrado, Teixeira (2014), estudando doses de fósforo (150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fonte superfosfato simples) em adubação corretiva e variedades de cana-de-açúcar (RB867515, RB855035, SP84-1431, SP83-2847, RB72454, SP81-3250, SP79-1011, RB835486, IACSP93-6006 e IAC91-5155) concluiu que as variedades respondem de modo diferente a adubação fosfatada corretiva, portanto deve ser considerada no planejamento do manejo varietal. Observou ainda que, as maiores produtividades de colmos foram alcançadas com as maiores doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, e essas aumentam a sacarose em variedades de maturação precoce.

Calheiros et al. (2012) conduziram estudos em Alagoas em Latossolo Amarelo Coeso distrófico, com as variedades de cana-de-açúcar RB867515 e RB92579 e doses de fósforo (zero, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha<sup>-1</sup>, superfosfato triplo), e verificaram que a produção de colmos apresentou diferenças significativas para as variedades e doses de fósforo, sendo a resposta quadrática e as doses que propiciaram a maior produção de colmos foram de 84,1 e 76,7 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo para a variedade RB867515 e RB92579, respectivamente. Em relação ao acúmulo de sacarose aparente houve também efeito das doses de fósforo e variedades, porém não notaram efeito da interação entre doses de fósforo e variedades.

Em cana-planta da variedade RB92759, Costa et al. (2014) concluíram que, a produtividade foi até 34% maior com a adubação fosfatada de plantio e as doses de máxima eficiência agrônômica foram de 107 kg ha<sup>-1</sup> no Argissolo Amarelo de textura média, 120 kg ha<sup>-1</sup> no Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa e 130 kg ha<sup>-1</sup> no Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura arenosa.

A fosfatagem influenciou positivamente o rendimento agrícola e industrial e a pureza do caldo, variedade RB93509 (cana-planta), segundo estudo realizado por Mendonça et al.

(2015), em Argissolo Vermelho Amarelo endoeutrófico, em Pernambuco, sendo que a ausência da fosfatagem diminuiu o rendimento agrícola em torno de 6,7%, em 9,4% o rendimento industrial e 3,4% na pureza. Mas a fosfatagem para Lisboa (2014), em todas as variáveis avaliadas da qualidade tecnológica e estado nutricional da cana-de-açúcar, variedade RB867515, não encontrou significância entre as doses de fósforo (0, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e que apenas doses acima de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aumentaram o ATR da cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Amarelo.

Moda (2015) relatou que as doses de fósforo (0, 90, 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) influenciaram o diâmetro dos perfilhos da cana-de-açúcar (variedade RB855453) aos 120 dias após plantio, mas não houve efeito significativo para altura e número de perfilhos aos 120 e 180 dias após plantio, em Argissolo Vermelho Amarelo eutrófico, em Santa Adélia/SP. Assim como a produção de colmos, que foi afetada pelas doses de fósforo aplicadas, havendo aumento linear da produção com a elevação das doses, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, em Santa Albertina/SP, porém a qualidade tecnológica não foi afetada.

### 2.3 MANEJO VARIETAL

Landell et al. (2006) citaram que o manejo varietal em cana-de-açúcar é uma estratégia que procura explorar os ganhos gerados da interação genótipo x ambiente, e tem como objetivo alocar diferentes variedades comerciais no ambiente de produção que proporcione, em termos relativos, o melhor desempenho agrícola. Assim, no momento do plantio de um novo talhão, é essencial que se conheça o ambiente de produção do talhão e com o planejamento de colheita definido. A partir destas definições, elege-se a variedade que deverá ser plantada levando-se em conta o perfil de resposta varietal aos ambientes e a curva de maturação das variedades disponíveis nos viveiros.

Estes autores ainda afirmam que é necessário conhecer o ambiente de produção e o comportamento varietal para se ter sucesso no manejo varietal. Desde modo, pode-se definir três grupos de variedades quanto à resposta aos ambientes de produção:

- Variedades estáveis, variedade que responde a uma condição mais favorável de cultivo, mas que também tem bom desempenho em condições desfavoráveis de produção.
- Variedades responsivas: que tem grande resposta a uma condição favorável de cultivo, mas que não se adapta a ambientes mais restritivos.

- Variedades rústicas: é aquela que se adapta a ambientes mais restritivos, mas não apresenta boa resposta a uma condição favorável de cultivo.

Segundo recomendações do Centro de Tecnologia Canavieira – CTC, uma unidade produtora não deve ter mais do que 15% de sua área cultivada com uma única variedade. Considerando um ciclo de cana com distribuição média normal de 5,5 anos (plantio mais cinco anos de colheita), o ideal é que todos os anos sejam renovadas aproximadamente 20% das áreas cultivadas, sendo possível dessa forma erradicar uma variedade que tenha apresentado problemas (BRAGA JUNIOR; NARDY, 2015).

A disponibilidade de um grande número de variedades para plantio permite aos produtores a prática do manejo varietal, que consiste na exploração de variedades adaptadas a determinadas condições edafoclimáticas, buscando-se a melhor interação genótipo x ambiente (BASSINELLO et al., 1981). Segundo Lima e Barbosa (1996), essa técnica, quando realizada adequadamente, pode contribuir aumentando a renda do produtor sem custos adicionais.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO**

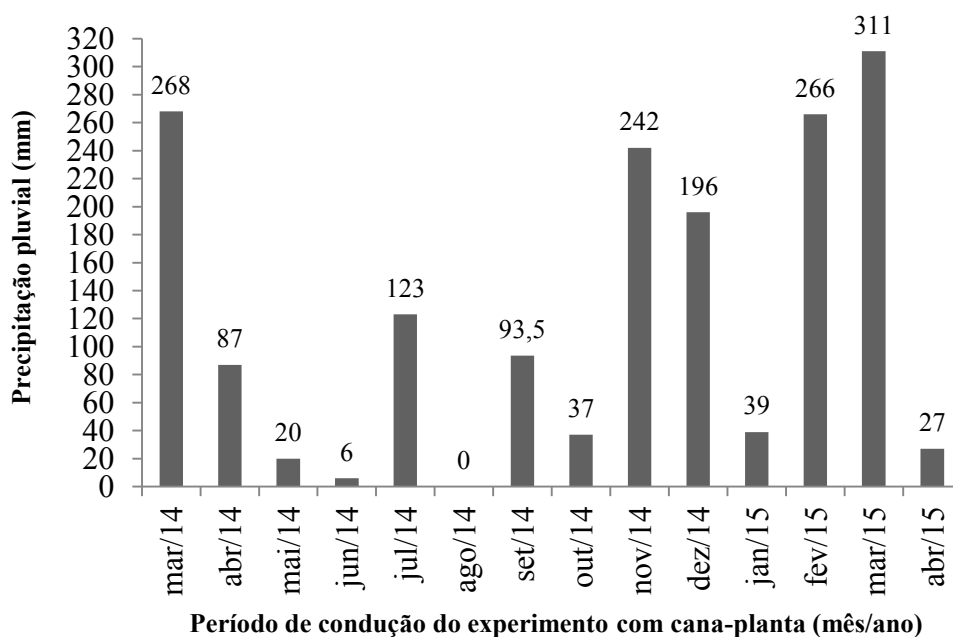
O experimento foi desenvolvido no período de março de 2014 a abril de 2015 na Fazenda São José, que tem como coordenadas geográficas aproximadas de 20°17'03" S e 51°19'02" W e 366 m de altitude, em área administrada pela Usina Alcoolvale S/A, localizada no município de Aparecida do Taboado (MS).

O clima é tipo Aw pela classificação de Köppen, temperatura média anual é de 23,5 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1370 mm e a umidade relativa do ar média anual entre 70 e 80%.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho álico de textura argilosa (DEMATTE, 2007) e ambiente de produção "D".

Os valores de precipitação pluvial (mm) mensal durante o ciclo da cultura podem ser observados na Figura 1. Durante o ciclo da cana-planta a precipitação pluvial total foi de 1715,50 mm.

**Figura 1-** Precipitação pluvial mensal da área experimental durante a condução do experimento. Aparecida do Taboado (MS), 2014 e 2015.



Elaboração do autor utilizando dados de coleta da Usina Alcoolvale S/A, localizada no município de Aparecida do Taboado (MS).

**Fonte:** do próprio autor.

### 3.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0,0 a 0,25 m e de 0,25 a 0,50 m para análise química, conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os resultados das análises químicas do solo da área experimental estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1-** Resultado na análise química do solo, amostrado antes da instalação do experimento. Aparecida do Taboado (MS), 2014.

Prof. (m)	P resina mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	pH (CaCl <sub>2</sub> )	K -----	Ca -----	Mg mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	H+Al -----	Al -----	CTC -----	V (%)
0 - 0,25	5	18	4,6	0,54	13,56	8,51	26	1,85	48,6	46,5
0,25 - 0,50	4	14	4,7	0,27	7,28	5,66	26	3,00	39,2	33,7

**Fonte:** dados da pesquisa.

### 3.3 PREPARO DO SOLO

A cultura foi instalada em área de reforma do canavial. O preparo do solo constituiu de dessecação da soqueira da cana com glifosato ( $2,4 \text{ kg do i.a. ha}^{-1}$ ), grade pesada, aplicação de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário e  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, grade intermediária (28”), aração e nivelamento do solo com grade de discos 28” (2x).

### 3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 16 tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x4 e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação de variedades precoces de cana-de-açúcar: CTC 1, CTC 9001, RB835054 e RB965902 e doses de fósforo: 0, 150, 300 e  $450 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicados no sulco de plantio da cana planta.

As unidades experimentais foram constituídas de cinco linhas de cana-de-açúcar espaçadas de 1,5 m e 10,0 m de comprimento, totalizando  $75 \text{ m}^2$  cada parcela, sendo considerada como parcela útil para as avaliações as 3 linhas centrais.

### 3.5 VARIEDADES

Optou-se por testar estas variedades por serem precoces e pelo fato de que todas terem apresentado, em anos anteriores, bom desempenho na região do estudo e nos ambientes restritivos. Outro aspecto a ser destacado, é o fato da CTC 9001 ser uma variedade lançada em 2012 e recomendada para o cerrado. Enquanto que, a CTC 1 é um material mais antigo porém muito rica em sacarose. As demais variedades além da alta concentração de sacarose tem excelente sanidade principalmente com relação ao carvão que é a doença mais problemática para a região onde foi desenvolvida essa pesquisa.

Principais características das variedades:

- **RB835054**: precoce, apresenta boa brotação em cana-planta e soca, perfilhamento médio e rápido desenvolvimento, porte alto, ruim fechamento de entrelinhas, produção agrícola alta, alto teor de açúcar, alta resistência à seca, média restrição a ambiente de produção e resistente as principais doenças (GHELLER; MATSUOKA; NASCIMENTO, 2003).

- **RB965902**: apresenta excelente brotação e alto perfilhamento tanto em cana-planta como em cana-soca, com bom fechamento de entrelinhas. Possui porte alto, hábito de crescimento semi-decumbente e rápida velocidade de crescimento. Tem alta produção agrícola, fibra média, PUI médio, maturação precoce, com ausência de florescimento e pouca isoporização e possui elevada sanidade as principais doenças (REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO - RIDESA, 2010).

- **CTC 1**: alta precocidade, apresenta alto teor de sacarose, produtividade média em cana-planta, média brotação de soqueira, bom fechamento nas entrelinhas, fibra baixa, alto florescimento, baixa isoporização, resistente à escaldadura, amarelecimento e à ferrugem alaranjada e não tem sensibilidade a herbicidas (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC, 2010).

- **CTC 9001**: precoce, se destaca pela produtividade alta, riqueza e PUI longo, estabilidade para o cerrado e plantio mecanizado, tolerância à seca (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA - CTC, 2012).

### 3.6 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A aplicação do fósforo foi realizada no dia do plantio, no fundo do sulco de plantio, antes da distribuição das mudas de cana-de-açúcar. A fonte utilizada de fósforo foi o superfosfato triplo (46% de  $P_2O_5$  total, 41% de  $P_2O_5$  solúvel em água e 12% Ca).

A sulcação mecânica foi realizada a 0,40 m de profundidade e a adubação utilizada no sulco de plantio foi de 680 kg  $ha^{-1}$  da fórmula 20-00-20, variando apenas as doses de  $P_2O_5$  segundo o delineamento experimental.

O plantio manual foi realizado no dia 17 de abril de 2014 com mudas de 11 meses de idade, colocando-se 12 gemas viáveis por metro de sulco. A cobertura dos toletes foi realizada mecanicamente e, concomitante a esta operação foram aplicados os inseticidas: fipronil na dose de 200 g i.a.  $ha^{-1}$  e carbofurano na dose de 1750 g i.a.  $ha^{-1}$ .

O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação dos herbicidas: diuron + hexazinona (889,2 g  $ha^{-1}$  do i.a. + 250,8 g  $ha^{-1}$  do i.a.); Clomazona (960 g  $ha^{-1}$  do i.a.); MSMA (948 g  $ha^{-1}$  do i.a.); Sulfentrazone (300 g  $ha^{-1}$  do i.a.); 2,4 D (402 g  $ha^{-1}$  do i.a.); adjuvante formex (0,125 L  $ha^{-1}$  do p.c.).

Em 25/11/14 foi realizada liberação de cotésia (*Cotesia flavipes*) na área experimental, 12 copos ha<sup>-1</sup> (18000 adultos de *C. flavipes* por hectare), visando o controle da broca da cana (*Diatraea saccharalis*).

A colheita da cana-planta foi realizada manualmente sem a queima da palha, no dia 14 de abril de 2015, aos 362 dias após plantio.

### 3.7 AVALIAÇÕES REALIZADAS

Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- *Número de perfilhos por metro*, aos 27, 61, 119, 181 e 265 DAP (dias após plantio), onde foram contados todos os perfilhos na área útil da parcela. Os dados foram convertidos para número de perfilhos por metro.

- *Índice de área foliar (IAF)*, foi realizado aos 207 DAP e 362 DAP, em 10 colmos nas três linhas centrais de cada parcela (área útil). Sendo que o índice de área foliar (IAF) foi determinado pela equação 1:

$$\text{NPI} \times \text{AF}/\text{S} \quad (1)$$

Em que: NPI corresponde ao número de perfilhos (m<sup>2</sup>); AF é a área foliar por perfilho (m<sup>2</sup>); e S é a área do terreno, em m<sup>2</sup>, utilizada para a avaliação.

A área foliar por perfilho (AF) foi determinada pela equação 2, por meio da contagem do número de folhas verdes (folha totalmente expandida com o mínimo de 20% de área verde, contada a partir da folha +1) e pelas medições nas folhas +3, sendo obtidos o comprimento e a largura da folha na porção mediana, segundo metodologia descrita por (HERMANN; CÂMARA, 1999):

$$\text{AF} = \text{C} \times \text{L} \times 0,75 \times (\text{N} + 2) \quad (2)$$

Em que C é o comprimento da folha +3, L é a largura da folha +3, 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura, e N é o número de folhas abertas com pelo menos 20% de área verde.

- *Teores de nutrientes foliares*: as coletas das folhas foram realizadas aos 269 DAP (12/01/2015). Foram coletadas as folhas +1 de 15 colmos, da área útil de cada parcela, retirando os 20 cm centrais da folha +1 (folha mais alta com colarinho visível), excluindo-se a nervura central, segundo a metodologia descrita por (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente

identificadas e levadas ao laboratório, onde foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65°C, por cerca de 72 horas. Após a secagem, as folhas coletadas foram moídas em moinho tipo Wiley, em seguida efetuadas as digestões das amostras (sulfúrica para N; nitroperclórica para P, K, Ca, Mg e S), para determinação dos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), conforme descrito em (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

- *Características biométricas da cana-de-açúcar*, por ocasião da colheita, foram realizadas análises de biometria da cultura, onde foram tomados, 45 colmos de cana, nas três linhas centrais de cada parcela, sendo, 3 pontos de 15 colmos consecutivos em cada ponto, amostragem em diagonal, avaliando-se *comprimento de colmos*, com auxílio de uma trena, foi determinado pela medição da distância de sua base, rente ao solo, até a inserção do palmito; *diâmetro médio de colmos*, obtido pela média da medição do diâmetro da base, meio e ponta, com auxílio de um paquímetro; *massa de um colmo*, medidos em balança e posteriormente calculados a massa média de um colmo.

- *Produtividade de colmos e Produtividade agroindustrial*, foram coletados 45 colmos nas três linhas centrais de cada parcela, sendo, 3 pontos de 15 colmos consecutivos em cada ponto, amostragem em diagonal, de acordo com a metodologia descrita por Gheller et al. (1999). Para obter a massa dos 45 colmos foi utilizada uma balança do tipo dinamômetro com precisão de 0,05 kg, determinando-se então a massa média de um colmo dividindo-se a massa encontrada por 45. De posse da massa média de um colmo, do número médio de colmos por metro e do espaçamento entre sulcos, foi possível determinar a produtividade de colmos por hectare (TCH). A produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar ( $t\ ha^{-1}$  de Pol) foi obtida através da multiplicação da produtividade de colmos com a porcentagem de Pol%cana (PC).

- *Análises Tecnológicas*, dos 45 colmos usados para cálculo da produtividade, foram retirados 10 colmos para as análises tecnológicas. As amostras, devidamente identificadas, foram enviadas ao laboratório de pagamento da cana pelo teor de sacarose (PCTS) da Usina Alcoolvale S/A, para determinação de Brix%caldo, Pol%caldo, Pureza (%), AR%caldo (açúcares redutores do caldo), PC (Pol%cana), AR%cana (açúcares redutores da cana), Fibracana e cálculo da quantidade de ATR por hectare (açúcar total recuperável – ATR em kg de açúcar  $t^{-1}$  de cana), conforme métodos definidos pelo (CONSELHO DOS

PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE S. PAULO – CONSECANA, 2003).

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos ao teste F de análise de variância, sendo as médias das variedades comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e as médias de doses pela análise de regressão. Foi utilizado o programa SISVAR – Sistema de Análise de Variância (FERREIRA, 2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 NÚMERO DE PERFILHOS POR METRO E ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

O número de perfilhos por metro foi diferente entre as variedades em todas as avaliações realizadas (Tabela 2), pois trata-se de uma característica genética. As variedades tiveram aumento crescente no perfilhamento até aos 181 dias após plantio (DAP) e a partir daí houve uma redução natural no número de perfilhos por metro. Possivelmente pela não sobrevivência dos perfilhos mais novos, em função do desenvolvimento dos perfilhos mais velhos (primeiros perfilhos) que vão se desenvolvendo e ocupando espaço e suas folhas sombreando aqueles que brotaram depois, estes não conseguem competir principalmente por luz por serem menos eficientes e morrem.

Esse aumento no perfilhamento até os 180 dias após o plantio da cana-de-açúcar varia em função das condições de temperatura e disponibilidade hídrica favorável e após redução de cerca de 50% no número de perfilhos, estabiliza a partir dos 270 dias após plantio, tanto em cana-planta quanto em cana-soca (CASTRO; CHRISTOFOLETTI, 2005; SILVA et al. 2002; DAROS et al., 1999; BARBIERI, 1993; PRADO, 1988; DILLEWIJN, 1952).

A variedade CTC 9001 se destacou das demais até os 61 DAP e aos 119 DAP apenas da CTC 1, apresentando o maior número de perfilhos por metro, a partir daí, não perfilhou com tanta intensidade e foi a variedade com menor número de perfilhos por metro (Tabela 2). Sendo destaques as variedades RB835054 e RB965902 aos 119, 181 e 265 DAP, que tiveram crescimento mais lento no início, talvez em decorrência das temperaturas mais baixas e menor quantidade de água disponível e posteriormente uma retomada no perfilhamento, com início das primeiras chuvas.

Em relação às doses de fósforo, verificou-se que apenas aos 119 DAP as doses de fósforo proporcionaram efeito quadrático, onde os dados ajustaram-se a equação  $y = 10,376 + 0,0198x - 0,000032x^2$  (Figura 2), para o número de perfilhos por metro. Sendo que, a maior quantidade de perfilhos por metro foi obtida na dose de 309,38 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Na

maior dose de fósforo houve aumento no número de perfilhos por metro em 28,92% comparado à testemunha.

A ausência de efeitos significativos nas demais avaliações para esta variável também foi observada por Moura (2014) em Alagoas, trabalhando com doses de  $P_2O_5$ , na forma de superfosfato triplo (0, 80, 120, 160 e 200  $kg\ ha^{-1}$ ) aplicado no sulco de plantio em cana-de-açúcar na variedade RB92579.

A análise de variância indicou que não houve efeito significativo da interação variedades x doses de fósforo aplicados no sulco de plantio, para as variáveis estudadas (Tabela 2). Souza (2007), também não observou efeito significativo para as doses (150, 300 e 450  $kg\ ha^{-1}$  de  $P_2O_5$ ) e para a interação variedades e doses no número de colmos por metro em cana-planta cultivada em solo de cerrado, trabalhando com doses de fósforo aplicadas a lanço e incorporadas, utilizando como fonte o superfosfato simples.

Para o índice de área foliar (IAF) houve diferenças significativas entre as variedades estudadas, sendo as variedades CTC 1 e RB965902 com os maiores IAF e a variedade RB835054 com os menores valores (Tabela 2). Esse resultado pode ter ocorrido talvez pelo fato da variedade CTC 1 ter produzido menor número de perfilhos nesta fase do ciclo, compensando em maior área foliar por perfilho e/ou porque tem folhas mais largas. Oliveira et al. (2007) citam que, diversas variáveis influenciam o IAF, entre essas, o número de perfilhos, o número de folhas verdes, o tamanho e a largura destas folhas, a eficiência fotossintética delas, além da influência dos genótipos e dos fatores ambientais. Machado et al. (1985) relataram que, um IAF próximo de 4 é suficiente para interceptar 95% da radiação solar incidente, na cana-de-açúcar.

Também houve efeito significativo das doses de fósforo para o índice de área foliar em ambas as épocas amostradas (Tabela 2), proporcionando efeito linear, onde os dados ajustaram-se a equação  $y = 2,801938 + 0,000936x$  (Figura 3) e  $y = 3,1615 + 0,001191x$  (Figura 4), aos 207 e 362 DAP, respectivamente. A dose mais elevada de fósforo aumentou o IAF aos 207 e 362 DAP em 15,7 e 16,4%, comparado à testemunha, respectivamente. O fósforo aumenta a eficiência do nitrogênio absorvido o qual se une às cadeias carbonadas, incrementando, assim, a formação de novos tecidos, conseqüentemente, elevando o índice de área foliar (TAIZ; ZEIGER, 2004).

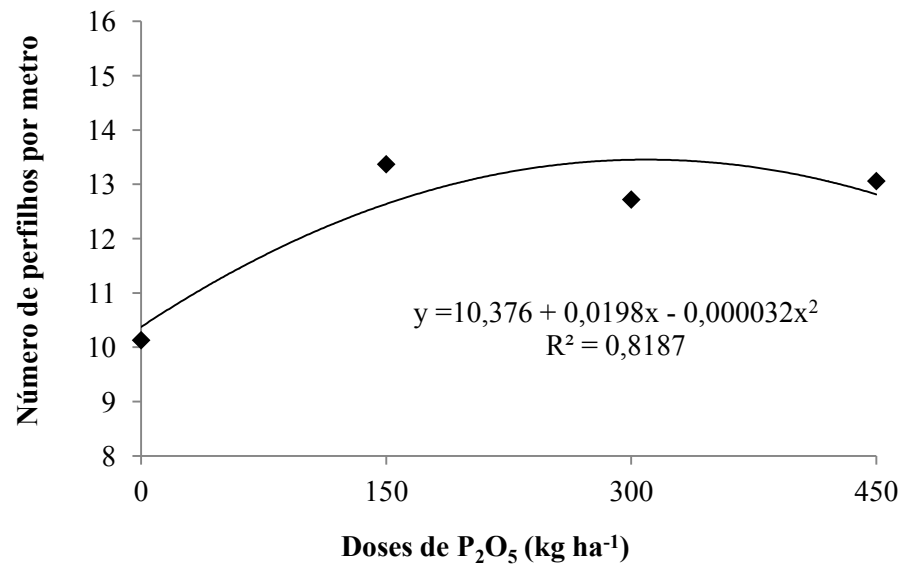
**Tabela 2-** Número de perfilhos/colmos por metro e Índice de área foliar (IAF) de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015.

Tratamentos	Perfilhos/colmos por metro					IAF	IAF
	27 DAP	61 DAP	119 DAP	181 DAP	265 DAP	207 DAP	362 DAP
<i>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>)</i>							
0	1,58	5,15	10,13	15,56	10,41	2,74	3,11
150	1,69	5,69	13,37	16,62	11,11	3,01	3,38
300	1,71	5,3	12,72	16,76	11,30	3,12	3,61
450	1,59	5,34	13,06	16,5	11,47	3,17	3,62
<i>Variedades</i>							
CTC 1	1,09c	3,74c	8,79b	15,28b	10,48ab	3,28a	3,59ab
RB835054	1,42bc	4,87b	12,88a	17,05a	11,70a	2,75c	3,04b
CTC 9001	2,41a	7,41a	13,64a	14,64b	10,42b	2,81bc	3,45ab
RB965902	1,64b	5,47b	13,96a	18,48a	11,67ab	3,21ab	3,64a
<i>Teste F - Valores de F</i>							
Variedades (V)	17,58**	28,52**	14,17**	13,89**	4,43*	5,13*	3,26*
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	0,25ns	0,64ns	5,44**	1,36ns	1,89ns	2,57*	2,59*
V x P	0,50ns	1,50ns	1,23ns	1,56ns	0,87ns	0,59ns	0,83ns
R.L.	0,01ns	0,02ns	8,17**	1,99ns	4,96*	6,87*	6,97*
R.Q.	0,72ns	0,74ns	5,18**	2,02ns	0,62ns	0,81ns	0,73ns
D.M.S. (V)	0,51	1,09	2,4	1,76	1,28	0,45	0,57
Média Geral	1,64	5,37	12,32	16,36	11,07	3,012	3,43
CV (%)	32,66	21,42	20,65	11,43	12,24	15,9	17,65

\*\*Significativo a 1% pelo teste F. \*Significativo a 5% pelo teste F. ns= não significativo. D.M.S.= diferença mínima significativa. CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

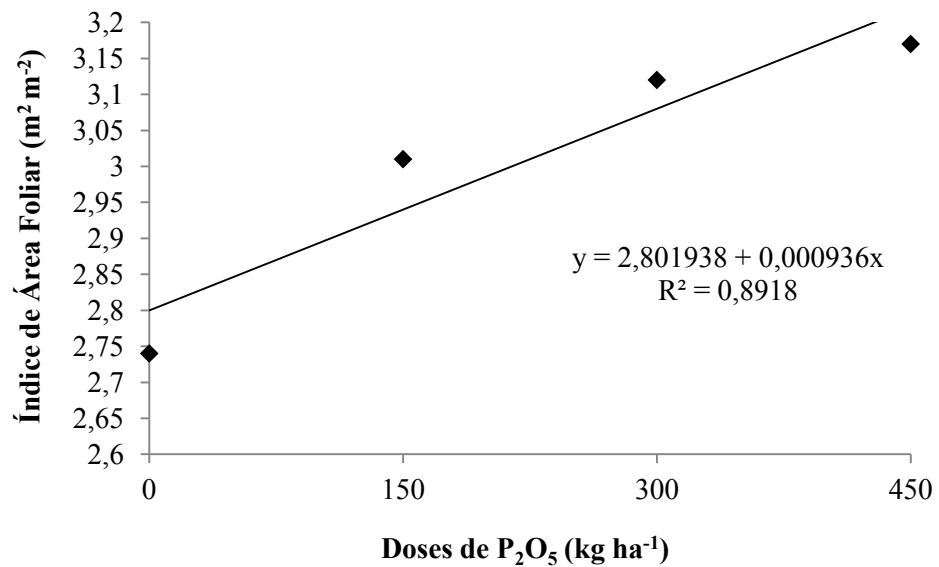
**Fonte:** Dados do próprio autor.

**Figura 2-** Número de perfilhos da cana-de-açúcar (cana-planta) por metro em função das doses de fósforo, aos 119 DAP. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



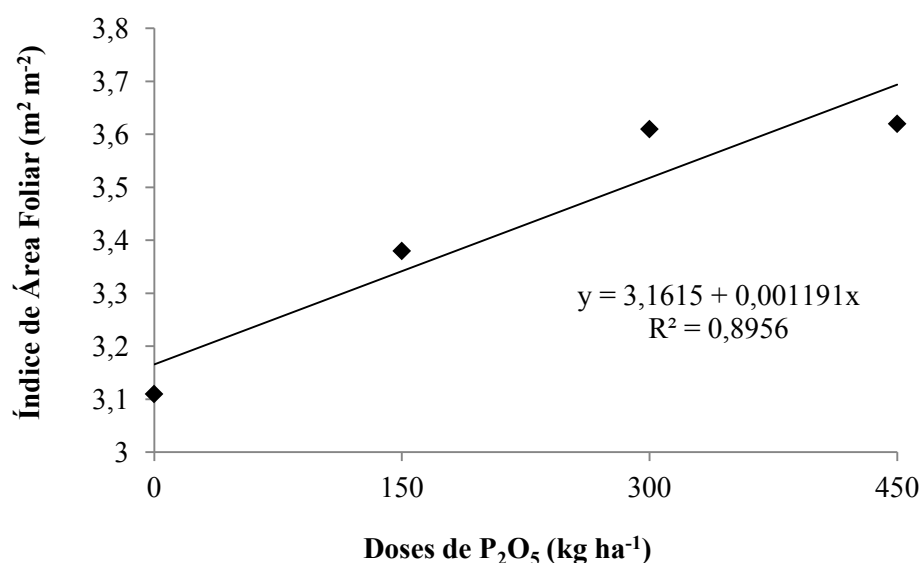
Fonte: Dados do próprio autor.

**Figura 3-** Índice de área foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo, aos 207 DAP. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

**Figura 4-** Índice de área foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo, aos 362 DAP. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

#### 4.2 TEORES DE NUTRIENTES FOLIARES

Os teores foliares médios dos macronutrientes da cana-planta (Tabela 3), nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio estão dentro da faixa considerada adequada (18 a 25g de N, 1,5-3,0g de P, 2,0 a 8,0g de Ca e 1,0 a 3,0g de Mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca) para a cultura da cana-de-açúcar, em relação ao descrito por Raij e Cantarella (1997). Entretanto, os teores foliares de potássio e enxofre estão abaixo da faixa considerada adequada (10 a 16 g de K e 1,5 a 3,0 g de S kg<sup>-1</sup> de matéria seca) para esta cultura, conforme descrito por Raij e Cantarella (1997). No entanto, os autores destacam que a diagnose foliar em cana-de-açúcar é uma técnica que ainda não se firmou no Brasil e que os principais fatores que interferem na composição química da folha são: variedade, solo, clima e época de amostragem, assim, os limites são fornecidos como referência, indicando faixa de teores comuns em canaviais bem supridos de nutrientes.

As variedades de cana-de-açúcar apresentaram diferenças significativas para os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre (Tabela 3). A variedade CTC 9001 apresentou teor de nitrogênio e potássio foliar superior à variedade CTC 1 (nitrogênio e potássio) e RB965902 (potássio). Já a variedade RB965902 apresentou teor de fósforo foliar inferior e teor de magnésio foliar superior às demais variedades. E a variedade RB835054, apresentou o menor teor de enxofre foliar em relação à variedade CTC 1 e CTC 9001. É

possível que isto se deva a exigência nutricional diferenciada das variedades e/ou maior eficiência de absorção e transporte destes materiais genéticos.

Com relação às doses de fósforo, constatou-se efeito significativo nos teores foliares de N, P e Mg (Tabela 3), influenciando esses teores de forma linear, onde os dados ajustaram-se as equações  $y = 21,193375 + 0,003477x$  (Figura 5),  $y = 2,104687 + 0,000542x$  (Figura 6) e  $y = 1,695 + 0,000383x$  (Figura 7), respectivamente. A dose mais elevada de fósforo aumentou os teores foliares de N, P e Mg em 8,48, 13 e 12%, comparado a testemunha, respectivamente.

Esses resultados condizem com os observados por Pereira, Faria e Morgado (1995), em que a concentração de fósforo nas folhas (variedade BR 70-194) aumentou linearmente em razão das doses de fósforo (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas no solo, na forma de superfosfato triplo, no plantio. E em partes com as observações de Moda (2015) que, quando avaliada as doses (0, 90, 180, 360 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), os teores de magnésio, cálcio e enxofre foliar da cana-de-açúcar (variedade RB855453) tiveram ajuste quadrático, na avaliação aos 240 DAP, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico.

Os dados do presente experimento estão de acordo com Malavolta (2006) em que altas doses de fósforo podem provocar aumento na concentração de magnésio. E que a absorção do fósforo é influenciada pela concentração de magnésio no meio, podendo o magnésio ser carregador do fósforo para dentro da planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Esta inter-relação entre os dois íons pode ser consequência da necessidade de magnésio nas reações de transferência de energia (BERGMANN, 1992).

Cabe ressaltar ainda que os teores de cálcio foliar (Tabela 3) não foram influenciados pelas doses de fósforo e pelas variedades talvez em decorrência da presença de 12% de Ca no superfosfato triplo, calagem, gessagem e da reserva no solo (Tabela 1).

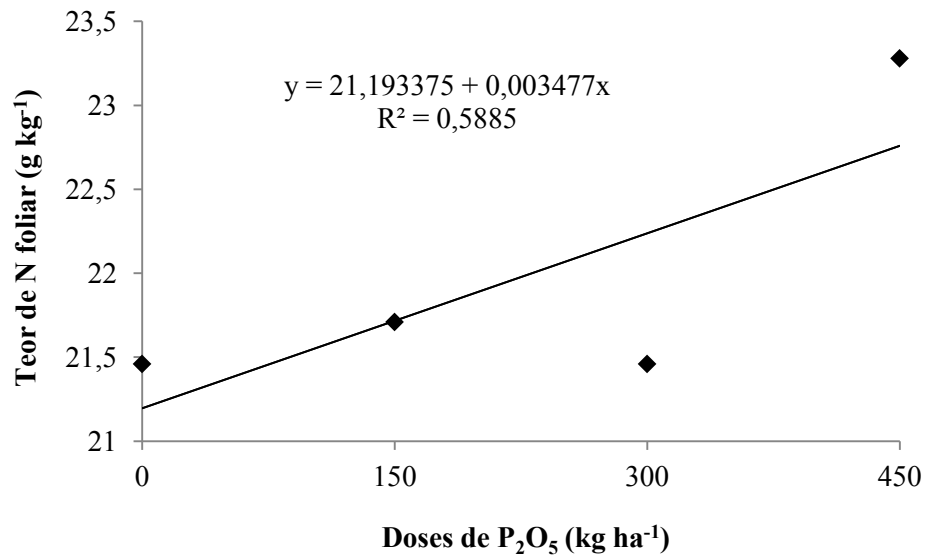
**Tabela 3-** Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S) nas folhas de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
<i>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>)</i>						
0	21,46	2,07	7,64	2,47	1,66	1,26
150	21,71	2,26	8,15	2,40	1,82	1,30
300	21,46	2,24	8,44	2,37	1,79	1,33
450	23,28	2,34	8,20	2,46	1,86	1,35
<i>Variedades</i>						
CTC 1	20,72b	2,22a	7,83b	2,55	1,55b	1,50a
RB835054	21,88ab	2,34a	8,23ab	2,28	1,59b	1,09b
CTC 9001	23,17a	2,31a	9,64a	2,33	1,61b	1,45a
RB965902	22,12ab	2,04b	6,74b	2,53	2,37a	1,23ab
<i>Teste F - Valores de F</i>						
Variedades (V)	3,81*	9,12**	8,63**	0,41ns	60,01**	5,32**
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	2,89*	7,04**	0,69ns	0,05ns	2,86*	0,28ns
V x P	1,30ns	2,19*	1,15ns	1,47ns	2,29*	0,86ns
R.L.	5,11*	17,02**	1,16ns	0,002ns	6,38*	0,45ns
R.Q.	2,30ns	1,04ns	0,88ns	0,14ns	0,74ns	0,14ns
D.M.S. (V)	1,95	0,17	1,54	0,80	0,19	0,31
Média Geral	21,98	2,23	8,11	2,42	1,78	1,32
CV (%)	9,39	7,91	20,1	34,78	11,43	25,13

\*\*Significativo a 1% pelo teste F. \*Significativo a 5% pelo teste F. ns= não significativo. D.M.S.= diferença mínima significativa. CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

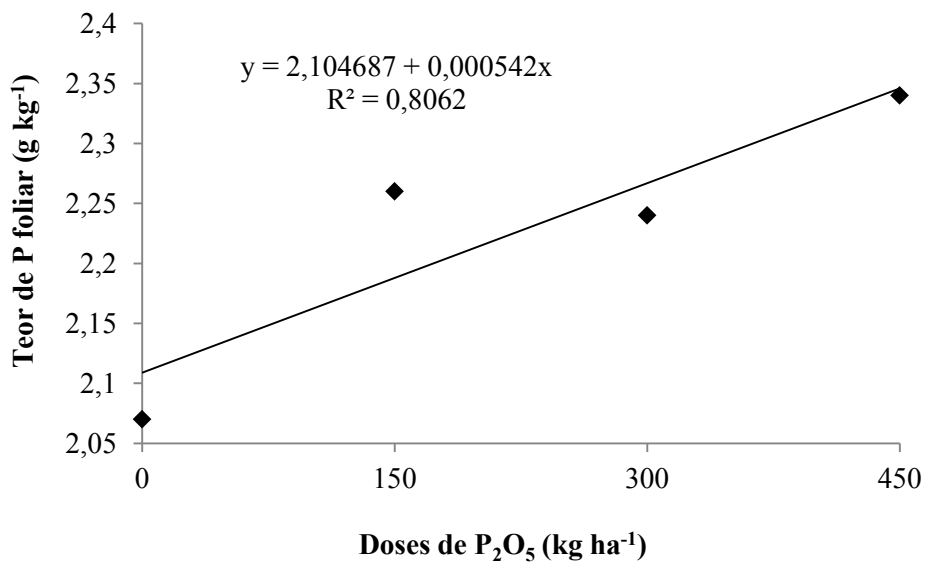
**Fonte:** Dados do próprio autor

**Figura 5-** Teor de nitrogênio foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



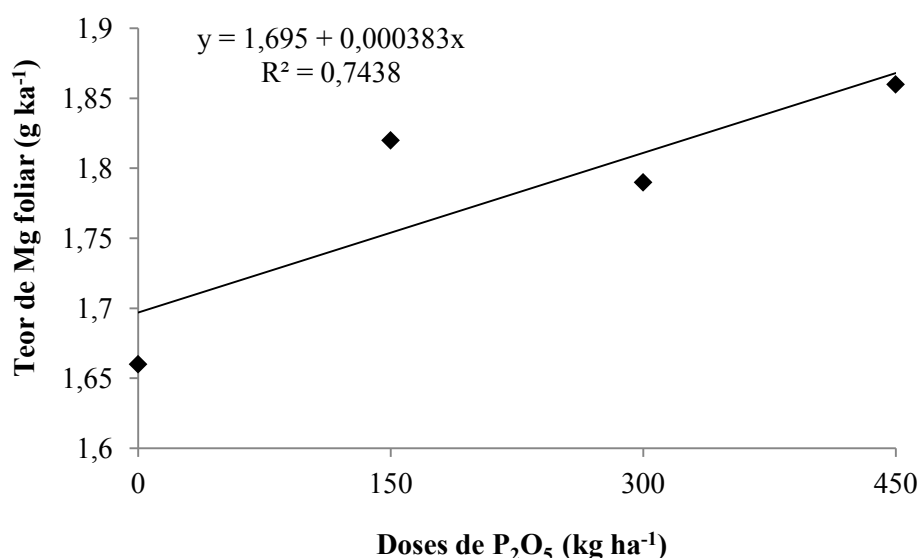
Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 6-** Teor de fósforo foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 7-** Teor de magnésio foliar da cana-de-açúcar (cana-planta) em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



**Fonte:** Dados do próprio autor

Na Tabela 4 consta, o desdobramento da interação variedades x doses de fósforo para o teor de fósforo foliar. A variedade RB965902 apresentou os menores valores de teor de fósforo foliar (Tabela 4) em relação às variedades RB835054, CTC 1 e CTC 9001, para as doses aplicadas de 0, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. Constatou-se resposta para as doses de fósforo que se ajustou à função linear apenas para as variedades RB965902, CTC 1 e CTC 9001 (Figuras 8, 9 e 10, respectivamente) no teor de fósforo foliar.

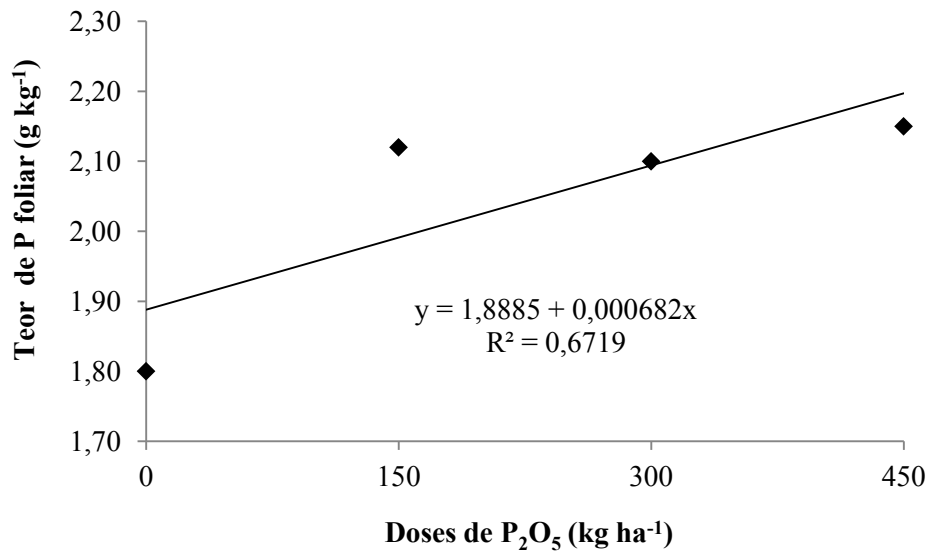
**Tabela 4-** Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao teor de fósforo (g kg<sup>-1</sup>) foliar da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.

Variedades	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Valores de F		
	0	150	300	450	doses	R.L	R.Q.
CTC 1	2,02ab	2,15	2,44a	2,27ab	4,22*	6,97**	3,19ns
RB835054	2,32a	2,45	2,14ab	2,45ab	2,77ns	0,03ns	1,07ns
CTC 9001	2,13ab	2,33	2,28ab	2,51a	3,29*	8,01**	0,04ns
RB965902	1,80b	2,12	2,10b	2,15b	3,34*	6,74*	2,22ns
DMS	0,33	0,33	0,33	0,33	–	–	–

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. D.M.S.= diferença mínima significativa.

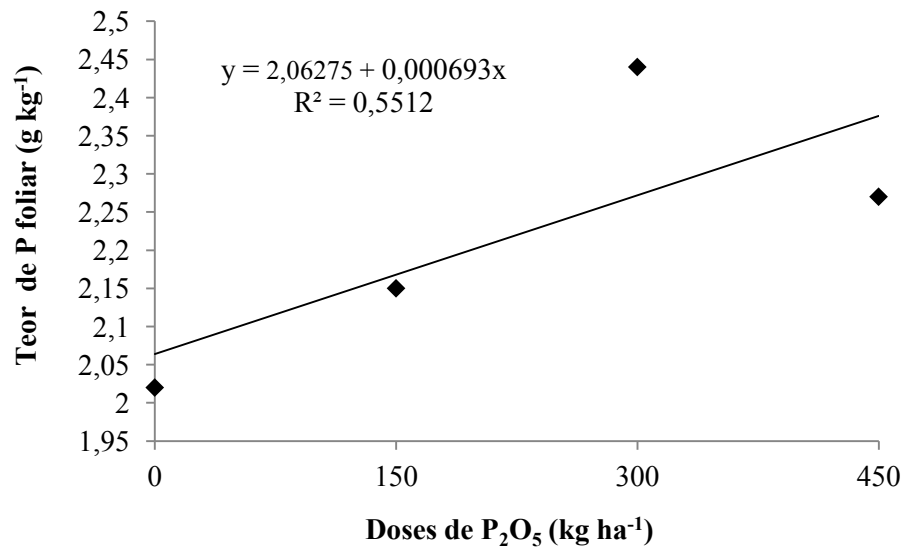
**Fonte:** Dados do próprio autor

**Figura 8-** Teor de fósforo foliar da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



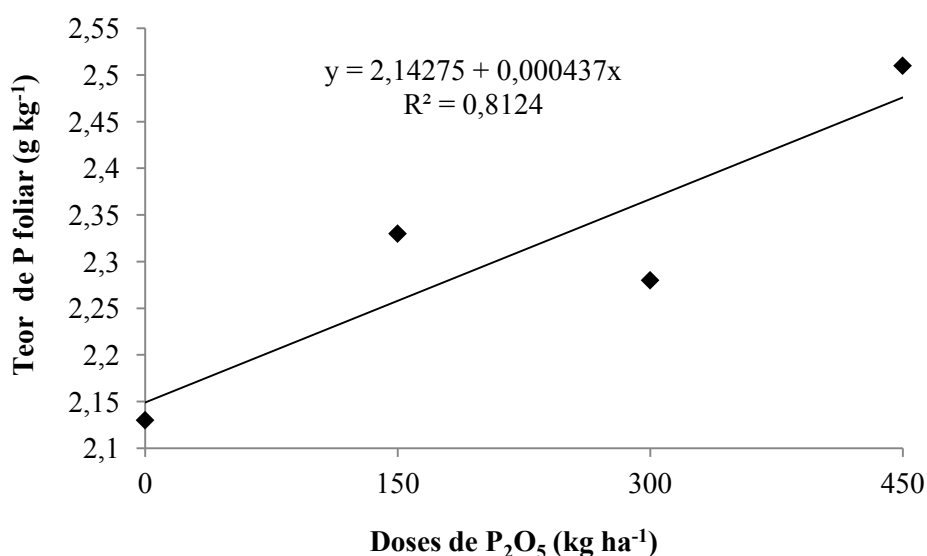
Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 9-** Teor de fósforo foliar da variedade CTC 1 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 10-** Teor de fósforo foliar da variedade CTC 9001 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



**Fonte:** Dados do próprio autor

Na Tabela 5 consta o desdobramento da interação variedades dentro de doses de fósforo para o teor de magnésio foliar. A variedade RB965902 apresentou os maiores valores de magnésio foliar, diferindo das demais variedades dentro de cada dose de fósforo aplicado. Constatou-se resposta para as doses de fósforo que se ajustou a função linear apenas para a variedade RB965902 (Figura 11).

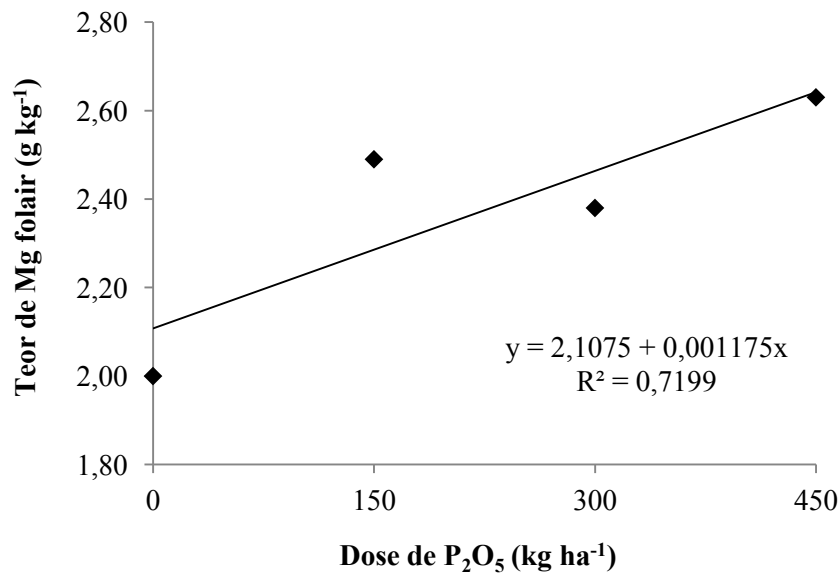
**Tabela 5-** Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao teor de magnésio (g kg<sup>-1</sup>) foliar da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.

Variedades	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Valores de F		
	0	150	300	450	doses	R.L	R.Q.
CTC 1	1,50b	1,55b	1,56b	1,61b	0,21ns	0,59ns	0,00ns
RB835054	1,69ab	1,66b	1,51b	1,49b	1,00ns	2,71ns	0,00ns
CTC 9001	1,45b	1,56b	1,71b	1,71b	1,57ns	4,23ns	0,30ns
RB965902	2,00a	2,49a	2,38a	2,63a	6,94**	14,98**	1,36ns
DMS	0,38	0,38	0,38	0,38	–	–	–

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. D.M.S.= diferença mínima significativa.

**Fonte:** Dados do próprio autor

**Figura 11-** Teor de magnésio foliar da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor

#### 4.3 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS

Quanto às características biométricas verificou-se que apenas para o comprimento de colmos não houve diferenças significativas entre as variedades de cana-de-açúcar (Tabela 6). Enquanto que, a variedade CTC 1 apresentou o maior diâmetro e massa de 1 colmo, diferindo-se das demais variedades.

Não houve efeito significativo das doses de fósforo e da interação doses de fósforo x variedades para as mesmas variáveis (Tabela 6). O mesmo foi observado por Caione et al. (2011), que não observaram efeito isolado das doses de fósforo (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fonte superfosfato triplo), na adubação no sulco de plantio, para as variáveis diâmetro de colmos e massa de matéria seca, variedade de cana-de-açúcar IAC86-2480, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Contrário às observações feitas neste experimento, Korndörfer, Faria e Martins (1998), verificaram que a massa média dos colmos (variedade RB72-454), tanto da cana-de-ano como da cana-soca aumentaram com a adubação fosfatada (doses 0, 60, 160 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicada no sulco de plantio, em solo da região de cerrado.

**Tabela 6-** Características biométricas de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015.

Tratamentos	Comprimento de colmo (m)	Diâmetro de colmo (cm)	Massa de 1 colmo (kg)
<i>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>)</i>			
0	3,28	2,65	1,87
150	3,29	2,65	1,87
300	3,29	2,68	1,87
450	3,27	2,64	1,87
<i>Variedades</i>			
CTC 1	3,33	2,84a	2,12a
RB835054	3,25	2,56b	1,73b
CTC 9001	3,24	2,59b	1,84b
RB965902	3,31	2,62b	1,80b
<i>Teste F - Valores de F</i>			
Variedades (V)	1,79ns	12,00**	11,24**
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	0,12ns	0,30ns	0,004ns
V x P	1,21ns	0,94ns	0,99ns
R.L.	0,05ns	0,00ns	0,00ns
R.Q.	0,25ns	0,39ns	0,01ns
DMS (V)	0,12	0,14	0,19
Média Geral	3,28	2,65	1,87
CV (%)	3,99	5,53	10,77

\*\*Significativo a 1% pelo teste F. \*Significativo a 5% pelo teste F. ns= não significativo. D.M.S.= diferença mínima significativa. CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

**Fonte:** Dados do próprio autor

#### 4.4 PRODUTIVIDADE DE COLMOS E PRODUTIVIDADE AGROINDUSTRIAL

As variedades apresentaram diferenças significativas apenas para produtividade de pol por hectare (TPH), verificando-se maior produtividade de pol para a variedade CTC 1 (Tabela 7). Tal resultado pode estar relacionado com os maiores valores de diâmetro e massa de 1 colmo (Tabela 6) e PC (Tabela 8) para esta variedade, influenciando, portanto, a TPH.

Não houve efeito significativo das doses de fósforo e da interação doses de fósforo x variedades (Tabela 7) para produtividade de colmos (TCH) e produtividade agroindustrial (TPH), talvez em decorrência da quantidade de chuvas superior à média regional e bem distribuídas (Figura 1) em um solo argiloso, possibilitando um aumento do contato entre o fosfato com a raiz, logo, uma maior absorção de fósforo, por difusão, pois observou-se que os teores de fósforo foliar estão adequados até na testemunha (Tabela 3).

Em contrapartida, Simões Neto et al. (2012) reportaram que, a adubação fosfatada em diferentes solos nas condições de cana-planta influenciou positivamente a produção agrícola (TCH) e industrial (TPH), na Zona da Mata do Estado de Pernambuco, de duas variedades de cana-de-açúcar (RB863129 e RB855536). Assim como Korndörfer, Faria e Martins (1998) que, notaram efeito da adubação fosfatada (doses 0, 60, 160 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicada no sulco de plantio, em solo da região de cerrado, sobre a produtividade da cana, sendo linear e positiva na cana-planta e na cana-soca, variedade RB72-454.

Costa et al. (2014) avaliando a produtividade de cana-de-açúcar (variedade RB92579) em Argissolo do nordeste de diferentes texturas em resposta a adubação fosfatada (0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas no sulco de plantio, fonte superfosfato triplo) encontraram efeito significativo e ajuste de modelo quadrático, sendo que as doses de máxima eficiência agrônômica foram de 107 kg ha<sup>-1</sup> no Argissolo Amarelo de textura média, 120 kg ha<sup>-1</sup> no Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura argilosa e 130 kg ha<sup>-1</sup> no Argissolo Vermelho Amarelo distrófico de textura arenosa.

Santos et al. (2011) notaram que as doses de 100 kg ha<sup>-1</sup> e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (fonte superfosfato triplo) resultaram em maior TPH, superando as demais. Obtendo ganhos em produtividade de açúcar (variedade RB867515) de 30,7% e 33,3%, respectivamente, quando comparados com a testemunha.

**Tabela 7-** Produtividade de colmos (TCH) e Produtividade agroindustrial (TPH) de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015.

Tratamentos	TCH	TPH
	Toneladas de colmos ha <sup>-1</sup>	Toneladas de Pol ha <sup>-1</sup>
<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
0	129,30	16,07
150	137,14	16,50
300	140,93	17,34
450	142,78	17,77
<b>Variedades</b>		
CTC 1	148,08	18,75a
RB835054	135,10	17,02ab
CTC 9001	127,29	15,51b
RB965902	139,67	16,39ab
<b>Teste F - Valores de F</b>		
Variedades (V)	2,15ns	3,31*
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	1,01ns	1,06ns
V x P	0,45ns	0,72ns
R.L.	2,78ns	3,12ns
R.Q.	0,26ns	0,00ns
D.M.S. (V)	22,39	2,84
Média Geral	137,53	16,92
CV (%)	17,26	17,78

\*\*Significativo a 1% pelo teste F. \*Significativo a 5% pelo teste F. ns= não significativo. D.M.S.= diferença mínima significativa. CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

**Fonte:** Dados do próprio autor

Embora não havendo efeito significativo entre as doses de fósforo para a variável produtividade agroindustrial (Tabela 7), deve-se ressaltar ganho de 1,7 toneladas de pol ha<sup>-1</sup> (10,6%) na maior dose comparada a testemunha, influenciado pela maior produtividade de cana (TCH). Esse ganho é expressivo para o início de safra, indicando a necessidade da continuidade das pesquisas para melhor avaliar a nutrição de fósforo e sua importância na qualidade tecnológica das variedades de cana-de-açúcar precoces.

O regime pluviométrico no ciclo da cultura (Figura 1) foi bastante favorável ao desenvolvimento da cana, contribuindo positivamente para os bons resultados obtidos em toneladas de cana por hectare (Tabela 7).

#### 4.5 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Das características que compõem a qualidade tecnológica da cana, verifica-se que houve diferenças apenas entre as variedades em todas as variáveis analisadas, com destaque para a variedade CTC 1 com a maior média e a variedade RB965902 com a menor média (Tabela 8).

Nenhuma das características tecnológicas avaliadas foi influenciada pelas doses de fósforo (Tabela 8). Esta ausência de resposta na qualidade tecnológica pode ter ocorrido devido às chuvas que antecederam a colheita do experimento (Figura 1), estimulando o crescimento da cana-de-açúcar e prejudicando a maturação.

Resultados semelhantes obtiveram Simões Neto et al. (2012) que, avaliando as doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio (superfosfato triplo) de acordo com os tipos de solo na Zona da Mata do Estado de Pernambuco, verificaram que as doses de fósforo não influenciaram as características tecnológicas das variedades RB863129 e RB855536. Korndörfer, Faria e Martins (1998), também notaram que a concentração de Pol da cana (variedade RB72-454) não foi afetada pela adubação fosfatada (doses 0, 60, 160 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicada no sulco de plantio, em solo da região de cerrado.

Resultados similares foram observados por Pereira, Faria e Morgado (1995), em experimento instalado em um Vertissolo com a variedade de cana-de-açúcar BR 70-194, em que a pol%caldo da cana não variou com as doses crescentes de fósforo (0, 60, 120, 180, 240 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) aplicadas no solo, na forma de superfosfato triplo, no plantio.

No entanto, Santos et al. (2011) constataram que as doses de fósforo (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, fonte superfosfato triplo), aplicadas no sulco de plantio, influenciaram positivamente as variáveis tecnológicas °Brix, Pureza do caldo e TPH da variedade RB867515.

Em contrapartida, houve efeito significativo da interação doses de fósforo x variedades (Tabela 8) para as variáveis Pol%caldo e Pol%cana.

**Tabela 8-** Brix%caldo, Pol%caldo, Pureza (%), AR%caldo, PC (Pol%cana), AR%cana, Fibra%cana e ATR (kg de açúcar t<sup>-1</sup> de cana) de variedades de cana-de-açúcar em função de doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio. Aparecida do Taboado, MS, 2014/2015.

Tratamentos	Brix	Pol	Pureza	AR caldo	PC	AR cana	Fibra	ATR
	-----%-----							kg t <sup>-1</sup> de cana
<b>Doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>)</b>								
0	17,31	14,36	82,94	0,80	12,43	0,69	10,70	126,06
150	16,92	13,94	82,33	0,82	12,00	0,71	11,01	122,07
300	17,16	14,23	82,83	0,80	12,30	0,69	10,79	124,80
450	17,35	14,46	83,33	0,78	12,46	0,67	10,99	126,17
<b>Variedades</b>								
CTC 1	17,40a	14,67a	84,32a	0,75a	12,65a	0,65a	10,95ab	127,72a
RB835054	17,41a	14,58a	83,72a	0,77a	12,63a	0,67b	10,68ab	127,78a
CTC 9001	17,30a	14,23a	82,26ab	0,82ab	12,18ab	0,70ab	11,35a	123,79ab
RB965902	16,63b	13,50b	81,12b	0,86b	11,73b	0,75b	10,50b	119,81b
<b>Teste F - Valores de F</b>								
Variedades (V)	5,96**	11,42**	4,71**	4,67**	9,79**	4,75**	3,09*	9,24**
Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	1,66ns	2,07ns	0,38ns	0,39ns	2,25ns	0,41ns	0,54ns	2,33ns
V x P	1,92ns	3,22*	1,48ns	1,51ns	3,15**	1,47ns	0,78ns	3,08ns
R.L.	0,31ns	0,72ns	0,31ns	0,29ns	0,36ns	0,52ns	0,49ns	0,30ns
R.Q.	3,62ns	4,30*	0,69ns	0,73ns	4,47*	0,63ns	0,07ns	4,60*
D.M.S. (V)	0,58	0,59	2,51	0,09	0,52	0,08	0,79	4,72
Média Geral	17,19	14,24	82,85	0,80	12,30	0,69	10,87	124,77
CV (%)	3,57	4,42	3,21	11,38	4,52	11,59	7,71	4,01

\*\*Significativo a 1% pelo teste F. \*Significativo a 5% pelo teste F. ns= não significativo. D.M.S.= diferença mínima significativa. CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

**Fonte:** Dados do próprio autor

Na Tabela 9 consta, o desdobramento da interação variedades x doses de fósforo para o teor de Pol%caldo da cana-planta. A variedade RB835054, com o maior teor de Pol%caldo, diferiu da variedade CTC 9001 na testemunha (0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), enquanto que, nas doses 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o menor teor de Pol%caldo foi da variedade RB965902. Constatou-se resposta para as doses de fósforo que se ajustou a função quadrática apenas para a variedade RB965902 (Figura 12) para a característica tecnológica Pol%caldo.

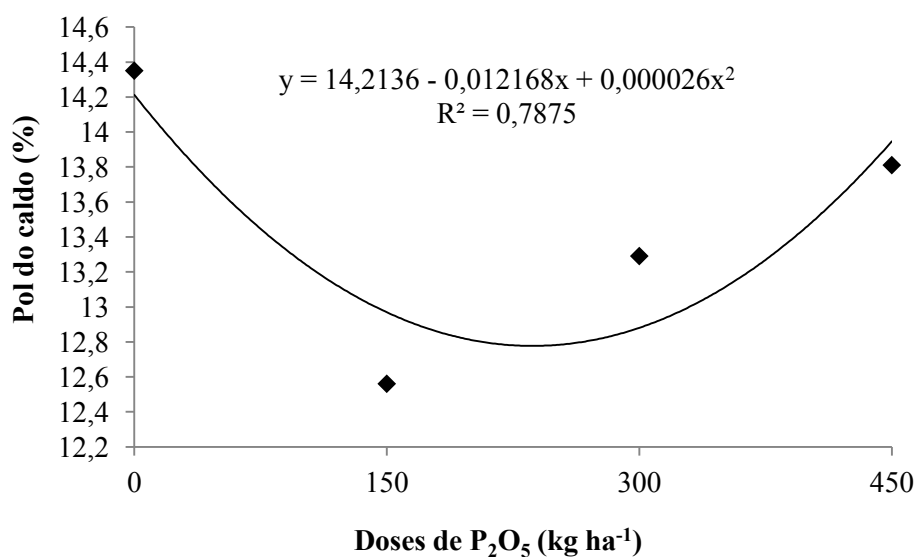
**Tabela 9-** Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao Pol%caldo da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.

Variedades	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Valores de F		
	0	150	300	450	doses	R.L	R.Q.
CTC 1	14,10ab	14,65a	14,95a	14,97	1,65ns	4,24*	0,70ns
RB835054	15,19a	14,64a	14,17ab	14,33	2,04ns	4,72*	1,26ns
CTC 9001	13,78b	13,90a	14,50a	14,73	2,14ns	6,02*	0,04ns
RB965902	14,35ab	12,56b	13,29b	13,81	5,89*	0,42ns	13,50**
D.M.S.	1,19	1,19	1,19	1,19	—	—	—

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. D.M.S.= diferença mínima significativa.

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 12-** Pol%caldo da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor

Na Tabela 10 consta, o desdobramento da interação variedades x doses de fósforo para a qualidade tecnológica PC (Pol%cana) da cana-planta. A variedade RB835054, com o maior teor de PC, diferiu da variedade CTC 9001 na testemunha (0 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), enquanto que, nas doses 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o menor teor de PC foi da variedade RB965902. Constatou-se resposta para as doses de fósforo que se ajustou a função quadrática apenas para a variedade RB965902 (Figura 13) para a característica tecnológica Pol%cana. Esses resultados foram semelhantes ao da variável Pol%caldo (Tabela 9 e Figura 12), já que para o cálculo do PC (Pol%cana) levam-se em conta os valores de Pol%caldo.

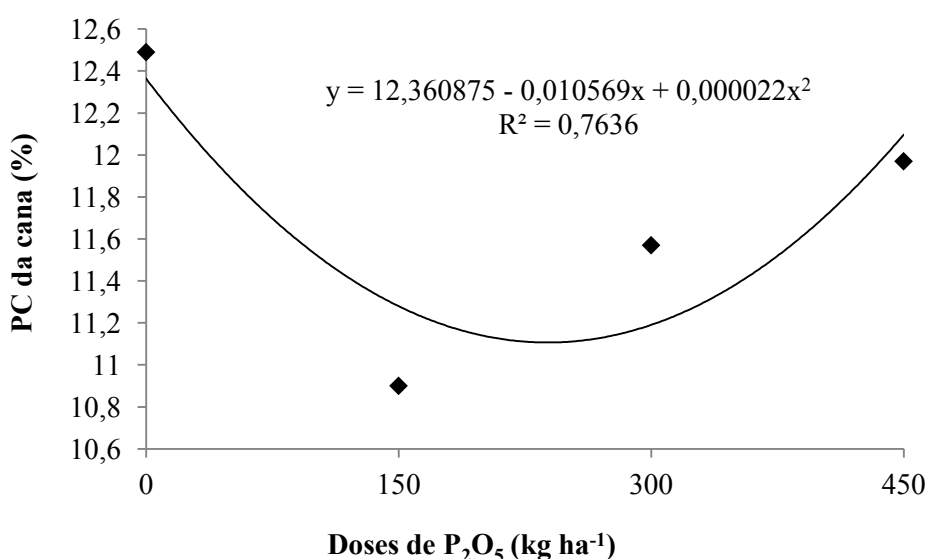
**Tabela 10-** Desdobramento da interação variedades x doses de fósforo, da análise de variância referente ao Pol%cana da cana-de-açúcar (cana-planta). Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.

Variedades	Doses de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )				Valores de F		
	0	150	300	450	doses	R.L	R.Q.
CTC 1	12,21ab	12,68a	12,83a	12,88	1,22ns	3,03ns	0,59ns
RB835054	13,15a	12,73a	12,30ab	12,35	2,00ns	5,16*	0,69ns
CTC 9001	11,89b	11,72ab	12,49ab	12,64	2,62ns	5,89*	0,33ns
RB965902	12,49ab	10,90b	11,57b	11,97	5,84*	0,49ns	12,89**
D.M.S.	1,05	1,05	1,05	1,05	–	–	–

Médias seguidas de letra iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. D.M.S.= diferença mínima significativa.

Fonte: Dados do próprio autor

**Figura 13-** Pol%cana (PC) da variedade RB965902 em função das doses de fósforo. Aparecida do Taboado – MS, 2014/2015.



Fonte: Dados do próprio autor

## 5 CONCLUSÕES

A variedade RB965902 apresentou os menores valores das características que compõem a qualidade da matéria-prima.

As doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio, proporcionam aumento linear no índice de área foliar, nos teores foliares de N, P e Mg, porém não influenciam as características agrônomicas, produtividade de colmos e agroindustrial.

A interação das variedades x doses de fósforo nos teores de fósforo, magnésio foliares e sacarose aparente permite aferir que esta interação provoca influência positiva no resultado. Isto é: as variedades RB965902, CTC 1 e CTC 9001 se mostraram responsivas, indicando que a adubação fosfatada é uma alternativa técnica viável para melhorar a qualidade tecnológica dessas variedades em início de safra.

## REFERÊNCIAS

- BARBIERI, V. **Condicionamento climático da produtividade potencial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*):** um modelo matemático-fisiológico de estimativa. 1993. 142 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade do Estado de São Paulo-USP, Piracicaba, 1993.
- BASSINELO, A. I.; OLIVEIRA, F. S. S.; VELHO, P.; MATSUOKA, S. **Manejo varietal em cana-de-açúcar.** Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1981. 34 p.
- BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V. da; SILVA, I. F. da; 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**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 136-142, 2008.
- BRAGA JUNIOR, R. L. C.; NARDY, V. **ICV e IAV:** índices CTC para otimização do canavial. [S.1.]: Revista Censo CTC – Safra 2013/14. Disponível em: <<http://www.ctcanavieira.com.br/downloads.html>>. Acesso em: 6 ago. 2015.
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants:** development, visual and analytical diagnosis. Jena: Gustav Fischer, 1992. 741 p.
- 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.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; SILVA, A. F. da; 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**, Alta Floresta, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2011.
- CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W. de; 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**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 809-818, 2012.
- CAMARGO, M. S. de; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 187-194, 2010.
- CASTRO, P. R. C.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A. F. **Cigarrinhas da cana-de-açúcar:** controle biológico. Maceió: Insecta, 2005. p. 3-48.
- CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA – CTC. **Variedades CTC:** variedades destaques. Piracicaba: CTC, 2012. 35 p. (Boletim Técnico Variedades CTC).
- CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA – CTC. **Variedades CTC de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CTC, 2010. 43 p. (Boletim Técnico Variedades CTC).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, safra 2015/2016, primeiro levantamento, abril/2015.** Brasília: CONAB, 2015. v. 2, n. 1, 33 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CONSECAN. **Manual de Instruções.** 4. ed. Piracicaba: Opinião, 2003. 116 p.

COSTA, D. B. da; ANDRADE, P. K. B. de; SILVA, S. A. M. da; SIMÕES NETO, D. E.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, E. C. A. de. Adubação fosfatada em cana planta e soca em Argissolos do nordeste de diferentes texturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 4, p. 47-56, 2014.

COSTA, J. P. V. da; BARROS, N. F. de; ALBUQUERQUE, A. W. de; MOURA FILHO, G.; SANTOS, J. R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 828-835, 2006.

CRUZ, S. J. S.; OLIVEIRA, S. S. C. de; CRUZ, S. C. S.; MACHADO, C. G.; PEREIRA, R. G. Efeito da adubação fosfatada sobre o acúmulo de biomassa e teor de brix de duas variedades de cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 110-116, 2009.

DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; GRACIANO, P. A. Efeito da densidade de plantio em duas variedades de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 7., 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1999, p. 137-140.

DEMATTÊ, J. A. **Levantamento semi-detalhado de solos relacionados aos grupos de manejo em ambientes de produção das terras da Alcoolvale.** Piracicaba: UNIALCOOL, 2007. 1CD-ROM.

DILLEWIJN, C. Van. **Botany of sugarcane.** Waltham: Chronica Botanica, 1952. 371 p.

ELAMIN, E. A.; ELTILIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; IBRAHIM, S. H.; ELSHEIKH, M. A.; BABIKER, E. E. The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of Sudan. **Journal of Applied Sciences**, Singapura, v. 7, n. 1, p. 2345-2350, 2007.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

GAMA, A. J. M. **Sistema de rotação e adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar no cerrado.** 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração em Solos) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 247 f. Tese (Doutorado Agronomia – Área de concentração: Biodinâmica dos Solos) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

GHELLER, A. C. A.; MATSUOKA, S.; NASCIMENTO, R. do. **Características agronômicas variedades RB**. Araras: UFSCar – CCA – DBV, 2003. 23 p.

GHELLER, A. C. A.; MENEZES, L. L.; MATSUOKA, S.; MASUDA, Y.; HOFFMANN, H. P.; ARIZONO, H.; GARCIA, A. A. F. **Manual de método alternativo para medição da produção de cana-de-açúcar**. Araras: UFSCar – CCA - DBV, 1999. 7 p.

GOEDERT, W. J.; SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W. J. (Ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1986. p. 129-166.

HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil-plant system. **Advances in Agronomy**, New York, v. 37, n. 3, p. 249-315, 1984.

HERMANN, E. R.; CÂMARA, G. M. S. Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. **STAB**, Piracicaba, v.17, n. 5, p.32-34, 1999.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2004, São Pedro. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 291-305.

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

LANDELL, M. G. A.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A. dos; VASCONCELOS, A. C. M. de; PINTO, L. R.; CRESTE, S. Desenvolvimento e critérios de manejo de variedades. 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, 2006. cap. 8, p. 163-172.

LIMA, L.F.N.; BARBOSA, G.V.S. Interação de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) com ambientes de cultivo na Usina Caeté. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 6., 1996, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1996. p. 213-223.

LISBOA, L. A. M. **Efeitos da fosfatagem em pré-plantio nas condições químicas do solo e no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar**. 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal)- Campus Experimental de Dracena, Universidade Estadual Paulista, Dracena, 2014.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. 2. ed. São Paulo: ANDA, 1994. 62 p. (Boletim Técnico, 5)

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.

LOPES, A. S.; COX, F. R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, n. 3, p. 742-747, 1977.

MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; PAES CAMARGO, M. B.; FAHL, J. I. Relações radiométricas de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 229-238, 1985.

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

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MENDONÇA, M. F. de; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA JÚNIOR, C. C.; CHAVES, L. H. G.; SILVA, F. A. F. D. de. Preparo do solo e fosfatagem – II. rendimento agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 14-21, 2015.

MEYER, J. H.; WOOD, R. A. The effects of soil fertility and nutrition on sugarcane quality: a review. **South African Sugar Technologists Association**, Mount Edgecombe, v. 75, n. 1, p. 242-245, 2001.

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.

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.

OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.

PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 30, v. 1, p. 01-50, 1978.

PASUCH, B. D.; CAIONE, G.; RODRIGUES, M.; DRESCHER, A. H.; FERNANDES, F. M. Desenvolvimento, produtividade e composição bromatológica da primeira soqueira da cana-de-açúcar em função de fontes de fósforo. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 4, p. 263-270, 2012.

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B.; MORGADO, L. B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 43-48, 1995.

PRADO, A. P. A. **Perfilhamento e produção da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) em função da densidade de plantio**. 1988. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

RAIJ, B. V. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 107-114.

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

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

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.

REDE INTERUNIVERSITÁRIA PARA O DESENVOLVIMENTO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO-RIDESA. **Liberação nacional de novas variedades "RB" de cana-de-açúcar**. Curitiba: RIDESA-PMGCA, 2010. 64 p.

RESENDE, A. V. de; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p. (Documentos, 195)

RODELLA, A. A.; MARTINS, M. Efeitos de fontes e formas de aplicação de fósforo na produtividade da cana-de-açúcar, em cana-planta. **Álcool e Açúcar**, Piracicaba, v. 45, n. 8, p. 26-30, 1988.

ROSSETTO, R., DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, v. 1, n. 110, p. 6-11, 2005.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S. Efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 1-6, 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.

SILVA, M. A.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; XAVIER, M. A. Produtividade de mudas sob diferentes densidades de plantio, em viveiro oriundo de cultura de meristema. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E

ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2002. p. 538-543.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C. de; ROCHA, A. T. da; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A. do. Características agroindustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 347-354, 2012.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 6, p. 840-848, 2009.

SOUZA, E. P. de. **Desempenho de variedades de cana-de-açúcar em doses de adubação fosfatada corretiva em solo originalmente coberto por vegetação de cerrado.** 2007. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Agronomia)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha solteira, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 526 p.

TEIXEIRA, E. B. **Adubação corretiva de fósforo sobre o desempenho de variedades de cana-de-açúcar cultivadas em ambiente restritivo de cerrado.** 2014. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Especialidade Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

TIESSEN, H.; MOIR, J. O. Characterization of available P by sequential extraction. In: CARTER, M.R. (Ed.). **Soil sampling and methods of analysis.** Boca Raton Lewis, 1993. p. 75-86.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; AZEREDO, D.F. Adubação na região centro-sul. In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** São Paulo: IAAJPLANALSUCAR, 1983. 368 p.

## **APÊNDICE – FOTOS DA ÁREA EXPERIMENTAL**

**Figura 14-** Plantio da cana-de-açúcar na área experimental no dia 17.04.2014. Aparecida do Taboado (MS), 2014.



**Fonte:** Dados do próprio autor.

**Figura 15-** Cobrição dos sulcos de plantio da área experimental. Aparecida do Taboado (MS), 2014.



**Fonte:** Dados do próprio autor.

**Figura 16-** Cana-de-açúcar aos 61 dias após plantio com detalhe de um dos carreadores da área experimental. Aparecida do Taboado (MS), 2014.



Fonte: Dados do próprio autor.

**Figura 17-** Colheita da cana-de-açúcar realizada no dia 14/04/2015, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

**Figura 18-** Obtenção da massa dos 45 colmos, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

**Figura 19-** Feixes de amostras identificadas para serem enviadas ao laboratório de PCTS da usina para determinação das análises tecnológicas, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015.



Fonte: Dados do próprio autor.

**Figura 20-** Detalhe de uma das parcelas da área experimental tombadas pelo vento, aos 362 dias após plantio. Aparecida do Taboado (MS), 2015.



**Fonte:** Dados do próprio autor.