

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**

**USO DE TORTA DE FILTRO E SUPERFOSFATO  
SIMPLES NA CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO**

**CEDRICK BRITO CHAIM JARDIM ROSA**

**DOURADOS  
MATO GROSSO DO SUL  
2011**

**USO DE TORTA DE FILTRO E SUPERFOSFATO SIMPLES NA  
CANA-DE-AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO**

**CEDRICK BRITO CHAIM JARDIM ROSA**  
Engenheiro Agrônomo

**ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2011

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD**

633.61098171 Rosa, Cedrick Brito Chaim Jardim.  
R788u                    Uso de torta de filtro e superfosfato simples na  
cana-de-açúcar em latossolo / Cedrick Brito Chaim  
Jardim Rosa. Dourados, MS : UFGD, 2011.  
37f.

Orientadora: Profa. Dra. Marlene Estevão  
Marchetti.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –  
Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Cana-de-açúcar – Cultivo 2. Adubação do solo  
– Rio Brillhante. I. Título.

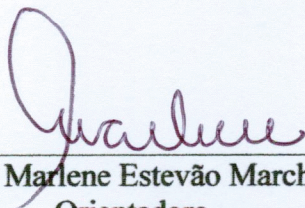
**USO DE TORTA DE FILTRO E SUPERFOSFATO SIMPLES NA CANA-DE-  
AÇÚCAR EM UM LATOSSOLO**

por

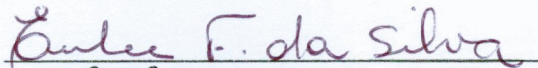
**Cedrick Brito Chaim Jardim Rosa**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
MESTRE EM AGRONOMIA

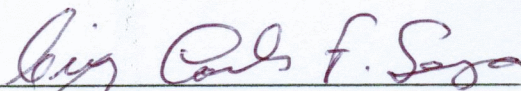
Aprovada em 21/02/2011



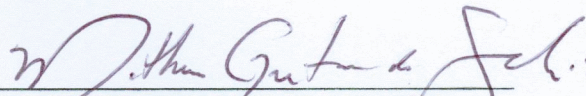
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti  
Orientadora  
UFGD/FCA



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Eulene Francisco da Silva  
Membro da Comissão Avaliadora  
UFGD/FCA



Prof. Dr. Luis Carlos Ferreira de Souza  
Membro da Comissão Avaliadora  
UFGD/FCA



Prof. Dr. Matheus Gustavo da Silva  
Membro da Comissão Avaliadora  
UEMS

A minha esposa Milena,

aos meus pais Edgard e Yara

e ao meu irmão Derek

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, amparo e amor, em todos os momentos de minha vida.

À Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Ciências Agrárias e ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal, pela oportunidade concedida.

À ETH Bioenergia, unidade Eldorado por permitir a implantação desse trabalho e por fornecer os recursos materiais e humanos indispensáveis para a concretização do mesmo.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo apoio financeiro concedido para a realização deste estudo.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Marlene Estevão Marchetti, pela orientação, apoio e ensinamentos transmitidos na condução dos trabalhos e pelos exemplos de profissionalismo, mestre e amiga.

Ao Prof. Dr. Laércio Alves de Carvalho, pela competência, amizade, disponibilidade e respeito com que procurou me co-orientar e apresentar sugestões, e pelo auxílio nas análises agronômicas, contribuindo sempre com o melhor de si.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Eulene Francisco da Silva, por me enriquecer com novos conhecimentos, pela clareza, profundidade intelectual, dedicação, competência profissional e pela amizade com que me auxiliou neste trabalho.

À Coordenação do Curso de Mestrado em Produção Vegetal na pessoa da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Silvana de Paula Quintão Scalon pela presteza com que sempre nos tratou e pela forma dedicada que vem conduzindo o curso.

Aos estimados professores do Curso de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pelos conhecimentos adquiridos e pela amizade.

Ao corpo técnico da Usina Eldorado, especialmente Dorivan, Ronan, Tony e Alexandre Sulino e, aos trabalhadores de campo por me auxiliar na execução deste trabalho, sem os quais a sua conclusão não seria possível.

Aos laboratoristas da Faculdade de Ciências Agrárias Laura Priscila Toledo Bernal e João Augusto Machado da Silva, pelo valioso apoio na condução das atividades desta pesquisa, pela amizade e pelo convívio.

A minha esposa Milena e ao meu irmão Derek, pelo companheirismo, estímulo, apoio, confiança e por estarem ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis.

À Comissão Examinadora pelas correções e valiosas sugestões.

Aos meus pais Edgard e Yara por salientarem a importância do conhecimento e por me ensinarem que o que faz a vida interessante é a possibilidade de se realizar um sonho.

E a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho pudesse ser concluído.

## SUMÁRIO

	<b>PÁGINA</b>
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
2.1. A cultura da cana-de-açúcar.....	6
2.2. Importância do fósforo sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivada em Latossolos.....	7
2.3. Torta de filtro.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Área experimental.....	11
3.2. Caracterização da área experimental.....	12
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	13
3.4. Implantação e desenvolvimento do experimento.....	14
3.5. Características avaliadas.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1. Efeito da combinação de torta de filtro e superfosfato simples sobre as características agronômicas da cana-de-açúcar.....	18
4.2. Teor de P nas folhas.....	24
4.3. Teor de nutrientes no solo.....	25
5. CONCLUSÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32



## LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 1. Análise de solo da área experimental antes implantação do experimento. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	12
TABELA 2. Doses em kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e equivalente aproximado em kg ha <sup>-1</sup> das fontes torta de filtro e superfosfato simples na composição dos tratamentos experimentais. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	13
TABELA 3. Composição mineral da torta de filtro. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	13
TABELA 4. Produção de massa fresca e seca do ponteiro (MFP, MSP), das folhas (MFF, MSF) e do colmo (MFC, MSC), em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.....	18
TABELA 5. Valores de carbono orgânico total (COT) em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS), observados de forma isolada nas profundidades de 0-25 cm e 25 e 50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	19
TABELA 6. Valores médios de altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (DIA) e perfilho das plantas de cana-de-açúcar (PER), em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.....	21
TABELA 7. Valores de tonelada de cana por hectare (TCH), sólidos solúveis totais (BRIX), pureza do caldo (PZA), açúcares polarizáveis da cana (PC), teor de fibra (FIBRA) e açúcares totais recuperados (ATR), em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.....	22
TABELA 8. Análise de variância e teste de comparação de médias dos valores médios para o teor foliar de P (TFP) em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.....	24
TABELA 9. Valores de pH em CaCl <sub>2</sub> , P, K, Ca e Mg em função da adubação utilizando torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010..	26
TABELA 10. Valores de Cu, Mn, Fe e Zn em função da adubação utilizando torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	28

TABELA 11. Valores de H+Al, SB e T em função da adubação utilizando torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	30
--	----

**LISTA DE FIGURAS**

	PÁGINA
FIGURA 1. Precipitação pluviométrica total e temperatura média em cada mês, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	11
FIGURA 2. A - realização da amostragem de solo na área experimental. B – preparo das amostras para determinação dos níveis de nutrientes. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	12
FIGURA 3. Instalação da pesquisa na Usina Eldorado. A – abertura dos sulcos. B – sulcos abertos. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	14
FIGURA 4. Partindo do ápice da planta de cana-de-açúcar observa-se as folhas -1, 0, +1, +2 e +3, esta última indicada pela seta. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	16
FIGURA 5. Determinação do crescimento de plantas de cana-de-açúcar. A – altura de plantas. B – diâmetro de colmo. Dourados-MS, UFGD, 2010.....	17

## RESUMO

ROSA, Cedrick Brito Chaim Jardim. Universidade Federal da Grande Dourados, fevereiro de 2011. **Uso de torta de filtro e superfosfato simples na cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho distroférico.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientador: Laércio Alves de Carvalho.

Entre os principais fatores que limitam a produtividade, a lucratividade e o sucesso da produção de cana-de-açúcar destaca-se a adubação, principalmente a fosfatada, que tem sido considerada como uma das mais importantes, pois interfere no crescimento, desenvolvimento e produção final de colmos das plantas. Uma das alternativas para aumentar a disponibilidade de fósforo (P) no solo, é a aplicação de fontes solúveis combinadas com resíduos orgânicos, dentre estes a torta de filtro, fornecedora de nutrientes e condicionadora do solo. Assim objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito de duas fontes de fósforo, torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS), nas características agrônômicas da cana-de-açúcar e na fertilidade de um Latossolo Vermelho distroférico. O experimento foi conduzido na Usina Eldorado no município de Rio Brillhante (MS) na safra 2009/10, em cana planta. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, onde os tratamentos foram constituídos pela combinação entre duas fontes de P (torta de filtro e superfosfato simples), totalizando dez diferentes tipos de adubação. As características avaliadas foram massa fresca e seca do ponteiro (MFP, MSP), folhas (MFF, MSF) e colmo (MFC, MSC); altura da planta (ALT); diâmetro do colmo (DIA); perfilho das plantas (PER); tonelada de cana por hectare (TCH); sólidos solúveis totais (BRIX); pureza do caldo (PZA); açúcares polarizáveis (PC); teor de fibra (FIBRA); açúcares totais recuperados (ATR); teor foliar de P (TFP), além dos atributos químicos do solo como, determinação dos teores de macro e micronutrientes e carbono orgânico total (COT). A combinação entre duas fontes de fósforo, TF e SFS, apresentou efeitos positivos para os valores de MFC, MSC e TCH e também para os teores de COT, P, K, Mn, Fe e Zn. A aplicação de pelo menos 2.700 kg ha<sup>-1</sup> de torta de filtro proporcionou ganhos de produtividades na produção de colmos. As variáveis agroindústrias BRIX, PZA, PC, FIBRA, e ATR, não foram influenciadas pela combinação das fontes mineral e orgânica. O uso combinado de torta de filtro e superfosfato simples, na dosagem de 2700 e 700 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, disponibiliza maiores teores de P ao longo do desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar, proporcionando aumentos na produção de TCH.

**Palavras chaves:** Cana-planta, resíduo industrial, produtividade, adubação de plantio.

## ABSTRACT

ROSA, Cedrick Brito Chaim Jardim. Universidade Federal da Grande Dourados, February, 2011. **The use of filter cake and simple super-phosphate on sugar cane in a dystroferic red latossol.** Adviser: Marlene Estevão Marchetti. Co-Adviser: Laércio Alves de Carvalho.

Among the main factors that restrict yield, profit and success of sugar cane yield, fertilization stands out, mainly with phosphate, which had been considered as one of the most important fertilizer because interferes on growth, development and final production of plant stalks. One of the alternatives for increasing phosphorus (P) availability in soil is applying soluble sources mixed with organic residues, filter cake is among those because it supplies nutrients and it is a soil conditioner. This way, this research aimed to evaluate the effect of two sources of phosphorus, filter cake (TF) and simple super-phosphate (SFS), on agronomic characteristics of sugar cane and on fertility of a dystroferic red latossol. The experiment was carried out at Eldorado Refinery in Rio Brilhante (MS), 2009/10 crop season, in plant cane. Used experimental design was block randomized, with four replications, where treatments were established by combining two sources of P (filter cake and simple super-phosphate), which totalized ten different types of fertilization. Evaluated characteristics were fresh and dried mass of pointer (MFP, MSP), leaves (MFF, MSF), and of stalk (MFC, MSC), plant height (ALT), stalk diameter (DIA); tiller of plants (PER); ton of sugar cane per hectare (TCH); total soluble solid (BRIX); juice purity (PZA); polarized sugar (PC); fiber content (FIBRA); total recovered sugar (ATR); foliar content of P (TFP); besides chemical attributes of soil as determination of macro and micro nutrients contents and total organic carbon (COT). The combination of two sources of phosphorus, TF and SFS showed positive effects for MFC, MSC and TCH values and as well for COT, P, K, Mn, Fe and Zn contents. The applying of, at least, 2700 kg ha<sup>-1</sup> of filter cake promoted productive gains for stalk yield. BRIX, PZA, PC, FIBRA and ATR agro-industrial variables were not influenced by combining mineral and organic sources. The combined use of filter cake and simple super-phosphate, in 2700 and 700 kg ha<sup>-1</sup> doses, respectively, supplies higher contents of P during crop development of sugar cane, which promotes increases for TCH production.

**Keywords:** Cane-plant, industrial residue, yield, fertilization for planting.

## INTRODUÇÃO GERAL

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das espécies mais cultivadas no mundo. Na agricultura brasileira, esta cultura ocupa lugar de destaque por sua importância social e econômica, seja pela geração de empregos movimentando a economia e pela produção de combustível renovável, minimizando a agressão a natureza.

O mercado sucroalcooleiro possibilita reduções de emissões de gases tóxicos que causam desequilíbrios no meio ambiente. Isso contribuiu para a difusão cada vez maior do uso de combustíveis renováveis, como o caso o etanol que libera em média 25% menos de monóxido de carbono (CO) e 35% menos de óxido de nitrogênio (NO) que a gasolina, dependendo da regulagem do motor (VEJA, 2010)

Para o Brasil isso é promissor, pois segundo estudos realizados para o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e Ministério da Ciência e Tecnologia, o país pode aumentar a produção de cana em 35 milhões de hectares e produzir 100 bilhões de litros de álcool por ano, necessitando de pelo menos 20 anos para alcançar este feito. Esses números, segundo o estudo, gerariam 5,3 milhões de empregos e uma renda de R\$ 153 bilhões (FAPESP, 2010). Atualmente, o Brasil detém a liderança mundial na produção e exportação de açúcar e álcool através de 440 unidades, envolvendo usinas, destilarias e fabricas de açúcar (MAPA, 2010).

Entre os principais fatores que limitam a produtividade, lucratividade e o sucesso da produção de cana-de-açúcar destaca-se a fertilização. Devido a grande produtividade e a remoção de massa fresca por ocasião da colheita, a adubação pode representar até 30% do custo de produção, sendo então necessária a reposição de nutrientes por meio de fertilizantes. Este fato torna-se mais preocupante, pois há expansão do plantio de cana-de-açúcar em Latossolos na região do Cerrado, os quais são caracterizados por intenso intemperismo e lixiviação de nutrientes, o que o torna ácido, pobre em nutrientes e com alta fixação de fósforo (NOVAIS e SMITH, 1999). Dentre todos os nutrientes exigidos pela cana, o fósforo (P) tem sido considerado como um dos mais limitante para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Na deficiência de P, as plantas de cana-de-açúcar apresentam redução do perfilhamento, desenvolvimento de raízes e internódios causando decréscimo na produtividade final dessa cultura (CLEMENTS, 1980; CESAR et al., 1987; MALAVOLTA, 2006), além de menor formação de sacarose (KORNDÖRFER e ALCARDE, 1992; KORNDÖRFER, 2004).

As fontes de fósforo prontamente solúveis são as mais utilizadas, por aumentar rapidamente a quantidade de P disponível para as plantas. Esta rápida liberação pode também favorecer o processo de adsorção e precipitação das formas solúveis aos componentes do solo, indisponibilizando-o às plantas (HOROWITZ e MEURER, 2003), sendo este processo mais expressivo quanto mais argiloso for o solo. Uma alternativa para redução da adsorção de P no solo é a mistura com resíduos orgânicos, sendo a torta de filtro uma excelente opção. Ela é composta da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar, que além de ser rico em nutrientes, pode auxiliar no aumento da matéria orgânica do solo. A mistura de torta de filtro com superfosfato simples pode auxiliar na redução de doses do fertilizante prontamente solúvel, e redução da fixação, uma vez que, o P orgânico é mineralizado ao longo do tempo sendo menos adsorvido pelo solo, aumentando a disponibilidade deste nutriente para a cana-de-açúcar.

Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito da adubação utilizando a combinação torta de filtro e superfosfato simples nas características agronômicas e agroindustriais da cana-de-açúcar, seja pela análise de massa fresca e seca dos ponteiros, folhas e colmos; altura, diâmetro e perfilhos de plantas e tonelada de cana por hectare, e pelo estudo dos níveis de sólidos solúveis totais; pureza do caldo; açúcares polarizáveis da cana; teor de fibra e os açúcares totais recuperados em um Latossolo Vermelho distroférico na região de Rio Brilhante (MS) na safra 2009/10.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CESAR, M.A.A., DELGADO, A.A., CAMARGO, A.P., BISSOLI, B.M.A., SILVA, F.C. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo de industrial. **Stab**. Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v.5, n.5/6, p.32-38, 1987.

CLEMENTS, H.F. **Sugarcane crop logging and crop control: principles and practice**. Hawaii: The University of Hawaii Press. 1980. 520p.

FAPESP. **Revolução no canavial**. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/?art=2939&bd=1&pg=1&lg=>>. Acesso em: 16 nov. 2010.

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.41-47, 2003.

KORNDÖRFER, G.H., ALCARDE, J.C. Aplicação de fósforo e rendimento de cana soca e ressoca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.183-186, 1992.

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S (ed.). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2004, São Pedro-SP. **Anais...** São Paulo, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.291-305.

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

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agroenergia**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS\\_DESTILARIAS/USINAS\\_CADASTRADAS/DADOS%20PRODUTORES\\_11\\_10\\_2010\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS_DESTILARIAS/USINAS_CADASTRADAS/DADOS%20PRODUTORES_11_10_2010_0.PDF)>. Acesso em 16 nov. 2010.

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

VEJA. **O biocombustível de maior produtividade n mundo**. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/energias\\_alternativas/contexto2.html](http://veja.abril.com.br/idade/exclusivo/energias_alternativas/contexto2.html)>. Acesso em: 16 nov. 2010.



## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das principais culturas no Brasil. Atualmente, o país é líder na produção e exportação de açúcar e álcool possuindo 440 unidades, envolvendo usinas, destilarias e fabricas de açúcar (MAPA, 2010). Apesar de ter apenas 2,8% da área agrícola ocupados com o cultivo dessa cultura, esta representa, aproximadamente, oito milhões de hectares (CONAB, 2010b). Em virtude da degradação do solos ocupados por pastagens e a adaptabilidade desta cultura, considera-se a cana-de-açúcar como uma alternativa de produção nestas áreas. Somente no estado do Estado de Mato Grosso do Sul a área cultivada expandiu aproximadamente 50%, passando de 265 mil hectares na safra 2009/2010, para 401 mil hectares na safra 2010/2011 (CONAB, 2010a).

Devido às boas condições de solo e clima do cerrado no Mato Grosso do Sul, associadas ao elevado nível tecnológico empregado pelas Usinas e Destilarias, a média de produtividade é de aproximadamente 80 toneladas de cana por hectare em um período de cinco safras agrícolas. A produção prevista de cana-de-açúcar para a região de MS na safra 2010/2011 é de aproximadamente 34 milhões de toneladas, o que representa 5,2% da produção nacional. Nesta safra a produção estimada de açúcar, deverá atingir 10 milhões de toneladas e para o álcool uma produção de 300 milhões de litros (CONAB, 2010b). O seu cultivo tem grande importância econômica, social e ambiental, pelas grandes áreas plantadas, por gerar matéria-prima para as agroindústrias do açúcar, do álcool e da aguardente, além de representar para o nosso país uma fonte de geração de empregos e renda no meio rural (SILVA, 2010), caracterizando-se como a segunda cultura mais importante para o agronegócio brasileiro (VITTI e MAZZA, 2002).

A produção em larga escala de cana-de-açúcar tornou-se viável com o desenvolvimento de tecnologias e melhoria da fertilidade dos solos. Dentre os nutrientes requeridos na nutrição desta cultura, o fósforo constitui um dos mais limitantes, especialmente quando cultivada em Latossolos, que apresentam, em geral, baixo teor de P disponível e reação ácida.

A aplicação de P em doses elevadas nestes solos intemperizados é justificada pela intensa fixação desse elemento, ocasionando baixo conteúdo de P disponível para absorção, principalmente em solos onde há predomínio de minerais sesquióxidos (NOVAIS e SMYTH, 1999). Desta forma, o manejo da adubação deve favorecer a absorção de P e diminuir os processos de fixação pelo solo e, conseqüentemente, aumentar o aproveitamento do P pelas plantas. Tradicionalmente, tem-se recomendado a aplicação de fontes solúveis, como

superfosfato simples ou triplo, fosfato mono ou di amônio, entre outros, localizado no sulco de plantio, os quais apresentam como principal vantagem ser fonte prontamente disponível, todavia, ao ser solubilizado o P fica mais suscetível a ser fixado pelo solo.

Uma alternativa para redução da adsorção de P no solo é a mistura com resíduos orgânicos, sendo a torta de filtro uma excelente opção. A torta de filtro é composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar, que além de ser rico em nutrientes, pode auxiliar no aumento da matéria orgânica do solo.

A mistura de torta de filtro com superfosfato simples pode auxiliar na redução de doses do fertilizante prontamente solúvel, e redução da fixação, uma vez que, o P orgânico é mineralizado ao longo do tempo sendo menos adsorvido pelo solo, aumentando a disponibilidade deste nutriente para a cana. Penso et al (1982), avaliando a solubilidade de fosfatos, constatou que uma das formas para o aproveitamento da torta de filtro na agricultura é a possibilidade de aplicá-la misturada com fosfatos naturais, uma vez que este resíduo da agroindústria canavieira possui a capacidade de melhorar a solubilidade destes compostos, disponibilizando mais rapidamente o fósforo para as plantas, comparado com a sua aplicação sem a torta.

Analisando variações espectrais em solos submetidos à aplicação de torta de filtro em solos de canaviais, Demattê et al. (2005), observaram aumentos substanciais na produção da cultura, além de outros benefícios para fertilidade do solo como disponibilização de macronutrientes (N, P, Mg, Ca e S), incremento nos teores de matéria orgânica do solo, aumentando a capacidade de retenção de água (KORNDÖRFER, 2004).

Todavia, a literatura é escassa sobre temas associando fontes orgânicas e minerais de fósforo nas características agronômicas e agroindústrias de cana-de-açúcar. Em virtude do exposto e considerando a baixa eficiência da adubação fosfatada em Latossolos, objetivou-se com essa pesquisa avaliar o efeito da combinação de duas fontes de fósforo, torta de filtro e superfosfato simples, no melhor aproveitamento deste nutriente pelas plantas e conseqüentemente melhorias nas características agronômicas e agroindustriais da cana-de-açúcar em um Latossolo Vermelho distroférico na região de Rio Brillhante (MS) na safra 2009/10.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar ocupa lugar de destaque na agricultura, sendo uma das espécies mais cultivadas no mundo. É caracterizada pela grande geração de empregos movimentando a economia e pela produção de combustível renovável, minimizando a agressão a natureza (VITTI e MAZZA, 2002).

Com a crescente preocupação da sociedade mundial em preservar o meio ambiente e pressões sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais são os grandes responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera, tem se intensificado a busca por combustíveis considerados menos poluidores (MAULE, 2001). Atualmente, observa-se forte tendência de aumento de área nas futuras safras de cana-de-açúcar, motivada pelo interesse crescente na obtenção de fonte alternativa de energia, que contribua na redução da emissão CO<sub>2</sub>, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio e enxofre (URQUIAGA et al., 2005).

Além da produção de álcool e açúcar, a cana-de-açúcar pode ser empregada *in natura*, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado e aguardente. Seus resíduos também tem grande importância econômica, sendo que o vinhoto é transformado em adubo, rico em potássio, e o bagaço em combustível para fornecimento de energia para as indústrias sucroalcooleiras.

No Estado de Mato Grosso do Sul esta cultura teve uma rápida expansão em sua área cultivada passando de 265 mil hectares na safra 2009/2010, para 401 mil hectares na safra 2010/2011, segundo estudos realizados pela Conab (2010a). Devido às boas condições de solo e clima desse Estado, associadas ao elevado nível tecnológico empregado pelas Usinas e Destilarias, a média de produtividade é de aproximadamente 80 toneladas de cana por hectare em um período de cinco safras agrícolas. A produção prevista de cana-de-açúcar para a região de MS na safra 2010/2011 em torno de 34 milhões de toneladas. Nesta safra a produção estimada de açúcar, deverá atingir 10 milhões de toneladas e para o álcool uma produção de 300 milhões de litros (CONAB, 2010b).

## 2.2. Importância do fósforo sobre o desenvolvimento da cana-de-açúcar cultivada em Latossolos

O fósforo (P) é o nutriente que mais limita o crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente em solos tropicais (TIESSEN e MOIR, 1993). Nesses solos, há o predomínio das formas inorgânicas de P ligadas à fração mineral com alta energia e formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001). Dessa maneira, somente uma pequena fração desse nutriente no solo estaria disponível para as plantas (CONTE et al., 2003).

No Mato Grosso do Sul, a maioria dos solos são classificados como Latossolos, os quais caracteriza-se pela baixa fertilidade, elevada acidez, baixo teor de nutrientes como Ca, Mg, K e P, e argila de baixa atividade (NOVAIS e SMITH, 1999), sendo necessários aplicação de elevadas quantidade de adubo fosfatado, onerando os custos de produção, com doses variando de 50 até 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (SOUSA e LOBATO, 2004; ROSCOE et al., 2006; FACTUR, 2008; KORNDÖRFER e MELO, 2009). Todavia, para a cultura da cana a melhor eficiência agrônômica para uma produção superior a 100 toneladas de colmos por hectares, encontra-se quando recomendado a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na implantação do canavial (SEGATO et al., 2006).

O P é um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento das plantas, constituindo cerca de 0,2% do peso seco das plantas. É um componente estrutural de macromoléculas, como ácidos nucleicos e fosfolípidios, e também da adenosina trifosfato (ATP), sendo um elemento chave de várias vias metabólicas e reações bioquímicas, tais como inúmeras etapas das vias C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> do ciclo de Calvin e da glicólise (FERNANDES, 2006). Nas plantas, o fósforo faz parte da estrutura de ésteres de carboidratos, fosfolípidios, coenzimas e ácidos nucleicos, auxiliando nos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celular, armazenamento e transferência de energia, transferência de gene, reprodução e na fixação biológica de nitrogênio (KORNDÖRFER e ALCARDE, 1992; LOPES, 1998; CASTRO, 2000; KORNDÖRFER, 2004; STAUFFER e SULEWSKI, 2004; MALAVOLTA, 2006).

Na cultura da cana de açúcar, o P exerce papel importante no perfilhamento, desenvolvimento de raízes e internódios (MALAVOLTA, 2006; SANTOS et al., 2011), formação de sacarose (KORNDÖRFER e ALCARDE, 1992; KORNDÖRFER, 2004) e pureza do caldo (SIMÕES NETO et al., 2009), conseqüentemente, no maior rendimento e produtividade final desta cultura, sendo que o maior conteúdo do elemento ocorre nos centros

de maior atividade, como a região de crescimento e assimilação de carbono (CESNIK e MIOCQUE, 2004). Por promover um bom desenvolvimento do sistema radicular o P permite aumentar a eficiência das plantas no uso da água, absorção e a utilização de outros nutrientes, além de servir como mecanismo de defesa da planta aos estresses provocados por doenças e fatores climáticos (STAUFFER e SULEWSKI, 2004). Sua deficiência também é problemática pois, segundo Mahadevaiah et al. (2007), reduz a absorção de nitrogênio e dificulta a clarificação do caldo durante a fabricação do açúcar, elevando o custo de fabricação.

Devido a pouca mobilidade no solo, o grande poder residual e de fixação, o P vem sendo aplicado no sulco de plantio da cana-de-açúcar com excelentes resultados, pois nessa posição o elemento encontra-se mais próximo da maior concentração de raízes, importante para o início do desenvolvimento e estabelecimento da cultura (ESPIRONELO, 1989). Em vista disto é comum a aplicação de altas doses de fontes minerais de P, podendo chegar a valores de até 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no sulco de plantio (ORLANDO FILHO et al., 1994), o que para algumas empresas acaba elevando demasiadamente os custos de produção.

Factor (2008), avaliando o desempenho de diferentes fontes de fósforo e matéria orgânica no crescimento e produtividade da cultura de cana-de-açúcar, variedade RB72454, em cana planta constatou que a presença de composto orgânico pode favorecer o aumento dos teores de P no solo, melhorando as condições deste e sua microbiota.

### **2.3. Torta de filtro**

A torta de filtro, composto basicamente orgânico, tem composição química variável e apresenta altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e possui, ainda, teores consideráveis de potássio, magnésio (NUNES JÚNIOR, 2005), e expressivas quantidades de Fe, Mn, Zn e Cu (CERRI et al., 1988). Sua composição é variável, em função da variedade de cana-de-açúcar tipo de solo, maturação, processo de clarificação do caldo e outros (ALMEIDA, 1944), sendo gerados em média de 30 a 40 kg de torta por tonelada de cana processada (MORGADO et al., 2000).

Durante o processo de clarificação do caldo, a adição de produtos que auxiliam na floculação das impurezas pode aumentar o teor de alguns minerais, principalmente fósforo e cálcio. Cerca de 30% do conteúdo total de P aparece na forma orgânica (NARDIN, 2007; SANTOS et al., 2011), propiciando liberação gradativa deste elemento por mineralização e por ataque de microorganismos no solo (SANTOS et al., 2011), dando melhores condições para o desenvolvimento das culturas (DEMATTE et al., 2005; SEGATO et al., 2006).

Seu emprego nos canaviais sulmatogrossenses é uma prática que vem difundindo-se, uma vez que a utilização desse fertilizante orgânico propicia melhores condições para a brotação da cana-de-açúcar (DEMATTÊ et al., 2005) e diminuiu o uso de adubo químico sem perdas na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos de colmos e de açúcar (ANJOS et al., 2007), além de preservar o meio ambiente, evitando o descarte do resíduo no ecossistema. Nesse sentido aumentos da produção levaram Prasad (1976) a concluir ser desnecessária a utilização de P quando se aplica torta de filtro em dose superior a 20 t ha<sup>-1</sup> no sulco de plantio.

Muitas são as informações com relação a torta de filtro beneficiando a fertilidade do solo, citando-se o aumento da disponibilidade de macronutrientes (N, P, Ca, Mg e S) e incrementos significativos nos teores de matéria orgânica do solo (MOS), aumentando a capacidade de retenção de água (KORNDÖRFER, 2004). A MOS favorece a atividade microbiana pelo fornecimento de energia (ROSCOE, 2006), elevando a mineralização das formas orgânicas de P, promovendo uma maior disponibilidade deste elemento no solo (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001).

O aumento no teor de MOS proporcionado pela torta de filtro é importante, pois a MOS participa da ciclagem e retenção de nutrientes, agregação do solo e dinâmica da água, além de ser fonte básica de energia para a atividade biológica elevando a população de microorganismos presentes no solo (ROSCOE, 2006). A atividade microbiana é responsável pela mineralização das formas orgânicas de P (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001). O estoque de P orgânico compreende o P na MOS morta e na biomassa microbiana, sendo de grande interesse para a dinâmica e ciclagem desse elemento no solo (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001).

Alguns microrganismos presentes nos solos, como bactérias e fungos, possuem papel importante no ciclo natural de P, sendo responsáveis pela hidrólise do fósforo para a forma inorgânica, tornando-o disponível para as plantas (RODRIGUÉZ et al., 2000; GYANESHWAR et al., 2002). As bactérias solubilizadoras de fósforo atuam sobre o fosfato insolúvel por meio de fosfatases, principalmente fosfatases ácidas, com a produção de ácidos orgânicos e inorgânicos e/ou redução do pH, obtendo-se então o fosfato disponível para as plantas (VASQUEZ et al., 2000; VASSILEV e VASSILEVA, 2003). Outro efeito benéfico é a capacidade de alguns compostos orgânicos presentes na MOS em formarem complexos estáveis com alumínio e ferro, reduzindo a precipitação do P (GAMA, 2007), processo de grande importância, principalmente em canaviais instalados sobre Latossolos.

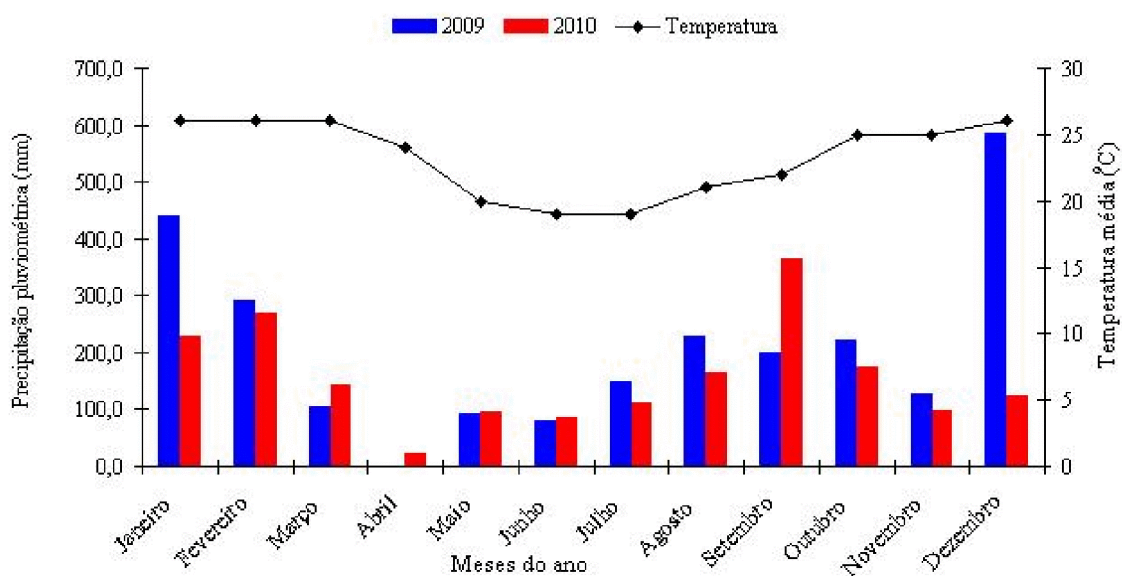
Praticamente toda torta de filtro passou a ser aproveitada nas lavouras de cana-de-açúcar (VOLPATO, 2007), pois além de se evitar o descarte do resíduo no ambiente, deve-se

considerar o impacto positivo do uso de fertilizantes orgânicos, diminuindo a demanda de adubo mineral, como MAP, DAP, fosfato natural, hiperfosfato, superfosfato simples e triplo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Área experimental

O estudo foi desenvolvido em área da Usina Eldorado localizada no Município de Rio Brilhante-MS, nas coordenadas de 21°48'15"S e 54°05'03"W, com altitude de 304 m e relevo suave, durante o ano agrícola 2009/2010. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948) é Mesotérmico Úmido, do tipo Cwa. As precipitações pluviométricas e a temperatura na região durante o período experimental do ciclo da cultura da cana-de-açúcar são apresentadas na Figura 1.



**FIGURA 1.** Precipitação pluviométrica total e temperatura média em cada mês, no período de janeiro de 2009 a dezembro de 2010. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Antes da implantação da pesquisa, em abril de 2009, foram coletadas amostras de solos utilizando o trato do tipo holandês nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm (Figura 2A) para as análises das características químicas, as quais foram realizadas no Laboratório de Fertilidade de Solo da UFGD (Figura 2B), e analisadas segundo metodologia descrita por Claessen (1997). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico, apresentando os seguintes valores (Tabela 1).





**FIGURA 2.** A - realização da amostragem de solo na área experimental. B – preparo das amostras para determinação dos níveis de nutrientes. Dourados-MS, UFGD, 2010.

**TABELA 1.** Análise de solo da área experimental antes implantação do experimento. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Prof. cm	pH CaCl <sub>2</sub>	P -- mg dm <sup>3</sup> --	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Cu	Mn	Fe	Zn
			----- cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup> -----				----- mg dm <sup>3</sup> -----				
0-25	5,40	2,00	0,13	3,20	1,10	0,00	2,10	8,75	235,46	179,21	2,97
25-50	5,40	2,00	0,09	2,70	0,70	0,00	1,90	7,63	200,16	96,32	1,85

### 3.2. Caracterização da área experimental

Desde a década de 80 a área estava sendo explorada com pastagem degradada e, visando o plantio de cana-de-açúcar, foi realizada a prática de correção do solo e posterior sistematização da área. Para melhorar as características químicas e físicas do solo foi realizada a aplicação inicial de 2,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (metade da dose recomendada) e 1,5 t ha<sup>-1</sup> de gesso, sendo incorporados com arado subsolador de 11 hastes tracionado por um trator de 240 cv. Após esta etapa aplicou-se o restante do calcário, incorporando-o com grade aradora pesada dotada de 16 discos com 34'' de diâmetro, sendo tracionada por um trator de 200 cv e posterior nivelamento da área com um trator de 180 cv rebocando uma grade niveladora de 56 com diâmetro de 22''.

A sistematização da área consistiu da construção de terraços do tipo embutido e aberturas de estradas e carregadores, feitos por pás carregadeiras e motoniveladoras.

Findado o processo de sistematização da área realizou-se a semeadura de soja em outubro de 2007 com o objetivo de melhorar as características químicas do solo. A colheita dos grãos ocorreu em março de 2008. Em setembro do mesmo ano foi semeado o adubo verde *Crotalaria juncea*, associada a 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados a lanço em área total, tendo como fonte o superfosfato triplo.

### 3.3. Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados e os tratamentos foram constituídos pela combinação entre duas fontes de fósforo, a torta de filtro (TF) e o superfosfato simples (SFS), totalizando dez diferentes combinações de adubação, com quatro repetições (Tabela 2).

**TABELA 2.** Doses em kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e equivalente aproximado em kg ha<sup>-1</sup> das fontes torta de filtro e superfosfato simples na composição dos tratamentos experimentais. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Tratamentos	Doses em kg ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Quantidade aproximado em kg ha <sup>-1</sup>	
	Torta de filtro	Superfosfato Simples	Torta de filtro	Superfosfato Simples
T1	0	150	0	937
T2	37,5	112,5	2.717	703
T3	75	75	5.435	469
T4	112,5	37,5	8.152	234
T5	150	0	10.870	0
T6	0	200	0	1.250
T7	50	150	3.623	937
T8	100	100	7.246	625
T9	150	50	10.870	312
T10	200	0	14.493	0

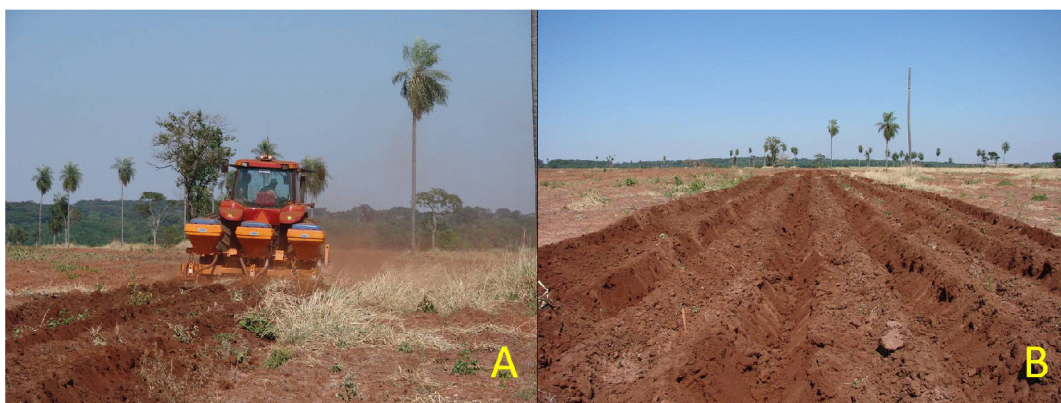
A composição mineral da torta de filtro utilizada na pesquisa apresentava os seguintes valores (Tabela 3), já para o superfosfato simples a quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> era de 18%.

**TABELA 3.** Composição mineral da torta de filtro. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Composição da torta de filtro	
Nutrientes	Quantidade (%)
N	2,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,38
K <sub>2</sub> O	0,45
Ca	2,82
Mg	0,44
S	0,20
Matéria Orgânica	44,93

### 3.4. Implantação e desenvolvimento do experimento

O plantio da cana foi realizado em maio de 2009, utilizando a cultivar RB835054. Esta cultivar foi depositada em sulcos, de aproximadamente 25 cm de profundidade. A abertura destes foi feita com um sulcador de três linhas, dotado de três adubadeiras tipo caixa individual de polietileno com capacidade para 370 litros cada uma. Este implemento foi acoplado a um trator de 220 cv, dotado de pneus de alta flutuação (Figura 3).



**FIGURA 3.** Instalação da pesquisa na Usina Eldorado. A – abertura dos sulcos. B – sulcos abertos. Dourados-MS, UFGD, 2010.

O plantio foi feito de forma manual e os colmos medindo aproximadamente 40 cm foram distribuídos dentro das linhas de plantio, sendo colocadas 18 gemas por metro linear.

Durante esta operação foi aplicado, no sulco de plantio, 600 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 28-00-22, sendo caracterizada pela ausência de fósforo para não influenciar nos resultados. A torta de filtro e superfosfato simples foram colocados nos sulcos de plantio de forma manual, convertendo a quantidade a ser fornecida por hectare para metro linear para cada tratamento experimental.

As parcelas tinham 7,5 m de largura com cinco ruas de cana espaçadas a 1,5 m, por 50 m de comprimento, perfazendo 375 m<sup>2</sup> de área total. Como área útil para realização das amostragens foi considerado apenas as três linhas centrais de cada parcela, desconsiderando os 5 m iniciais e finais da área amostral, totalizou-se 180 m<sup>2</sup> para determinação das variáveis agronômicas.

O controle de ervas daninhas da emergência até os 100 dias após o plantio (DAP) da cana-de-açúcar foi realizado por meio de capina manual. Aos 126 DAP foi realizado o controle de *Digitaria sanguinalis* e *Brachiaria decumbens* com a aplicação tratorizada de 3 L ha<sup>-1</sup> do herbicida diurom + hexazinona, com um volume de calda de 100 L ha<sup>-1</sup>. Aos 160 DAP

utilizando um trator de 180 cv acoplado a um cultivador de três linhas (espaçadas a 1,5 m de comprimento) realizou-se a operação de nivelamento da área, mais conhecida como quebra-lombo, para facilitar a colheita mecanizada. Finalizando os tratos culturais na área experimental, aos 190 DAP procedeu-se a liberação da vespa parasitóide *Cotesia flavipes* para o controle da broca da cana (*Diatraea saccharalis*). Este controle biológico preconizou a distribuição de uma quantidade média de 1.500 adultos (fêmeas + machos) para cada ¼ de hectare, totalizando 6.000 parasitóides por hectare.

### 3.5. Características avaliadas

No 15º mês após o plantio (agosto de 2010) foram realizadas as coletas e determinações agronômicas dos materiais vegetais a fim de determinar as características biométricas da parte aérea da cana-de-açúcar. As características avaliadas foram: massa fresca do ponteiro (MFP), folhas (MFF) e colmo (MFC); massa seca do ponteiro (MSP), folhas (MSF) e colmo (MSC); altura da planta (ALT); diâmetro da planta (DIA); perfilho das plantas de cana-de-açúcar (PER); tonelada de cana por hectare (TCH); sólidos solúveis totais (BRIX); pureza do caldo (PZA); açúcares polarizáveis da cana (PC); teor de fibra (FIBRA) e os açúcares totais recuperados (ATR).

Para massa fresca e seca foram coletadas a parte aérea de uma linha de cana-de-açúcar de 2 m de comprimento, escolhida aleatoriamente dentro de área útil (180 m<sup>2</sup>) de cada parcela experimental. A parte aérea foi separada em ponteiro, folha e colmo. O ponteiro foi constituído das folhas (zero e -1) e do cartucho. Para as folhas, (folha + bainha) levou-se em consideração as folhas secas e verdes até a folha que apresentava o primeiro colarinho visível. Após a retirada do ponteiro e das folhas, o restante foi considerado como colmo (RODRIGUES, 1995) (Figura 4).

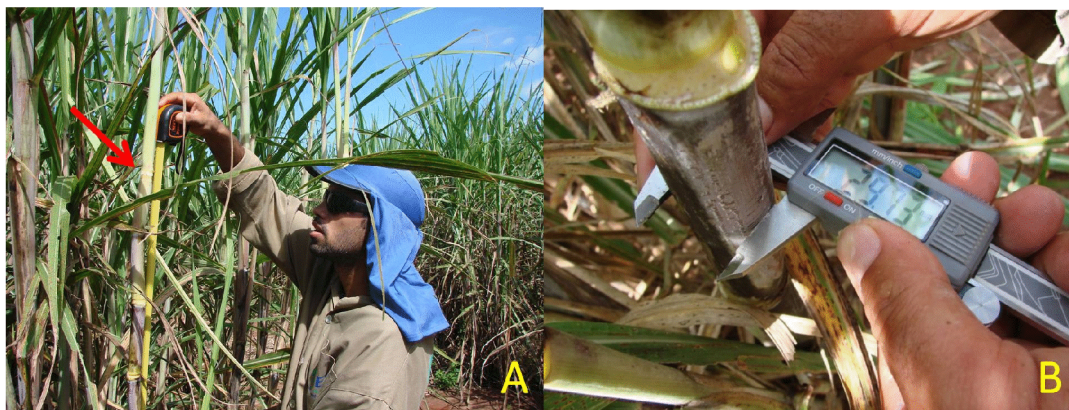


Vitti et al. (2005)

**FIGURA 4.** Partindo do ápice da planta de cana-de-açúcar observa-se as folhas -1, 0, +1, +2 e +3, esta última indicada pela seta. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Os ponteiros, folhas e colmos, após serem separados, foram pesados para determinação da massa verde total. Em seguida procedeu-se a trituração dos mesmos em um triturador de forragens, marca Nogueira, modelo DPM 4, sendo retirada sub-amostras para determinar a massa úmida. As subamostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante, para obtenção da massa seca. Levando-se em consideração a massa verde da planta e a umidade existente nas diferentes partes da mesma, foi quantificada a produção de massa seca total.

Para determinar o crescimento das plantas de cana-de-açúcar, foram escolhidas aleatoriamente dez plantas dentro da área útil das parcelas amostrais, onde foram coletados dados de altura e diâmetro do colmo. A altura do colmo foi mensurada com o auxílio de uma fita métrica a partir do solo até o colarinho da folha (+1) e o diâmetro utilizando um paquímetro digital no terço médio da planta (Figura 5). Para o perfilhamento, contou-se o número de plantas por metro, sendo realizado em uma linha de 10 m de comprimento, escolhida aleatoriamente dentro da área útil da parcela (RODRIGUES, 1995).



**FIGURA 5.** Determinação do crescimento de plantas de cana-de-açúcar. A – altura de plantas. B – diâmetro de colmo. Dourados-MS, UFGD, 2010.

A produtividade agrícola em toneladas de colmo por hectare (TCH) foi determinada pesando-se, com o auxílio de um dinamômetro, os colmos retirados de uma linha de 2 m, escolhida ao acaso dentro da área útil de cada parcela. Em seguida, foi formado um feixe de dez colmos, que foram encaminhados ao Laboratório Agroindustrial da Usina Eldorado para determinação das seguintes características industriais: sólidos solúveis totais (BRIX), pureza do caldo (PZA), açúcares polarizáveis da cana (PC), o teor de fibra (FIBRA) e os açúcares totais recuperáveis (ATR), segundo metodologia descrita pelo Consecana (2006).

Durante o mês de julho de 2010 foram realizadas amostragens em todas as parcelas da área experimental, visando determinar o teor foliar de P (TFP) nas plantas de cana-de-açúcar, conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

Também no mesmo mês, procedeu-se a amostragem de solo em todas as parcelas, nas profundidades de 0-25 e 25-50, coletando-se dez subamostras nas entre linhas da cultura da cana-de-açúcar para cada amostra, com o objetivo de determinar os teores dos macro e micronutrientes presentes no solo, conforme metodologia descrita por Claessen (1997). A determinação do carbono orgânico total (COT) foi realizada pelo método de oxidação via úmida, com aquecimento externo proposto por Yeomans e Bremner (1988), utilizando parte do solo proveniente da análise de rotina.

Todas as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade e, quando significativos, os tratamentos foram comparados pelo teste Scott Knot.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Efeito da combinação de torta de filtro e superfosfato simples sobre as características agrônômicas da cana-de-açúcar

Na análise de massa fresca e seca do ponteiros, folhas e colmos observou-se efeitos positivos ( $p < 0,01$ ) da combinação entre as doses de torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) (Tabela 4). Constatou-se que houve incremento para a massa fresca e seca dos ponteiros, folhas e colmos quando na composição do fertilizante fosfatado encontrava-se a torta de filtro, ou seja, nos tratamentos 3, 4, 5, 8 e 9. Observou-se também que ao aumentar os valores das massas frescas e secas das folhas e do ponteiro ocorreu redução nos valores de massa fresca e seca do colmo (Tabela 4). Provavelmente a maior produção de colmos demandou maior quantidades de fotoassimilados, diminuindo a produção de massa fresca e seca dos ponteiros e folhas, o que para indústria é importante, uma vez que, elevando-se a produção de colmo por área, maior deverá ser a quantidade de açúcar a beneficiado pela usina.

**TABELA 4.** Produção de massa fresca e seca do ponteiro (MFP, MSP), das folhas (MFF, MSF) e do colmo (MFC, MSC), em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.

Tratamentos		MFP	MFF	MFC	MSP	MSF	MSC
----- kg ha <sup>-1</sup> -----		----- t ha <sup>-1</sup> -----					
T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	12,36 a	14,16 b	138,04 b	3,86 b	10,84 d	31,31 b
T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	13,88 a	21,33 a	148,58 a	4,48 a	18,23 a	34,29 a
T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	10,50 b	14,58 b	159,08 a	3,78 b	14,20 c	35,11 a
T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	12,48 a	12,32 b	147,25 a	4,36 a	13,09 c	34,62 a
T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	8,12 c	13,24 b	153,66 a	2,84 d	13,47 c	34,67 a
T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	11,83 b	20,50 a	141,25 b	4,02 b	17,58 a	32,39 b
T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	11,24 b	12,91 b	137,25 b	3,49 c	12,47 d	32,67 b
T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	12,41 a	15,33 b	158,41 a	4,04 b	11,90 d	35,60 a
T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	10,91 b	13,16 b	149,58 a	3,78 b	15,90 b	34,00 a
T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	11,13 b	16,58 b	147,50 a	4,23 a	13,95 c	32,83 b
F.V		G.L.					
Tratamentos	9	8,52**	43,53**	223,58**	0,80**	15,15**	12,60**
Resíduo	27	1,27	3,94	61,43	0,10	1,74	3,43
CV(%)		9,86	12,55	5,31	8,49	9,43	5,55
Média geral		11,47	15,82	147,52	3,89	13,99	33,39
		t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>	t ha <sup>-1</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

A presença de torta de filtro na composição da adubação fosfatada utilizada no plantio da cana-de-açúcar pode ter favorecido o seu desenvolvimento, visto que os tratamentos que apresentaram as maiores médias de carbono orgânico total (COT) (Tabela 5), foram os mesmos que apresentaram os maiores valores de massa fresca e seca de colmos (Tabela 4), principalmente na camada de 0-25 cm.

**TABELA 5.** Valores de carbono orgânico total (COT) em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS), observados de forma isolada nas profundidades de 0-25 cm e 25 e 50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Prof.	Tratamentos		COT
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		----- dag kg <sup>-1</sup> -----
0-25 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	1,37 b
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	1,63 a
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	1,61 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	1,77 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	1,73 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	1,22 b
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	1,34 a
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	1,68 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	0,95 b
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	0,68 b
	F.V	G.L.	
	Tratamentos	9	0,56**
	Resíduo	27	0,11
	CV(%)		25,46
	Média geral		1,40 dag kg <sup>-1</sup>
Prof.	Tratamentos		COT
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		----- dag kg <sup>-1</sup> -----
25-50 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	1,17 a
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	1,68 a
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	0,99 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	1,30 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	1,24 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	1,06 a
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	0,98 a
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	1,42 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	1,24 a
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	1,46 a
	F.V	G.L.	
	Tratamentos	9	0,19 <sup>ns</sup>
	Resíduo	27	0,34
	CV(%)		47,03
	Média geral		1,25 dag kg <sup>-1</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo



Este fato deve-se provavelmente a elevada quantidade de matéria orgânica, aproximadamente 45% de matéria orgânica (Tabela 3), que este resíduo da agroindústria detinha. Elevados teores de COT presentes no solo possibilitam elevação do armazenamento de água no solo, melhorando o aproveitamento dos fertilizantes pelas plantas (BAYER et al., 2000; SCHLINDWEIN e ANGHINONI, 2000; AMADO et al., 2002), e também como fonte de energia para o desenvolvimento da atividade microbiana, elevando a mineralização das formas orgânicas de P (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001).

Disponibilizando fontes adequadas de P em curto espaço de tempo, as plantas de cana-de-açúcar possivelmente melhoraram o desenvolvimento do sistema radicular, promovendo melhor exploração do solo e ativação dos principais processos metabólicos (SAWAN et al., 2001; MALAVOLTA et al., 2006), fundamentais para o aumento da produção de massa fresca e seca de colmos (tratamentos 3, 4, 5, 8 e 9), fato este em concordância com Modesto et al. (2009), que estudando algumas propriedades de um Latossolo degradado como uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos, dentre estes a torta de filtro, sobre o desenvolvimento da árvore nativa Monjoleiro (*Acacia polyphylla*) constataram que tratamentos associados à presença de torta de filtro foram os que propiciaram o maior peso de massa seca e fresca da parte aérea.

O P exerce papel importante no perfilhamento (SANTOS et al., 2011), uma vez que proporciona bom desenvolvimento do sistema radicular, elevando a eficiência no uso da água, absorção e a utilização de nutrientes (STAUFFER e SULEWSKI, 2004). O perfilhamento, juntamente com a altura de plantas e o diâmetro de colmos são componentes para a formação do potencial agrícola. Entretanto, ao observar a Tabela 6, constatou-se que o maior perfilhamento não foi o que promoveu a maior altura e diâmetro das plantas. Notou-se que o maior número de perfilhos foram obtidos nos tratamentos 1, 2, 3, 6, 7, 8 e 10 ( $p < 0,01$ ), exceção feita somente para os números 4, 5 e 9. Este fato, provavelmente, deve-se a quantidade de superfosfato simples (SFS) depositado no sulco de plantio, visto que, os maiores valores possuíam quantidade superior a  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Por ser uma fonte mais solúvel do que a torta de filtro, o SFS disponibilizou quantidades elevadas de P na solução do solo na fase inicial da cultura, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular. Sendo assim plantas de cana-de-açúcar mais bem nutridas na fase de estabelecimento da cultura perfilharam mais aumentando a sua concentração dentro do estande. Com isso, elevou-se a competição intraespecífica pelos principais fatores ambientais, fato este em concordância Oliveira et al. (2004) e Ramesh (2000), que avaliando o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, constataram que

altos valores de índice de área foliar (IAF) não conseguiram manter níveis elevados de produção de massa seca em virtude do auto-sombreamento reduzindo as taxas fotossintéticas, bem como luz, nutrientes e difusão de CO<sub>2</sub> dentro do estande (GAVA et al., 2001).

**TABELA 6.** Valores médios de altura de planta (ALT), diâmetro de colmo (DIA) e perfilho das plantas de cana-de-açúcar (PER), em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.

Tratamentos		ALT	DIA	PER
----- kg ha <sup>-1</sup> -----		--- m ---	--- mm ---	--- pl em 10 m ---
T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	3,65 b	26,78 b	106,75 a
T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	3,61 b	28,46 a	113,00 a
T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	3,69 b	26,56 b	112,50 a
T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	3,81 a	28,29 a	97,50 b
T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	3,87 a	28,76 a	103,70 b
T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	3,82 a	27,74 b	111,50 a
T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	3,67 b	29,45 a	109,25 a
T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	3,52 b	27,34 b	104,75 a
T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	3,96 a	27,11 b	100,25 b
T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	3,84 a	25,42 c	105,50 a
F.V	G.L.			
Tratamentos	9	0,06**	4,96**	243,34**
Resíduo	27	0,01	0,66	42,81
CV(%)		3,31	2,97	6,21
Média geral		3,74 m	27,59 mm	106,47 pl em 10 m

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

As variáveis brix (BRIX), pureza do caldo (PZA), pol cana (PC), teor de fibra (FIBRA) e açúcar total recuperado (ATR) são as mais importantes para a indústria sucroalcooleira, pois estão diretamente relacionadas com a quantidade de matéria prima produzida pela lavoura e disponível para a transformação em açúcar ou álcool, todavia a adubação seja mineral ou orgânica não influenciou nas características (Tabela 7).

Estes resultados são semelhantes aos de Rosseto et al. (2002), que estudando os efeitos da aplicação de diferentes doses de fosfato natural nas características industriais do caldo da cana-de-açúcar, constatou que os teores de BRIX, PZA, PC, FIBRA e ATR não foram alterados. Complementado esta observação Pereira et al. (1995), avaliando o efeito de níveis e do resíduo de P sobre a produtividade da cana-de-açúcar em Vertissolo, observaram que a quantidade de PC não foram influenciados pelos tratamentos. A ausência de diferença estatística nas variáveis agroindústrias provavelmente deve-se ao bom regime hídrico durante

a condução do projeto (Figura 1), principalmente na fase final de maturação, onde a elevada quantidade de chuvas pode ter nivelado os níveis agroindustriais para todos os tratamentos.

**TABELA 7.** Valores de tonelada de cana por hectare (TCH), sólidos solúveis totais (BRIX), pureza do caldo (PZA), açúcares polarizáveis da cana (PC), teor de fibra (FIBRA) e açúcares totais recuperados (ATR), em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.

Tratamentos		TCH	BRIX	PZA	PC	FIBRA	ATR
----- kg ha <sup>-1</sup> -----		- t ha <sup>-1</sup> -	- °Brix -	----- % -----			- kg t <sup>-1</sup> -
T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	138,04 b	19,26 a	89,44 a	14,79 a	11,19 a	145,41 a
T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	149,58 a	19,17 a	89,12 a	14,78 a	10,75 a	145,39 a
T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	159,58 a	19,67 a	90,12 a	15,17 a	11,37 a	148,83 a
T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	149,75 a	19,37 a	90,09 a	14,85 a	11,70 a	145,78 a
T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	154,41 a	20,05 a	89,81 a	15,33 a	11,66 a	150,38 a
T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	142,75 b	19,53 a	89,22 a	14,94 a	11,28 a	146,84 a
T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	133,50 b	19,80 a	88,76 a	15,08 a	11,23 a	148,32 a
T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	158,66 a	19,78 a	88,87 a	15,04 a	11,38 a	147,89 a
T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	149,58 a	19,24 a	88,92 a	14,78 a	10,84 a	145,48 a
T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	144,25 b	19,37 a	89,51 a	14,90 a	11,36 a	146,40 a
F.V		G.L.					
Tratamentos	9	273,94**	0,39 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	13,61 <sup>ns</sup>
Resíduo	27	73,38	0,44	1,87	0,25	0,21	21,69
CV(%)		5,81	3,41	1,53	3,37	4,02	3,16
Média geral		147,43	19,57	89,37	14,99	11,29	147,36
		t ha <sup>-1</sup>	°Brix	%	%	%	kg t <sup>-1</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

A combinação entre torta de filtro e superfosfato simples influenciou positivamente a produção de colmos por hectares (TCH) (Tabela 7). Com base nestas informações pode-se inferir que os tratamentos 2, 3, 4, 5, 8 e 9 proporcionaram incremento na produção de tonelada de colmos por hectare (TCH), refletindo em uma quantidade maior de matéria prima que foi beneficiada pela indústria para produção de álcool e açúcar. Os tratamentos 1, 6 e 7, mesmo sendo diferentes estatisticamente também proporcionaram produtividades satisfatórias (138,04; 142,75 e 133,50 toneladas de colmos por hectare, respectivamente), provavelmente este fato deve-se a quantidade elevada de SFS (937, 1.250 e 937 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Este adubo quando comparado à torta de filtro apresenta uma alta solubilidade nos solos, sendo prontamente disponíveis para as plantas de cana-de-açúcar e também fixados pelos óxidos de Fe e Al, característicos dos Latossolos, retendo grandes quantidades de P (IGUAL

et al., 2001), fazendo com que grande parte do fertilizante fosse disponibilizado na fase inicial do seu desenvolvimento, promovendo a ausência de complementação na fase final da cultura.

Ao analisar o tratamento 10 (200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tendo como fonte a torta de filtro) constatou-se uma produção de colmos na ordem de 144,25 t ha<sup>-1</sup>, aproximadamente 15 toneladas aquém da melhor combinação. A utilização de 100% da torta de filtro na dose máxima aplicada por hectare, possivelmente assemelhou-se a aplicação de 937 kg ha<sup>-1</sup> de SFS dos tratamentos 1 e 7, fazendo com que grande parte do P fosse disponibilizado imediatamente para as plantas, não havendo reservas durante o desenvolvimento da cultura.

Concluiu-se que independente da combinação orgânica ou mineral de adubação e da quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fornecida por hectare (150 ou 200 kg) o melhor custo benefício para a Usina foi obtido quando utilizou-se os tratamentos 2, 3, 4 e 5 (Tabela 7), por demandarem menores quantidade de fertilizante por área, proporcionando maior rendimento operacional. Fato em concordância com Segato et al. (2006), que realizando estudos para atualizar os conhecimentos sobre a produção de cana-de-açúcar, constatou que para uma produção superior a 100 toneladas de colmos por hectares, recomenda-se aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na implantação do canavial.

O uso combinado de fontes de P com alta (superfosfato simples) e baixa solubilidade (torta de filtro) foi viável e benéfico para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, pois, a fonte mais solúvel (SFS) forneceu o P no curto prazo, período necessário para o rápido crescimento e estabelecimento da cultura, não sendo prejudicada pela competição com as plantas invasoras. Já a fonte menos solúvel (TF), liberou o P gradativamente promovendo melhor crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar.

#### 4.2. Teor de P nas folhas

Houve efeito significativa ( $p < 0,01$ ) para o teor foliar de fósforo (TFP) em função das combinações de torta de filtro e superfosfato simples (Tabela 8). Observou-se que os menores níveis de P foram obtidos nos tratamentos 2, 4, 5 e 7. Estas combinações possuíam em comum, a presença de pelo menos  $37,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de torta de filtro (T2), o que promoveu maior desenvolvimento da parte aérea, diluindo as quantidades deste nutriente na planta.

**TABELA 8.** Análise de variância e teste de comparação de médias dos valores médios para o teor foliar de P (TFP) em função da adubação com torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS). Dourados-MS, UFGD, 2010.

Tratamentos		TFP
----- $\text{kg ha}^{-1}$ -----		----- $\text{g kg}^{-1}$ -----
T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	0,83 a
T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	0,80 b
T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	0,85 a
T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	0,81 b
T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	0,79 b
T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	0,85 a
T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	0,82 b
T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	0,85 a
T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	0,90 a
T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	0,86 a
F.V	G.L.	
Tratamentos	9	0,005**
Resíduo	27	0,001
CV(%)		4,40
Média geral		0,84 ( $\text{g kg}^{-1}$ )

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

Em função dos elevados teores de COT presentes nos tratamentos 2, 4, 5 e 7 (Tabela 5) os processos de ciclagem e retenção de nutrientes possivelmente foram beneficiados, fato este estando em concordância com Roscoe (2006). Nesse sentido e levando em consideração que o incremento da quantidade de matéria orgânica elevou a atividade microbiana, os processos de mineralização das formas orgânicas de P foram beneficiados (SIQUEIRA e MOREIRA, 2001), aumentando a disponibilidade desse nutriente para as plantas, desencadeando a ativação das principais funções metabólicas da planta, dentre elas a fotossíntese (KORNDÖRFER e ALCARDE, 1992; MALAVOLTA et al., 1997; LOPES,

1998; CASTRO, 2000; KORNDÖRFER, 2004; STAUFFER e SULEWSKI, 2004), possibilitando assim incremento na produção de energia, o que provavelmente foi revertida em crescimento e desenvolvimento de folhas, palmitos e colmos.

#### **4.3. Teor de nutrientes no solo**

A disponibilidade de nutrientes no solo para a cultura da cana-de-açúcar apresentou interações significativas ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) entre as diferentes combinações de adubação orgânica e mineral e profundidades Tabelas 9, 10 e 11, sobre os níveis de nutrientes presentes no solo ao final do ciclo da cana-planta apenas para P, K (Tabela 9), Mn, Fe e Zn (Tabela 10).

Os menores teores de P para a profundidade de 0-25 cm foram encontrados nos tratamentos 3, 4, 5, 8, 9 e 10, e para a profundidade de 25-50 cm os tratamentos 4, 5, 7, 8, 9 e 10 foram os que obtiveram as menores médias (Tabela 9). Fato em comum em ambas as profundidades é a presença de pelo menos 75 e 50 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, de torta de filtro presente nos tratamentos.

Este fato deveu-se provavelmente a elevação dos teores de COT, refletindo em melhor disponibilidade e absorção de P para as plantas de cana-de-açúcar, visto que os processos de lixiviação e fixação foram reduzidos (GAVA et al., 2006). Estando próximo do sistema radicular o P possivelmente propiciou maior desenvolvimento das raízes, e iniciação das principais atividades metabólicas da planta (KORNDÖRFER, 2004; STAUFFER e SULEWSKI, 2004), fazendo com que os teores de P localizados na camada superficial fossem utilizados no crescimento e desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar.

**TABELA 9.** Valores de pH em CaCl<sub>2</sub>, P, K, Ca e Mg em função da adubação utilizando torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Prof.	Tratamentos		pH CaCl <sub>2</sub>	P mg dm <sup>3</sup>	K cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup>	Ca mmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup>	Mg mmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup>
	kg ha <sup>-1</sup>						
0-25 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	5,63 a	10,28 b	0,93 b	1,87 a	0,67 a
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	5,80 a	13,15 a	0,88 b	1,82 a	0,77 a
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	5,68 a	3,48 d	0,97 b	1,42 a	0,62 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	5,86 a	2,26 d	0,48 c	1,82 a	0,74 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	6,12 a	3,16 d	0,66 c	1,83 a	0,91 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	5,60 a	4,58 c	0,91 b	1,29 a	0,62 a
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	5,93 a	5,22 c	1,08 b	1,61 a	0,74 a
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	5,97 a	2,02 d	0,94 c	1,93 a	0,77 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	6,10 a	2,66 d	1,02 c	1,76 a	0,76 a
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	6,11 a	..2,94 d	1,00 c	1,63 a	0,65 a
	F.V		G.L.				
Tratamentos		9	0,15 <sup>ns</sup>	54,40 <sup>**</sup>	0,25 <sup>**</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Resíduo		27	0,10	1,06	0,05	0,16	0,04
CV(%)			5,49	20,16	25,46	23,91	29,35
Média geral			5,88	4,97	0,89	1,70	0,72
25-50 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	5,86 a	46,01 a	1,09 a	2,49 a	0,97 a
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	5,96 a	14,02 b	0,92 a	2,89 a	1,07 a
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	5,90 a	12,03 b	0,87 a	2,55 a	1,02 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	5,91 a	2,64 c	0,56 b	2,29 a	1,00 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	6,20 a	3,12 c	0,57 b	2,84 a	1,05 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	5,86 a	48,88 a	0,89 a	2,38 a	0,90 a
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	6,00 a	5,81 c	0,88 a	2,42 a	0,99 a
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	5,97 a	2,65 c	0,50 b	2,06 a	0,79 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	5,89 a	7,92 c	0,57 b	2,45 a	0,81 a
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	6,10 a	3,46 c	0,56 b	2,42 a	0,90 a
	F.V		G.L.				
Tratamentos		9	0,04 <sup>ns</sup>	1258,86 <sup>**</sup>	0,16 <sup>**</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
Resíduo		27	0,09	21,56	0,03	0,14	0,03
CV(%)			5,14	31,68	21,38	15,25	19,05
Média geral			5,96	14,65	0,74	2,48	0,95

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

O potássio tem papel reconhecido na síntese de açúcares e é o nutriente mais exportado pela cultura da cana-de-açúcar (REIS e MONNERAT, 2002). Sua deficiência implica na não ativação enzimática fazendo com que o colmo fique chocho, isoponizado, ocasionando um menor teor de açúcar acumulado pela planta (PAULINO et al., 2002).

Seu decréscimo em função da profundidade do solo foi superior para os tratamentos 4, 5, 8, 9 e 10, tanto para ambas as profundidades (Tabela 9).

Este fato deve-se principalmente a alta quantidade de matéria orgânica fornecida pela torta de filtro na camada superficial do solo, elevando-se os teores de COT (Tabela 5),

consequentemente maior número de cargas negativas, o que desencadeou maior adsorção dos cátions. Benitez e Mendonça (1998), avaliando as propriedades eletroquímicas de um solo influenciadas pela adição de duas fontes de matéria orgânica, constataram que o efeito do aumento de cargas elétricas negativas foi evidenciado pela adição de esterco ao solo originalmente eletropositivo.

Em função da cana-de-açúcar ser uma monocotiledônea, a mesma possuiu CTC (Capacidade de Troca Catiônica) das raízes menor, possibilitando alta capacidade de absorção de cátions monovalentes, como no caso do K, possibilitando assim alta assimilação deste nutriente, justificando os baixos teores de potássio no solo. Os tratamentos que possibilitaram menor absorção de potássio foram o 4, 5, 8, 9 e 10, possivelmente em função da elevada quantidade de torta de filtro, que possivelmente disponibilizou quantidades elevadas de matéria orgânica adsorverdo os cátions de K na solução do solo (Tabela 9).

Não foram detectadas diferenças significativas para os teores pH em  $\text{CaCl}_2$ , Ca e Mg, tanto para valores em profundidade, como para tratamentos (Tabela 9). Isso provavelmente ocorreu devido a prática de calagem durante o preparo inicial de solo da Usina. Esta prática por meio do fornecimento do calcário, visa elevar o pH, fornecer Ca e Mg, melhorar a atividade microbiana, corrigir o alumínio tóxico, dando condições ao bom estabelecimento da cultura, elevando a longevidade e o potencial produtivo do canavial.

A menor quantidade de Ca ocorreu na camada de 0-25 cm de profundidade, possivelmente, em função de um maior volume de raízes por parte das plantas de cana-de-açúcar localizadas na camada superficial do solo. Esses resultados concordam com os relatados por Stauffer e Sulewski (2004), que afirmam que a presença de P promove um bom desenvolvimento radicular, permitindo aumentar a eficiência no uso da água (promovendo a sua menor perda), absorção e a utilização de outros nutrientes, além de servir como mecanismo de defesa da planta aos estresses provocados por doenças e fatores climáticos.

Com relação ao Mg, este apresenta sinergismo com o P, sendo fundamental para a realização dos processos da fotossíntese (MALAVOLTA, 2006). Nesse contexto, em função da utilização de grandes quantidades de P (150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na implantação do canavial, o mesmo possibilitou maiores extrações de Mg, dando condições para que a planta de cana-de-açúcar desenvolvesse todas as suas atividades metabólicas. Rossetto et al., 2004, avaliando a eficiência agrônômica do fosfato natural em cana-de-açúcar, observou que níveis adequados de Mg também influenciam na resposta à absorção de K promovendo maior acumulação de sacarose nos colmos, o que refletiu em ganhos para a indústria (Tabela 9).



Não houve diferença significativa entre tratamentos e nas diferentes profundidades para os valores de Cu (Tabela 10).

**TABELA 10.** Valores de Cu, Mn, Fe e Zn em função da adubação utilizando torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Prof.	Tratamentos		Cu	Mn	Fe	Zn
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
0-25 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	2,88 a	121,95 b	98,32 b	1,10 b
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	2,43 a	115,34 b	107,15 b	1,08 b
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	2,72 a	138,36 a	119,06 a	1,65 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	3,03 a	133,00 a	122,68 a	1,46 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	2,96 a	141,89 a	134,98 a	1,81 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	2,28 a	124,54 b	95,90 b	0,88 b
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	1,83 a	119,35 b	85,82 b	0,82 b
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	3,31 a	137,88 a	117,82 a	1,30 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	2,16 a	135,42 a	127,68 a	1,25 a
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	2,03 a	142,10 a	121,28 a	1,47 a
	F.V	G.L.				
	Tratamentos	9	0,95 <sup>ns</sup>	86627,86 <sup>**</sup>	864,12 <sup>**</sup>	0,27 <sup>**</sup>
	Resíduo	27	0,42	493,98	215,37	0,04
	CV(%)		25,50	17,22	13,22	17,57
	Média geral		2,56 mg dm <sup>3</sup>	130,98 mg dm <sup>3</sup>	125,27 mg dm <sup>3</sup>	1,28 mg dm <sup>3</sup>
25-50 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	2,40 a	78,39 d	114,71 c	1,32 b
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	2,16 a	106,73 c	114,13 c	1,51 b
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	2,63 a	122,86 b	200,54 a	1,41 b
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	2,74 a	137,98 a	167,21 b	1,14 b
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	2,47 a	100,73 c	142,59 c	2,29 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	2,97 a	104,26 c	127,94 c	1,39 b
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	2,53 a	85,94 d	129,00 c	1,60 b
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	2,99 a	54,38 d	139,46 c	1,31 b
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	2,26 a	122,87 b	158,87 b	1,51 b
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	2,69 a	107,70 c	122,31 c	1,61 b
	F.V	G.L.				
	Tratamentos	9	0,30 <sup>ns</sup>	2359,96 <sup>**</sup>	2964,47 <sup>**</sup>	0,37 <sup>**</sup>
	Resíduo	27	0,15	89,59	334,44	0,10
	CV(%)		15,02	9,26	12,42	21,45
	Média geral		2,58 mg dm <sup>3</sup>	102,18 mg dm <sup>3</sup>	141,67 mg dm <sup>3</sup>	1,51 mg dm <sup>3</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

Diante destas informações e considerando a análise inicial do solo, onde o Cu apresentou valores de 8,75 e 7,63 mg dm<sup>3</sup> (Tabela 1), para profundidades de 0-25 e 25-50 cm, respectivamente, conclui-se que as plantas de cana-de-açúcar extraíram grande quantidade deste elemento, visando promover suas principais atividades metabólicas (Tabela 10).

Quando analisam-se os teores de Mn, Fe e Zn (Tabela 10), observou-se que houve interação dos níveis desses elementos presentes no solo, sendo que as maiores médias em magnitude foram obtidas nos tratamentos 3, 4, 5, 8, 9 e 10, na profundidade de 0-25 cm. Isso deve-se a elevada quantidade de matéria orgânica (45%) presente na torta de filtro, o que pode ter influenciado negativamente a disponibilidade dos micronutrientes de carga positiva (Mn<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup>, Fe<sup>+3</sup> e Zn<sup>+2</sup>) em função da adsorção dos íons positivos (micronutrientes) com os íons de carga de negativa presentes na matéria orgânica do resíduo industrial.

Ao analisarmos os níveis de H<sup>+</sup>Al, SB e T (Tabela 11), constatou-se que os menores resultados foram obtidos na profundidade de 0-25 cm. Isso deve-se a prática de calagem inserida no processo de preparo de solo empregado pela usina na abertura de novas áreas. Esta operação tem como objetivo incorporar calcário (recomendado de acordo com as necessidades do solo), melhorando as características físicas do solo, e químicas através da elevação do pH, fornecimento de Ca e Mg, beneficiando a atividade microbiana do solo, corrigindo o Al tóxico, possibilitando um melhor desenvolvimento e eficiência de absorção dos nutrientes pelo sistema radicular das plantas de cana-de-açúcar.

**TABELA 11.** Valores de H+Al, SB e T em função da adubação utilizando torta de filtro (TF) e superfosfato simples (SFS) nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm. Dourados-MS, UFGD, 2010.

Prof.	Tratamentos		H+Al	SB	T
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		----- cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup> -----		
0-25 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	1,69 a	26,40 a	43,30 a
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	1,45 a	26,87 a	41,37 a
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	1,71 a	21,43 a	38,53 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	1,50 a	26,16 a	41,19 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	1,10 a	28,42 a	39,45 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	1,65 a	19,93 a	36,43 a
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	1,87 a	24,67 a	43,42 a
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	1,69 a	28,38 a	45,36 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	1,89 a	25,94 a	44,84 a
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	1,80 a	23,86 a	41,93 a
	F.V	G.L.			
	Tratamentos	9	0,22 <sup>ns</sup>	31,21 <sup>ns</sup>	31,94 <sup>ns</sup>
	Resíduo	27	0,28	33,98	50,08
	CV(%)		32,47	23,12	17,02
	Média geral		1,63	25,21	41,58
			mmol <sub>(c)</sub> m <sup>3</sup>	mmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup>	mmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup>
Prof.	Tratamentos		H+Al	SB	T
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		----- cmol <sub>(c)</sub> dm <sup>3</sup> -----		
25-50 cm	T1	(TF= 0,00 SFS= 150,00)	1,31 a	35,78 a	48,88 a
	T2	(TF= 37,50 SFS= 112,50)	1,40 a	406,7 a	54,70 a
	T3	(TF= 75,00 SFS= 75,00)	1,23 a	36,58 a	48,90 a
	T4	(TF= 112,50 SFS= 37,50)	1,26 a	33,55 a	46,17 a
	T5	(TF= 150,00 SFS= 0,00)	1,24 a	39,88 a	52,30 a
	T6	(TF= 0,00 SFS= 200,00)	1,42 a	33,74 a	48,01 a
	T7	(TF= 50,00 SFS= 150,00)	1,48 a	35,06 a	49,94 a
	T8	(TF= 100,00 SFS= 100,00)	1,39 a	29,05 a	43,00 a
	T9	(TF= 150,00 SFS= 50,00)	1,52 a	33,70 a	48,97 a
	T10	(TF= 200,00 SFS= 0,00)	1,38 a	33,83 a	47,63 a
	F.V	G.L.			
	Tratamentos	9	44,82 <sup>ns</sup>	40,37 <sup>ns</sup>	29,11 <sup>ns</sup>
	Resíduo	27	26,33	25,93	14,17
	CV(%)		14,58	10,42	5,26
	Média geral		35,18	48,85	71,54
			mmol <sub>(c)</sub> m <sup>3</sup>	mmol <sub>(c)</sub> m <sup>3</sup>	mmol <sub>(c)</sub> m <sup>3</sup>

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si (Scott Knot 5%)

\*\*significativo, ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F; \*significativo, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F; ns não significativo

## 5. CONCLUSÕES

1. O uso combinado de torta de filtro e superfosfato simples proporciona aumentos na produção de colmos por hectare.
2. A torta de filtro possibilita maior disponibilidade de P ao longo do tempo, beneficiando todas as fases do desenvolvimento da cultura.
3. A utilização de pelo menos  $2.700 \text{ kg ha}^{-1}$  de torta de filtro como fonte de P é viável, uma vez que proporciona aumentos na produção de TCH.
4. O uso combinado de torta de filtro e superfosfato simples não proporciona aumentos nos teores BRIX, PZA, PC, FIBRA e ATR.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.R. As tortas da usinas de açúcar. II. Composição química das tortas. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.24, n.8, p.91-94, 1944.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas v.26, p.241-248, 2002.

ANJOS, I.A.; ANDRADE, L.A.B.; GARCIA, J.C.; FIGUEIREDO, P.A.M.; CARVALHO, G.J. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.1, p.59-63, jan./fev. 2007.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. **Soil Tillage Research**. v.54, p.101-109, 2000.

BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.215-221, 1998.

CASTRO, P.R.C. Aplicações da fisiologia vegetal no sistema de produção da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FISIOLOGIA DA CANA-DE-AÇÚCAR, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: STAB, 2000. p.1-9.

CERRI, C.C.; POLO, A.; ANDREUX, F.; LOBO, M.C.; EDUARDO, B.P. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 1., características físicas e químicas. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.6, n.1, p.34-37, 1988.

CESNIK, R., MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Brasília: EMBRAPA, 2004. 307p.

CLAESSEN, M.C.E.; BARRETO, W.O.; PAULA, J.L.; DUARTE, M.N. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. EMBRAPA-CNS: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Cana-de-açúcar**. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2\\_levantamento\\_2009\\_set2009.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2_levantamento_2009_set2009.pdf)>. Acesso em: 16 mar. 2010a.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Produção de álcool e açúcar é a maior da história do país**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=73&NSN=610>>. Acesso em: 16 mar. 2010b.

CONSECANA - Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. **Manual de Instruções**. CONSECANA-SP: Piracicaba-SP, 2006. 112p.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Frações de fósforo em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.893-900, 2003.

DEMATTÊ, J.A.M.; SILVA, M.L.S.; ROCHA, G.C.; CARVALHO, L.A.; FORMAGGIO, A.R.; FIRME, L.P. Variações espectrais em solos submetidos à aplicação de torta de filtro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, jun, 2005.

ESPIRONELO, A. Contribuição do Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) para nutrição e adubação da cana-de-açúcar. II. Fósforo em cana-planta. **Stab. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.8, n.2, p.14-21, 1989.

FACTUR, V.D. **Fontes de fósforo associadas à adubação orgânica no plantio de cana-de-açúcar**. 2008. 26f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente-SP.

FERNANDES, M.F. **Nutrição mineral de plantas**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432p.

GAMA, A,J,M. **Sistema de rotação e adubação fosfatada na cultura da cana-de-açúcar no cerrado**. 2007. 87f. Dissertação (Mestrado, área de concentração em solos). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG

GAVA, G.J.C; SILVA, M.A.S.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; PENATTI, C.P.; CAPUTO, M.M. Acumulación de fitomasa y macronutrientes em rebrotes de caña de azúcar cultivados em suelo cubierto por paja. In: CONGRESO DE LA ASOCIACION DE TÉCNICOS AZUCAREROS DE LATINOAMERICA Y EL CARIBE, 6., 2006, Guayaquil. **Anais...** Guayaquil: ATALAC, 2006. p.299-308.

GAVA, G.J.C., TRIVELIN, P.C.O., OLIVEIRA, M.V., PENATTI, C.P. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.11, p.1347-1354, 2001.

GYANESHWAR, P.; KUMAR, G.N., PAREKH, L.J.; POODEL, P.S. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant and Soil**, v.245, p.83-93, 2002.

IGUAL, J.M.; VALVERDE, A.; CERVANTES, E.; VELÁSQUEZ, E. Phosphatesolubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of update molecular techniques in their study, **Agronomie**, v.21, p.561-568, 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fundo de Cultura Económica, 1948. 478p.

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S (ed.). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2004, São Pedro-SP. **Anais...** São Paulo, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.291-305.

KORNDÖRFER, G.H.; ALCARDE, J.C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.2, p.217-222, 1992.

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

LOPES, A.S (Tradutor). **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1998. 177p.

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

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

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MAULE, R.F.; MAZZA, J.A.; MARTHA JR., G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agroenergia**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS\\_DESTILARIAS/USINAS\\_CADASTRADAS/DADOS%20PRODUTORES\\_11\\_10\\_2010\\_0.PDF](http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/SERVICOS/USINAS_DESTILARIAS/USINAS_CADASTRADAS/DADOS%20PRODUTORES_11_10_2010_0.PDF)>. Acesso em 16 nov. 2010.

MODESTO, P.T.; SCABORA, M.H.; COLODRO, G.; MALTONI, K.L.; CASSIOLATO, A.M.R. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, p.1489-1498, 2009.

MORGADO, I.F.; CARNEIRO, J.G.A.; LELES, P.S. dos S.; BARROSO, D.G. Resíduos agroindustriais prensados como substratos para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.709-712, 2000.

NARDIN, R.R. **Torta-de-filtro aplicada em argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. 2007. 39 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto Agronômico, Campinas-SP.

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

NUNES JÚNIOR, D. O insumo torta de filtro. **IDEA News**, Ribeirão Preto, 2005.

OLIVEIRA, R.A.; DAROS, E.; ZAMBON, J.L.C.; WEBER, H.; IDO, O.T.; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S.; SILVA, D.K.T. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-de-açúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja o doutor do seu canavial. **Arquivo do agrônomo**, n.6, POTAFÓS, 1994.

PAULINO, A.F.; MEDINA, C.C.; ROBAINA, C.R.P.; LAURANI, R.A. Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça. **Ciências Agrárias**, v.23, n.2, p.145-150, 2002.

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.

PENSO, J.S.A.; BRAGA, J.M.; THIÉBAUT, J.T.L. Avaliação da solubilidade de fosfato de Patos. III - Mistura com torta de filtro e vinhaça. **Revista Ceres**, v.29, p.516-525, 1982.

PRASAD, M. Response of sugarcane to filter press mud and N, P and K fertilizers. I. Effect on sugarcane yield and sucrose content. **Agronomy Journal**, Madison, v.68, n.4, p.539-543, 1976.

RAMESH, P. Effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.185, n.2, p.83-89, 2000.

REIS JR., R.A.; MONNERAT, P.H. Diagnose nutricional da cana-de-açúcar em Campos dos Goytacazes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.26, n.3, p.367-372, 2002.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.151-160, 2001.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências. 1995. 69p.

RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, T.; SELMAN, G. Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. **Journal of Biotechnology**, v.84, n.2, p.155-161, 2000.

ROSCOE, R. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 304p.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação coma adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.105-119, 2004.

SANTOS, D.H; SILVA, M. de 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**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.



SAWAN, Z.M.; HAFEZ, S.A.; BASYONY, A.E. Effect of phosphorus fertilization and foliar application of chelate zinc and calcium on seed, protein and oil yields and oil properties of cotton. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.136, p. 191-198, 2001.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.611-617, 2000.

SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. de. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Ed-Livroceres, 2006. 415p.

SILVA, M.A.; CATO, S.C.; COSTA, A.G.F. Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.4, p. 774-780, 2010.

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, p.840-848, 2009.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Biologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2001. 291p.

SOUSA, D.M.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa, 2004. 416p.

STAUFFER, M.D.; SULEWSKI, G. Fósforo: essencial para a vida. In: YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S (ed.). **SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA**, 2004, São Pedro-SP. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.1-12.

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.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BOODEY, R.M. Produção de Biocombustíveis - A questão do Balanço energético. **Revista Política Agrícola**, Brasília, v.1, p.42-46, 2005.

VASSILEV, N.; VASSILEVA, M. Biotechnological solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Wolverhampton, v.61, n.5-6, p.435-440, 2003.

VASQUEZ, P.; HOLGUIN, G.; PUENTE, M.E.; LOPEZ-CORTEZ,A.; BASHAN, Y. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v.30, p.460-468, 2000.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.97, p.1-16, 2002.

VITTI, G. C., QUIROZ, F. E. de C., OTTO, R. QUINTINO, T. A. Nutrição e Adubação da Cana-de-açúcar. **Palestra técnica**. Bebedouro, 2005.

VOLPATO, R. de C. **Etanol: A hora do Brasil**. Disponível em: <[http://www.castilhogestao.com.br/docs/etanol%20a%20hora%20do%20brasil\\_rita%20volpato.pdf](http://www.castilhogestao.com.br/docs/etanol%20a%20hora%20do%20brasil_rita%20volpato.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2010.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Stillwater, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.