

AGENOR BEZERRA DE ALMEIDA JÚNIOR

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS NO
SOLO E NA PLANTA**

**RECIFE
PERNAMBUCO – BRASIL
2010**

AGENOR BEZERRA DE ALMEIDA JÚNIOR

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS NO
SOLO E NA PLANTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de Mestre.

RECIFE - PE

2010

A meus pais Agenor Bezerra e Cleonice Rufino de Almeida, pois de vocês recebi o dom mais precioso do universo: a vida; vocês sempre estiveram presentes nos momentos mais difíceis e felizes da minha vida, o carinho, o amor, a esperança e o conforto de suas lágrimas me fizeram crescer. Não tenho palavras para expressar o tamanho da minha gratidão e é a vocês mais do que com justiça que dedico esta vitória.

DEDICO

AGENOR BEZERRA DE ALMEIDA JÚNIOR

Dissertação intitulada: **ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITOS NO SOLO E NA PLANTA** apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de Mestre, e aprovada em 24 de fevereiro de 2010.

Clístenes Williams Araújo do Nascimento
**PRESIDENTE DA BANCA EXAMINADORA
(ORIENTADOR)**

Gustavo Pereira Duda
EXAMINADOR

Mário de Andrade Lira Júnior
EXAMINADOR

Fernando José Freire
EXAMINADOR

AGRADECIMENTOS

A Deus, que esteve e estará presente em todos os momentos de minha vida, me dando determinação, esperança e forças para prosseguir e continuar lutando;

A meu pai Agenor Bezerra e em especial a minha mãe Cleonice Rufino de Almeida, pela oportunidade dada a minha formação acadêmica, muitas vezes fazendo esforço além do possível para que esse dia chegasse;

A minha querida irmã, Aline Cristina pela amizade, apoio e colaboração nos momentos difíceis;

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido por ter me proporcionado conhecimento e sabedoria ao longo do curso de Engenharia Agrônômica.

A minha amiga Kamila, que na sua jornada acadêmica veio me acompanhando ao Recife, consolidando cada vez mais nossa amizade;

Ao meu grande e eterno amigo Francisco de Assis (Thikão), por fazer parte da minha história, tornando-se além de um amigo um irmão;

Ao meu ex-orientador Gustavo Pereira Duda, por toda paciência, ensinamento, apoio e pela amizade construída no decorrer da minha vida acadêmica;

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia/Ciência do solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade de realizar este trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela bolsa concedida;

Ao professor Clístenes Williams pelo apoio, confiança, respeito e atenção na execução do trabalho realizado;

Aos meus amigos do apartamento Laerte, Edivan, Michelangelo, Dorgival, Bruno, Cícero e Hugo pelas alegrias e tristezas, inconstantes pela convivência, mais profundas e marcantes por terem acontecidos.

Aos amigos da Pós-graduação, em especial a Fabiana, Daniela, João Paulo, Raquel, Cláudio, Israel, Jane, Clayton e Alexandre pelos bons momentos compartilhados durante essa caminhada.

A família Fertilidade do solo: Carol, Zil, Karina, Rayana, Renato, Évio, Airon, Welka, Hailson, Eriberto, Vinicius e Fernando pela compreensão e apoio. Em especial, a Fernando Bruno, Márcio, Wellington, e Vinicius Mendes pela amizade, companheirismo e dedicação nas atividades acadêmicas e realização deste trabalho;

Aos Funcionários da UFRPE, Socorro, Josué e seu Josias pelo apoio;

Para não pecar por omissão, a todos aqueles que de forma direto ou indireta contribuíram para realização e conclusão deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Pág
LISTA DE FIGURA.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 A cana-de-açúcar.....	15
2.2 Matéria orgânica.....	16
2.3 Utilização da torta de filtro.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Coleta, caracterização e preparo do solo.....	21
3.2 Condução e delineamento experimental.....	21
3.3 Avaliações e coleta das plantas.....	24
3.4 Análise do solo.....	24
3.5 Análise estatística.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Produção de matéria seca e número de brotos de plantas de cana-de-açúcar.....	26
4.2 Alterações na fertilidade do solo em função da adubação orgânica e mineral.....	29
4.3 Avaliação do estado nutricional de plantas de cana-de-açúcar.....	39
5. CONCLUSÕES.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribuição dos tratamentos aos 30 Dias após o plantio.....	22
Figura 2. Valores de pH do solo em água no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	30
Figura 3. Teores de Al^{+3} ($cmol_c dm^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	31
Figura 4. Efeito da aplicação de torta de filtro e adubo mineral nos teores de nitrogênio ($g kg^{-1}$) no solo.....	32
Figura 5. Efeito da aplicação de torta de filtro e adubo mineral nos teores de fósforo ($mg kg^{-1}$) no solo.....	33
Figura 6. Teores de potássio ($cmol_c dm^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	34
Figura 7. Teores de cálcio ($cmol_c dm^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	35
Figura 8. Teores de magnésio ($cmol_c dm^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	35
Figura 9. Teores de ferro ($mg kg^{-1}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	35
Figura 10. Teores de zinco ($mg kg^{-1}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	37
Figura 11. Teores de cobre ($mg kg^{-1}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	37
Figura 12. Teores de manganês ($mg kg^{-1}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	39
Figura 13. Teores matéria orgânica do solo ($mg kg^{-1}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição média da torta de Filtro.....	Pág. 19
Tabela 2. Características químicas e físicas do solo anteriormente a instalação do ensaio.....	21
Tabela 3. Doses e fontes dos adubos minerais utilizados no experimento (100% da recomendação).....	23
Tabela 4. Características químicas e teor de umidade da torta de filtro utilizada no experimento.....	23
Tabela 5. Produção de matéria seca (g vaso^{-1}) na parte aérea (MSPA) de plantas de cana-de-açúcar em função de diferentes níveis de torta de filtro e adubo mineral.....	28
Tabela 6. Produção de raiz (MSR) de plantas de cana-de-açúcar e número de brotos (NB) em função de diferentes níveis de torta de filtro e adubo mineral.....	28
Tabela 7. Correlações de Pearson da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) com os atributos químicos do solo após a aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	29
Tabela 8. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de nitrogênio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.....	40
Tabela 9. Correlações de Pearson entre os atributos químicos do solo e o conteúdo de macro (g vaso^{-1}) e micronutrientes (mg vaso^{-1}) da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	41
Tabela 10. Correlações de Pearson entre os conteúdos de macro (g vaso^{-1}) e micronutrientes (mg vaso^{-1}) da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.....	41
Tabela 11. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de fósforo na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.....	42
Tabela 12. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de potássio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.....	43
Tabela 13. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de cálcio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo	

mineral.....	44
Tabela 14. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de magnésio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.....	44
Tabela 15. Teores de micronutrientes na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.....	45
Tabela 16. Conteúdo de micronutrientes na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.....	46

ALMEIDA JÚNIOR, Agenor Bezerra de. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta.** Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

RESUMO

A utilização dos resíduos orgânicos assume relevante importância nos dias atuais, devido a sua potencialidade de reduzir custos de produção e minimizar impactos ambientais. Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes doses de fertilizantes orgânico e mineral na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e nos atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em delineamento blocos casualizados com três repetições, arranjo fatorial 5 x 3, representando cinco doses de torta de filtro (0; 9,25; 18,5; 27,75 e 35 g vaso⁻¹) e três níveis de fertilizante mineral (0; 50 e 100% da dose recomendada). Os resultados indicaram que a aplicação de torta de filtro promoveu melhoria na fertilidade do solo, por aumentar os teores de macro e micronutrientes no solo, e reduzir os teores de Al. A torta de filtro promoveu ação corretiva da acidez do solo, enquanto os fertilizantes minerais promoveram a acidificação do solo. As plantas de cana-de-açúcar responderam a aplicação da torta de filtro por aumentar o acúmulo de fósforo, potássio e cobre na parte aérea das plantas. Recomenda-se o uso de torta de filtro associado à adubação mineral, como maneira de maximizar o efeito sobre a produtividade e reduzir custos com fertilizantes minerais.

Termos para indexação: adubação fosfatada; torta de filtro; cana-de-açúcar.

ALMEIDA JÚNIOR, Agenor Bezerra de. **ORGANIC FERTILIZATION FOR SUGARCANE: SOIL AND PLANT EFFECTS**. Dissertation (Mestrado em Ciência do solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

ABSTRACT

The use of organic wastes plays an important role in agriculture due to its potential for diminishing yield costs and minimize environmental impacts. The work was carried out to evaluate the effect of mineral fertilizer and filter cake doses on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) yield and soil chemical characteristics. The experimental was conducted in a greenhouse, in design was the casualized blocks with three replications, in a factorial outline (5x3), with five doses of filter cake (0; 9,25; 18,5; 27,75 e 35 g pot⁻¹) and three levels of mineral fertilizer (0; 50 e 100% of the recommended dose). The results showed that cake filter addition favored soil fertility, increasing the contents of both macro and micronutrients and decreasing Al concentration. Filter cake promoted corrected soil acidity while mineral fertilizer acidified the soil. Sugarcane plants responded to filter cake application by increasing the uptake of phosphorus, potassium and copper. The use of filter cake associated with mineral fertilization is recommended in order to increase sugarcane yield while reducing costs with mineral fertilizers.

Index Terms: phosphorus fertilization; filter cake; sugarcane.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é plantada no Brasil há quase 500 anos e hoje o país é o maior pólo sucroalcooleiro do planeta. O cultivo da cana-de-açúcar tem chamado à atenção do mundo, principalmente diante do impacto ambiental causado pela utilização de combustíveis fósseis, desde a revolução industrial, e pelo fato do álcool da cana-de-açúcar ser uma das biotecnologias mais acessíveis para a geração de energia limpa em substituição ao petróleo, caracterizando-se como a segunda cultura mais importante para o agronegócio brasileiro (VITTI & MAZZA, 2002).

Apesar da presença histórica e de compor um dos setores produtivos mais importantes de Pernambuco, a pesquisa em fertilidade do solo aplicada a cultura da cana-de-açúcar no Estado e no Brasil ainda tem demandas não atendidas. Depois dos anos do PROÁLCOOL, programa governamental que ao ser extinto nos anos 90, praticamente cessaram os estudos de solo com a cultura em Pernambuco.

Nas últimas décadas, a expansão da cultura se deu impulsionada pelo Programa Nacional do Álcool e se disseminou por quase todos os estados brasileiros, tendo sido estabelecidas sobre os mais diferentes tipos de solos, algumas vezes com características bastante diferenciadas das ideais, prejudicando gradativamente a produção agroindustrial da cultura (KOFFER & DONZELI, 1987).

Os solos brasileiros, em sua maioria, são originalmente ácidos e pobres em nutrientes, aspecto agravado pelo contínuo uso que resulta em empobrecimento da fertilidade e redução dos teores de matéria orgânica ao longo dos anos (PERIN et al., 2003). Dessa forma, o incremento da produtividade da cultura se torna cada vez mais dependente do uso de fertilizantes (orgânicos e minerais).

A principal vantagem do adubo mineral é a rápida resposta das plantas, visto que apresentam desenvolvimento acelerado em razão de suas necessidades imediatas serem atendidas. A maior parte das unidades produtoras de açúcar e de álcool ainda utiliza a adubação mineral, como fonte de nutrientes.

O adubo orgânico, termo utilizado para os adubos não minerais, é o fertilizante mais tradicional na história da agricultura (D'ANDRÉA, 2001). Rodrigues (1990) reconhecia a importância do uso de resíduos orgânicos na produção agrícola. A utilização do adubo orgânico em relação à aplicação de fertilizantes minerais é significativa, principalmente pela liberação gradual. Se os nutrientes forem imediatamente disponibilizados no solo, como ocorre com os fertilizantes minerais,

podem ser perdidos por volatilização (em especial o N), fixação (P) ou lixiviação (principalmente o K) (SEVERINO et al., 2004).

Souto et al. (2005) afirmam que com o aumento dos custos com adubação mineral, os produtores passaram a ter uma nova visão sobre a adubação orgânica, dando importância à utilização deste material como agente modificador das condições físicas, químicas e biológicas do solo, tornando o sistema mais sustentável.

A cana-de-açúcar por não ser destinada a alimentação direta e ocupar áreas extensas e contínuas, produz grande quantidade de resíduos orgânicos. Dentre os resíduos gerados na industrialização da cana-de-açúcar para produção, destaca-se a torta de filtro, resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo do tratamento e clarificação do caldo da cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2009).

No Brasil, sua importância resulta não só do grande volume em que são geradas (30 a 40 kg de torta por tonelada de cana moída), mas também da economia de insumos que se obtêm com a prática do seu aproveitamento na forma de fertilizante e/ou como condicionadora de solos. Nunes Junior (2008) relata que a torta filtro é um excelente produto orgânico para solos de baixa fertilidade, e que sai da filtragem com 75 a 80% de umidade.

A torta de filtro apresenta em sua composição altos teores de macro e micronutrientes. Na fração mineral, integrando a composição química da torta de filtro, o P é o elemento predominante. Apesar de seu pequeno requerimento pelos vegetais, é um dos nutrientes aplicados em maiores quantidades nos solos brasileiros, em face de sua baixa disponibilidade natural e afinidade com a fração mineral (argila) por este elemento, que o torna um dos fatores mais limitantes da produção em solos tropicais (RAIJ, 1991). Portanto, um dos maiores entraves para a produção agrícola é a baixa disponibilidade de P inorgânico no solo, e sua deficiência pode reduzir a absorção de N (SCHJORRING, 1996). Dessa forma, a torta de filtro poderá ser excelente fonte de fósforo, e o que antes gerava problemas e custos para as empresas, começa a fazer parte do seu capital ativo da empresa, amenizando despesas e maximizando os lucros (BITTENCOURT et al., 2006).

Em solos tropicais altamente intemperizados, os resíduos orgânicos apresentam grande importância no fornecimento de nutrientes às culturas, na complexação de elementos tóxicos e de micronutrientes, na retenção de cátions, na estabilidade da estrutura do solo, na infiltração e retenção de água, na aeração e na

atividade e diversidade microbiana, constituindo, assim, um componente fundamental da sua capacidade produtiva (STEVENSON, 1994; BAYER & MIEINICZUK, 1999).

A matéria orgânica adicionada ao solo na forma de adubos orgânicos, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos, pode ter efeito imediato no solo, ou efeito residual, por um processo mais lento de decomposição.

O uso de resíduos agrícolas parece ser uma alternativa necessária, não só no aspecto ambiental, mas também para diminuir custos e garantir uma reciclagem de nutrientes. No entanto, se faz necessário o estudo da dinâmica de mineralização dos nutrientes a fim de definir parâmetros úteis ao estabelecimento das doses máximas a serem aplicadas aos solos.

Atualmente, trabalhos na literatura sobre o uso da torta de filtro na cultura da cana-de-açúcar em solos da região de Pernambuco são incipientes. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral sobre as características químicas do solo, e determinar a melhor combinação destas fontes, na produção de matéria seca de planta de cana-de-açúcar em casa de vegetação, visando à sua posterior utilização em ensaios de campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cana- de- açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é uma planta de ciclo perene, pertencente à família Gramineae (Poaceae), própria de climas tropicais e subtropicais, e provavelmente tenha sido originária do sudeste da Ásia (CASCUDO, 1971; FREYRE, 1987; ANDRADE, 2004; GOMES, 2006).

A cana-de-açúcar chegou ao Brasil no início do século XVI, procedente da ilha da Madeira e introduzida por Martin Afonso de Souza na primeira expedição colonizadora do Brasil, sendo, portanto, uma das primeiras atividades de importância econômica do País. A introdução se deu inicialmente na capitania de São Vicente em 1532, atual Estado de São Paulo, e foi trazida na mesma época para capitania de Pernambuco por Duarte Coelho Pereira, onde se desenvolveu principalmente nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas (ROSA et. al., 2005).

A espécie *S. officinarum* (L.), é amplamente cultivada, e constitui-se a espécie-base dos programas de melhoramento, para a qual faz-se recorrência, com o objetivo de características agrônômicas desejáveis, tais como, colmo suculento e alto teor de sacarose, boa pureza de caldo e teor de fibra adequado para moagem (MATSUOKA, et al., 1999; CASTRO & KLUGER, 2001).

O processo produtivo da cana-de-açúcar visa três objetivos: alta produção de fitomassa por unidade de área, riqueza em açúcar dos colmos industrializáveis e manutenção ao longo do tempo da produtividade e qualidade da matéria-prima obtida no sistema produtivo (CÂMARA, 1993). Para tanto, a máxima produtividade fundamenta-se na perfeita integração dos fatores genéticos da planta, nas condições de clima e solo do local considerado e no manejo antrópico (DIAS et al., 1999).

A cana-de-açúcar encontra suas melhores condições quando ocorre um período quente e úmido, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguida de um período seco durante as fases de maturação e colheita. No Brasil, em função da sua extensão territorial, existem as mais variadas condições climáticas e, possivelmente, é o único país com duas épocas de colheita anuais (ALFONSI et al., 1987). A cultura compõe o mais antigo setor agroindustrial do País, e traz inúmeros benefícios para o Brasil, por gerar açúcar e álcool para o mercado interno e externo. Colabora ainda na alimentação animal, na produção de papel, plásticos,

produtos químicos, e bebidas como cachaça, rum e vodka, além de fornecer energia elétrica.

Na safra 2009/2010, a cana-de-açúcar cultivada no Brasil, maior produtor mundial, teve expressiva participação no mercado mundial com produção de 612 milhões de toneladas em 7,5 milhões de hectares e produtividade de 58 t ha⁻¹. No Nordeste foram produzidas 62 milhões de toneladas em 1,1 milhões de hectares; suplantado apenas pelo Sudeste. Pernambuco apresenta mais de 321 mil hectares plantados e na safra 2009/2010 a produção de cana-de-açúcar no Estado foi de mais de 18 milhões de toneladas, ocupando o sétimo lugar no ranking (CONAB, 2009). Da cana-de-açúcar aproveita-se absolutamente tudo: bagaço, méis, torta e resíduos de colheita (UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO, 2006)

2.2 Matéria orgânica

A matéria orgânica ou adubo orgânico é todo ponto proveniente de corpos organizados, de qualquer resíduo de origem vegetal, animal, urbano ou industrial, composto de carbono desagradável, ou ainda toda a substância, morta no solo proveniente de plantas, microorganismos, excreções animais quer da meso ou microfauna (PRIMAVESI, 1990).

Reeves (1997) afirma que a matéria orgânica é um importante constituinte do solo, sendo uma componente chave na qualidade dos sistemas agrícolas em razão de seu conteúdo e sua qualidade serem os mais importantes fatores que mantêm a fertilidade dos solos e a sustentabilidade dos agroecossistemas. Em solos minerais, a matéria orgânica representa menos que 5% dos componentes sólidos (SILVA et al., 1997). Entretanto, ela é responsável por cerca de 70 – 80% da capacidade de troca de cátions (CTC) em solos tropicais.

Os adubos orgânicos são considerados fertilizantes de baixo teor de nutrientes, contendo apenas dez ou vinte por cento dos nutrientes encontrados nos fertilizantes minerais. No entanto, desencadeia efeitos globais no que diz respeito à melhoria físico-química e biológica do solo (NORONHA, 2000), contribuindo para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Nos solos tropicais altamente intemperizados, a matéria orgânica tem um importante papel na produtividade, pois domina a reserva de nutrientes como N, P, S, Ca, Mg, K e Na (ZECH et al., 1997). Andreola et al. (2000) puderam constatar que

a intensificação de adubos orgânicos promoveu incrementos nos teores de micronutrientes.

A manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação (BAYER & MIELNICZUK, 1999). A capacidade de reter íons e de tamponamento da solução que os solos apresentam é influenciada pelo conteúdo de matéria orgânica (VELLOSO et al., 1982). As cargas negativas, responsáveis pelo incremento da CTC, são conseqüências dos grupos funcionais carboxílicos (-COOH), fenólicos (-OH), álcoois (-OH) e metoxílicos (-OCH₃), que se encontram na periferia dos ácidos orgânicos presentes no húmus (FASSBENDER, 1975) e dependem do pH do solo (RODELA et al., 1995; BENITES & MENDONÇA, 1998; OLIVEIRA, 2000).

Outro efeito importante da adição de matéria orgânica no solo é o aumento na resistência à erosão (RAIJ, 1991) e na capacidade de armazenamento de água devido à sua atuação sobre a estrutura do solo, através do aumento da estabilidade dos agregados (FURTINI NETO, 2001), e segundo Bayer & Mielniczuk (1999), a principal característica do solo influenciada pela matéria orgânica é a agregação.

Dada a extrema variabilidade na composição dos resíduos orgânicos, seu uso como adubo requer o conhecimento detalhado dos seus efeitos sobre os ecossistemas (GABRIELLE et al. 2004; BENITO et al. 2005). O manejo eficiente dos resíduos orgânicos para a adubação de cultivos agrícolas requer o conhecimento da dinâmica de mineralização de nutrientes, visando otimizar a sincronização da disponibilidade de nutrientes no solo com a demanda pelas culturas, evitando desta forma a imobilização ou a rápida mineralização de nutrientes durante os períodos de alta e baixa demanda, respectivamente (MYRES et al., 1994; HANDAYANTO et al., 1997). A mineralização dos resíduos orgânicos por sua vez é afetada por numerosos fatores, dentre estes: pH, umidade, temperatura, aeração, disponibilidade de nutrientes no solo, relação C/N, lignina, polifenóis e suas relações como lignina/N, polifenóis/N e (lignina+polifenóis)/N (PALM et al. 2001; BOEIRA et al., 2002; COBO et al., 2002; KESSEL & REEVES, 2002; ROBINSON et al., 2002 e VANLAUWE et al., 2005).

2.3 Utilização da torta de filtro

O aumento da produção de açúcar e de álcool resulta obrigatoriamente no aumento da produção de resíduos originado no processo de fabricação dos

mesmos, como vinhaça, torta de filtro, águas residuárias, cinzas de caldeira, fuligem, entre outros.

A torta de filtro é um sub-produto da agroindústria canavieira, composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, obtida nos filtros rotativos após a extração da sacarose residual da borra. Santana & Souza (1984), por sua vez, definem torta de filtro como resíduo industrial da purificação do caldo nas usinas de açúcar, também conhecido pelos nomes de lodo ou bagacilho.

A produção média de torta de filtro está na faixa de 30 a 40 kg t⁻¹ de cana moída, e seu modo de aplicação é testado de diferentes formas nas unidades de produção, desde a aplicação total até nas entrelinhas ou nos sulcos de plantio (CORTEZ et al., 1992). Segundo Nunes Junior (2008), a torta de filtro aplicada no sulco de plantio pode retardar a maturação, pois coloca a cana em vegetação por mais tempo. Porém, com o decorrer da safra e o aumento dos períodos seco e frio, a cana adubada com torta de filtro alcança aquela que não recebeu esta adubação.

A composição da torta de filtro varia de acordo com diversos fatores: variedade e maturação da cana, tipo de solo, processo de clarificação do caldo e outros. Dentre os nutrientes principais, nota-se uma predominância de N, P e Ca que são precipitados, sendo o teor de K mais baixo devido à solubilidade dos seus sais.

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 P e Ca. Segundo Korndorfer (1989), o teor mínimo de P₂O₅ necessário para uma boa floculação é de 200 ppm, e sempre que estes teores forem inferiores deve-se realizar a complementação através da adição de um fosfato solúvel ao caldo. Enquanto o Ca que aparece em grande quantidade é resultado da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento do mesmo para a fabricação do açúcar.

A torta de filtro gerada por usina tem aproximadamente o dobro de P (em média, 2% de P₂O₅ em base na matéria seca) comparada com a torta gerada por destilaria na torta de destilaria (KORNDORFER, 2004). Cerca de 30 % do conteúdo total de P aparece na forma orgânica e o N predomina na forma protéica, propiciando lenta liberação desses elementos e conseqüentemente alto aproveitamento pelas plantas (PENATTI, 1991). A tabela 1 mostra a composição média da torta de filtro, segundo Ferreira et al. (1988).

Tabela 1. Composição média da torta de Filtro

Componentes	Teor na matéria seca	
	Mínimo	Máximo
		%
N	1,10	1,40
P ₂ O ₅	1,04	2,55
K ₂ O	0,30	0,96
CaO	4,07	5,46
MgO	0,15	0,56
S	2,70	2,96
Matéria orgânica	77	85

De acordo com Penatti (1991) a torta de filtro é um resíduo rico em matéria orgânica, e por isso se mostra vantajoso para a cultura da cana-de-açúcar. Nunes Jr. (1988), trabalhando com 35 t ha⁻¹ de torta de filtro fresca aplicado no sulco de plantio em um solo do tipo Areia Quartzosa, observou respostas positivas de produtividade em todos os vinte clones estudados, com um ganho médio de 13,4% em produtividade e em sacarose, no decorrer dos 4 cortes analisados. Ainda no mesmo ensaio, observou que a variedade SP71-1406 foi a que mais respondeu, com ganho de 92 toneladas em quatro colheitas. Não foi observado prejuízo na maturação das variedades.

Cardozo (1988) trabalhando com 5 t ha⁻¹ de torta seca aplicado no sulco, 30 e 50 t/ha de composto de torta de filtro e bagaço aplicado em área total e adubação mineral, observou que com apenas 5 t ha⁻¹ de massa seca houve melhoria na disponibilidade de nutrientes, sendo que a melhor produtividade ocorreu com 50 t ha⁻¹ de composto aplicado em área total.

Donzelli & Penatti (1997), avaliando diferentes formas de adubação da cana em um Latossolo Vermelho férrico, com a variedade SP 80-1842, verificaram que o melhor retorno econômico da torta de filtro ocorreu quando se aplicou 21 t ha⁻¹ ao sulco de plantio, juntamente com a complementação mineral de 30 kg ha⁻¹ de N e 140 kg ha⁻¹ de K₂O.

Korndorfer & Anderson (1997), afirma que a torta de filtro promove alterações significativas nos atributos químicos do solo, tais como: aumento na disponibilidade de P, Ca e N; aumento nos teores de C orgânico; aumento na CTC; diminuição nos teores de Al trocável.

Nardin (2007), trabalhando em um Argissolo verificou que a torta de filtro promoveu uma melhoria na fertilidade do solo na camada de 20-40 cm com aumentos significativos de cálcio e fósforo.

Silva & Ribeiro (1995) avaliando a influência do cultivo contínuo de cana-de-açúcar por até 25 anos nas propriedades químicas de solos argilosos, observou que o manejo adequado dos solos, com a adição de vinhaça e torta de filtro, pode melhorar as características químicas dos solos cultivados em relação ao solo nativo, não observando redução no carbono orgânico nas áreas de cultivo.

Por ser um material orgânico, a torta de filtro por excelência, mostra elevada capacidade de retenção de água a baixas tensões, e esta propriedade contribui, tanto para aumentar a produtividade da cana-de-açúcar, especialmente em regime não irrigado, como para assegurar melhor brotação em plantios realizados em épocas desfavoráveis (ROSSETTO & DIAS, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Coleta, caracterização e preparo do solo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da UFRPE. O solo utilizado no estudo foi proveniente da Usina Santa Tereza, localizada no município de Goiana, Pernambuco. O solo foi classificado de acordo SiBCS (2006) como ESPODOSSOLO, textura areia franca. Para caracterização do solo foi realizada a coleta na profundidade de 0-0,2 m com auxílio de um trado, sendo obtida a amostra composta a partir de 20 amostras simples. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de fertilidade do solo da UFRPE, onde foram colocadas para secar ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm. Os resultados das análises químicas e físicas do solo estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Características químicas e físicas do solo anteriormente a instalação do ensaio.

Características	Valor
pH em água (1:2,5) ¹	6,50
Al (cmol _c dm ⁻³) ²	0,05
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ³	3,81
Ca (cmol _c dm ⁻³) ²	2,22
Mg (cmol _c dm ⁻³) ²	0,62
N (g kg ⁻¹) ⁴	0,6
K (cmol _c dm ⁻³) ⁵	0,21
Na (cmol _c dm ⁻³) ⁵	0,32
P (mg dm ⁻³) ⁵	9,00
Cu (g kg ⁻¹) ⁵	Nd
Fe (g kg ⁻¹) ⁵	70,88
Zn (g kg ⁻¹) ⁵	1,04
Mn (g kg ⁻¹) ⁵	0,83
C/N (g kg ⁻¹) ⁶	12/1
MO (g kg ⁻¹) ⁶	12,3
Areia (g kg ⁻¹) ⁷	860
Silte (g kg ⁻¹) ⁷	100
Argila (g kg ⁻¹) ⁷	40
Ds (g cm ⁻³) ⁸	1,53

¹(EMBRAPA, 1997); ² KCl 1 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997); ³ Acetato de cálcio a pH 7,0 (EMBRAPA, 1997); ⁴ Tedesco (1995); ⁵ Mehlich⁻¹ (EMBRAPA, 1997); ⁶ Dicromato de potássio (EMBRAPA, 1997). ⁷Método da pipeta (EMBRAPA, 1997); ⁸Ds=densidade do solo pelo método da proveta (EMBRAPA, 1997).

3.2 Condução e delineamento experimental

Para montagem do experimento, o solo foi seco ao ar (TSFA), destorroado e homogeneizado, e posteriormente passado em peneira de 2 mm de abertura de malha. Em seguida, 12 kg de solo da camada de 0-0,2m foram pesados e colocados em vasos plásticos com volume de 10 L.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 3, com três repetições (Figura 1), sendo o primeiro fator equivalente a 5 doses de torta de filtro (0; 9,25; 18,5; 27,75 e 37 g kg⁻¹ de solo), correspondente a 0; 28,3; 56,6; 84,9 e 113, 2 Mg ha⁻¹, respectivamente, e o segundo fator correspondente a 3 níveis de adubação mineral (0, 50 e 100% da recomendação de adubação para cultura proposta por Nascimento et al., 2006).



Figura1. Distribuição dos tratamentos aos 30 Dias após o plantio.

As doses da adubação orgânica foram denominadas AO₀, AO₁, AO₂, AO₃ e AO₄ para as doses de 0; 9,25; 18,5; 27,75 e 37 g kg⁻¹ de solo, respectivamente. Enquanto, que os níveis de adubo mineral receberam a seguinte denominação: AM₀, AM₁ e AM₂, para os níveis de 0, 50 e 100%, respectivamente. Na tabela 3 encontram-se as doses e fontes de adubos minerais utilizados no experimento.

Tabela 3. Doses e fontes dos adubos minerais utilizados no experimento (100% da recomendação).

Elementos	Fontes	Quantidade (mg kg ⁻¹ de solo)
N	(NH ₄) ₂ SO ₄	119
N	(NH ₄) ₂ HPO ₄	231
P	(NH ₄) ₂ HPO ₄	340
P	K ₂ HPO ₄	84
K	K ₂ HPO ₄	212
Cu	CuSO ₄	2,1
Fe	FeSO ₄ .7H ₂ O	2,8
Zn	ZnSO ₄ .7H ₂ O	5,7
Mn	MnCl.4H ₂ O	5,7
B	H ₃ BO ₃	1,4
Mo	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,3

Adaptado de Nascimento et al (2006).

A torta de filtro foi obtida na usina Santa Tereza, e suas doses estabelecidas com base na dose do resíduo normalmente utilizado no cultivo da cana proposta pela Usina Santa Tereza. A amostra da torta de filtro foi analisada no laboratório de fertilidade do solo da UFRPE usando a metodologia preconizada pela Embrapa (1999) (Tabela 4).

Tabela 4. Características químicas e teor de umidade da torta de filtro utilizada no experimento

Característica	Valor
pH em água (1:2,5)	6,8
N (g kg ⁻¹)	14,2
P (g kg ⁻¹)	17,3
K (g kg ⁻¹)	1,45
Na (g kg ⁻¹)	0,34
Ca (g kg ⁻¹)	25,3
Mg (g kg ⁻¹)	3,4
Cu (g kg ⁻¹)	Nd
Fe (g kg ⁻¹)	7,45
Zn (g kg ⁻¹)	0,2
Mn (g kg ⁻¹)	1,06
C (%)	44,5
C/N (%)	31,3
Umidade (%)	59,7

N: digestão sulfúrica; P, K, Na, Cu, Fe, Zn e Mn: digestão nítrica-perclórica; MO: método da mufla. Laboratório de Fertilidade do solo, UFRPE, Recife.

Após a adição do adubo orgânico e mineral, as amostras de solo permaneceram incubadas durante 17 dias. Após a incubação, realizou-se o plantio de uma gema de cana de açúcar, da variedade RB92-579. Segundo Simões Neto et al., (2005) esta variedade apresenta como características alta brotação, alto perfilhamento em cana-planta e soca, proporcionando um bom fechamento nas entrelinhas, além de apresentar maturação média, alto teor de sacarose, médio teor de fibra, resistência a ferrugem e alta produtividade agrícola. Durante o experimento,

o solo foi mantido com 70% da capacidade de Campo, mediante pesagem e irrigação diárias para complementação da água perdida por evapotranspiração.

3.3 Avaliações e coleta das plantas

Aos 90 dias, por ocasião da colheita, foram quantificados: número de brotações (NB), matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR). Para determinação da MSPA e MSR, o tecido vegetal foi seco em estufa de circulação de ar forçada a 65 °C por 72 horas, e posteriormente pesado. Após a secagem, as amostras da parte aérea foram moídas em moinho tipo Willey, e realizadas as seguintes análises: N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn (EMBRAPA, 1999). O N total foi extraído por digestão sulfúrica (método Kjeldahl), enquanto os demais elementos foram digeridos em solução nítrico-perclórica na proporção de 4:1. As leituras de Cu, Fe, Zn, Mn, Ca e Mg foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica; o K, por fotometria de chama, enquanto o P foi dosado por colorimetria.

3.4 Análise do solo

Também aos noventa dias de cultivo, realizou-se a coleta de amostras do solo, posteriormente encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo da UFRPE, onde foram postas para secar ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha. Sub-amostras do solo foram retiradas para determinação do pH em água (1:2,5), Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Al^{+3} , P, MO (método Walkley-Black), Cu, Fe, Mn e Zn.

O Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹; o P, K^{+1} , Cu, Fe, Zn e Mn por Mehlich⁻¹, (Embrapa, 1997). O K^{+1} foi determinado por fotometria de chama; o P por colorimetria; Cu, Fe, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica; o Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} por titulometria.

3.5 Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foram

realizadas análises de correlações entre os atributos químicos do solo, os conteúdos de macro e micronutrientes da parte aérea e da raiz. As análises de variância e de correlações foram realizadas no software Statistical Analyses System – SAS (1999). Para avaliar o efeito das doses de torta de filtro sob as variáveis de solo, planta e de produção, realizou-se análises de regressão simples, obtendo-se modelos ajustados, sendo selecionado para expressar o comportamento de cada característica, o modelo significativo de maior ordem e que apresente o maior coeficiente de determinação (R^2) com os dados obtidos. As regressões foram realizadas pelo programa estatístico SAEG, versão 9.1 (1999).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produção de matéria seca e número de brotos de plantas de cana-de-açúcar

Ocorreram respostas significativas ($p < 0,01$) pelo teste F, da interação entre adubação orgânica e mineral, para produção de matéria seca da parte aérea (MSPA). No desdobramento das interações, não foram verificados ajustes nos modelos de regressão para as médias da MSPA, exceto na ausência da adubação mineral (AM_0), a qual se ajustou ao modelo $\hat{Y} = 22,30 + 11,96 \cdot x^{0,5} - 1,66 \cdot x$ ($R^2 = 0,96^*$). Por meio deste modelo, verificou-se que a máxima eficiência física foi obtida na dose de $1,49 \text{ g kg}^{-1}$ de solo ($4,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de base seca) obtendo assim uma produção máxima de $24,76 \text{ g}$.

Os resultados mostram efeito positivo do uso da torta de filtro na ausência da adubação mineral sobre a MSPA da cana-de-açúcar, sendo observado incremento de $51,5 \%$ na produção na dose $9,25 \text{ g kg}^{-1}$ em relação à testemunha (Tabela 5). Santos (2009), trabalhando com cana-de-açúcar, em condições de campo, também verificaram resposta da cultura a adubação com torta de filtro ao solo. O benefício da torta de filtro também foi relatada por Pereira et al. (2005), em estudo de campo, com algodoeiro semi-perene no Cariri Cearense, a qual verificaram que o uso de 62 t ha^{-1} de torta de filtro fresca permitiu maiores produtividades e crescimento em altura do algodoeiro no primeiro ano de cultivo.

De acordo com resultados obtidos neste estudo, as plantas de cana-de-açúcar responderam satisfatoriamente à adubação orgânica, o que pode ter ocorrido devido à torta de filtro, esta humificada e ter mineralizado nutrientes ao solo e, assim, disponibilizando nutrientes para a cultura, propiciando ganhos na biomassa da cultura. Matsuoka et al. (2002) afirmam que a produção de cana orgânica é viável, pois conseguem-se produtividades agrícolas similares às obtidas com adubação mineral. De acordo com Nardim (2007) o uso de torta de filtro em um Argiloso não foi suficiente para que ocorressem diferenças significativas na produtividade da cana-de-açúcar, independentemente da forma de aplicação.

Embora não tenha sido verificados ajustes nos modelos de regressão nos níveis de adubo mineral, os resultados evidenciam que embora a torta de filtro seja um forte aliado no aumento da produção da MSPA da cana-de-açúcar, sua combinação com 50% da fonte mineral, deve ser recomendada para a fertilização

orgânica por elevar a produção da MSPA da cana-de-açúcar (Tabela 5). Resultados similares foram obtidos por Donzelli & Penatti (1997), trabalhando em condições de campo, com a variedade SP80-1842 em um Latossolo Roxo Ácrico, verificaram que o melhor retorno econômico ocorreu quando se aplicou 21t ha⁻¹ de torta no sulco de plantio, juntamente com a complementação mineral de 30 kg ha⁻¹ de N e 140 kg ha⁻¹ de K₂O.

Vários autores enfatizam a importância de doses combinadas de matéria orgânica e fertilizante minerais no rendimento das culturas. Oliveira et al. (2002), estudando o efeito da adubação mineral e orgânica sobre a produção de biomassa de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf, com aplicação de adubo orgânico (2 kg cova⁻¹), adubo químico (N P K 4-14-8) com 37 g cova⁻¹, adubo químico + orgânico e a testemunha (sem adubo), observaram que as melhores produções foram obtidas nos tratamentos adubação orgânica + química e adubação orgânica.

LIMA et al. (2001), ao avaliar o crescimento de mudas de cajueiro submetidos à adubação orgânica e mineral, também verificaram acréscimos nos parâmetros de crescimento da cultura com a obtenção da combinação de doses de matéria orgânica e fertilizantes minerais.

Entretanto, vários autores relatam o efeito residual da torta de filtro no incremento de produtividade da cana-de-açúcar, propiciado por um processo lento de decomposição. Nunes Junior (1988), estudando 20 clones de cana-de-açúcar em solo do tipo Areia Quartzosa, em condições de campo, observou resposta positiva de produtividade, com ganho médio de 13,4% em produtividade e em sacarose, no decorrer de 4 cortes analisados. Já Penatti (1989a) trabalhando em um Latossolo Vermelho amarelo, com a variedade SP70-1143, concluiu que a partir do 3° corte do canavial, houve diferenças significativas em produtividade favoráveis as doses crescentes de torta de filtro, mostrando efeito residual da torta. Em outro ensaio de campo, o mesmo autor, trabalhou com doses crescentes de torta de filtro com e sem adubação mineral de cobertura com nitrogênio e potássio. Os resultados mostraram que a resposta em produtividade nas doses crescentes de torta é positiva, não havendo, entretanto, efeito da adubação mineral de cobertura na produtividade (Penatti, 1989b).

Tabela 5. Produção de matéria seca (g vaso^{-1}) na parte aérea (MSPA) de plantas de cana-de-açúcar em função de diferentes níveis de torta de filtro e adubo mineral.

Torta de filtro (g kg^{-1})	Adubo mineral (%)		
	0	50	100
	MSPA (g vaso^{-1})		
0	21,95 bB	51,33 aA	53,54 aA
9,25	45,30 aB	57,04 aA	50,71 aAB
18,5	41,55 aA	52,57 aA	50,90 aA
27,75	37,16 aB	47,71 aA	50,15 aA
37	35,01 aB	60,90 aA	60,70 aA
CV (%)		11,42	

CV= coeficiente de variação. Letras minúsculas e distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Através do resultado da análise de variância, não se verificou efeito significativo ($p < 0,05$) da interação adubo orgânico e mineral para produção de matéria seca da raiz (MSR) e para número de brotos (NB). A adubação orgânica não afetou significativamente ($p < 0,05$) a produção de MSR e NB, sendo estas afetadas significativamente pela fonte mineral (Tabela 6). Embora a adubação orgânica não tenha promovido diferença significativa na MSR, nota-se que a torta de filtro duplicou a produção de MSR em relação ao tratamento controle. Os resultados obtidos indicam menores produções de MSR e NB em plantas adubadas com torta de filtro comparativamente àquela suplementadas com fertilizantes minerais, isso se deve provavelmente a rápida disponibilidade dos nutrientes promovidos pelos fertilizantes minerais.

Tabela 6. Produção de raiz (MSR) de plantas de cana-de-açúcar e número de brotos (NB) em função de diferentes níveis de torta de filtro e adubo mineral.

Torta de filtro (g kg^{-1})	Adubo mineral (%)			Média
	0	50	100	
	MSR (g vaso^{-1})			
0	9,69 aA	21,83 Aa	23,14 aA	18,22 a
9,25	23,57 aB	40,03 aA	22,36 aB	28,65 a
18,5	19,12 aA	22,56 aA	19,70 aA	20,36 a
27,75	17,48 aA	27,56 aA	24,09 aA	23,05 a
37	17,57 aA	26,63 aA	28,05 aA	24,08 a
Média	17,48 B	27,66 A	23,46 AB	
CV (%)		35,50		
	NB			
0	3,00 aB	5,33 aAB	6,66 aB	5,00 a
9,25	4,33 aB	6,33 aAB	7,66 aB	6,11 a
18,5	4,33 aB	7,00 aB	5,00 aAB	5,44 a
27,75	5,33 aA	5,66 aA	5,66 aA	5,55 a
37	4,33 aB	6,66 aAB	7,00 aA	6,00 a
Média	4,26 B	6,20 A	6,40 A	
CV (%)		22,82		

CV= coeficiente de variação. Letras minúsculas e distintas na coluna e letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A MSPA correlacionou-se positivamente com a produção de MSR ($r=0,49^{**}$). A MSPA correlacionou-se positivamente e significativamente com os seguintes atributos químicos do solo: N, P, K, Cu, Zn e Al, e negativamente com pH do solo (Tabela 7). Para a MSR não foi verificada correlações significativas desta variável com os atributos químicos do solo, isso se deve possivelmente ao alto coeficiente de variação presente na produção da MSR.

Tabela 7. Correlações de Pearson da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSR) com os atributos químicos do solo após a aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

	pH	Al	N	P	K	Ca	Mg	MO	Cu	Fe	Zn	Mn
MSPA	-0,59 ^{**}	0,51 ^{**}	0,36 [*]	0,53 ^{**}	0,47 ^{**}	0,22 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,43 ^{**}	0,16 ^{ns}	0,53 ^{**}	0,25 ^{ns}
MSR	-0,28 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,09 ^{ns}

^{**} e ^{*} Significativo respectivamente a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, ns: Não Significativo.

4.2 Alterações na fertilidade do solo em função da adubação orgânica e mineral

Ocorreram diferenças significativas ($p < 0,01$) pelo teste F, da interação adubo orgânico e mineral para os valores do pH do solo. As doses crescentes de torta de filtro aumentaram linearmente nos três níveis de adubação mineral (Figura 2). Provavelmente, esse efeito ocorreu em virtude da alcalinidade do material utilizado, visto que, durante o processo de clarificação do caldo é adicionado o cal $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ que auxilia na floculação das impurezas.

Na ausência da adubação mineral os valores do pH do solo variaram de 6,23 no tratamento testemunha a 6,80 para as doses de 27,75 e 37 g kg^{-1} (84,9 e 113,2 Mg ha^{-1} , na base seca, respectivamente), evidenciando leve alcalinização do solo como conseqüência do incremento das doses de torta de filtro (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos para os demais níveis de adubação mineral, mostrando o efeito alcalinizante do resíduo. Dessa forma, a torta de filtro se mostra uma alternativa promissora na correção da acidez do solo. No entanto, se faz necessários estudos a fim de verificarem a ação corretiva da acidez do solo ao longo do tempo de cultivo, visto o experimento foi conduzido em um curto período de tempo.

A importância da adubação orgânica na correção da acidez do solo também tem sido relatado por Araújo et al. (2005), na qual, ao avaliar a influência de

diferentes fontes de matéria orgânica nas características químicas do solo, observaram redução da acidez do solo após receberam a aplicação da matéria orgânica, independentes das fontes.

Contudo, a adubação mineral reduziu significativamente ($p < 0,01$) os valores de pH do solo, tendo esta redução atingido a um patamar de 1,39 e 1,81 unidades para os níveis de 50 e 100% respectivamente, isso se deve provavelmente a utilização do sulfato de amônio. Os resultados obtidos corroboram a diversos trabalhos encontrados na literatura, a qual, afirmam que o uso de fertilizantes nitrogenados, em especial o sulfato de amônio, promove a acidificação do solo (Texeira et al. 2001; Campos, 2004; Purquerio & Cecílio Filho, 2005; Primavesi et al., 2005; Souza et al., 2006; Souza & Silva, 2009), pois no processo de nitrificação há formação de dois prótons (H^+) para cada íon de NH_4^+ nitrificado (Campos, 2004; Moreira & Siqueira, 2006).

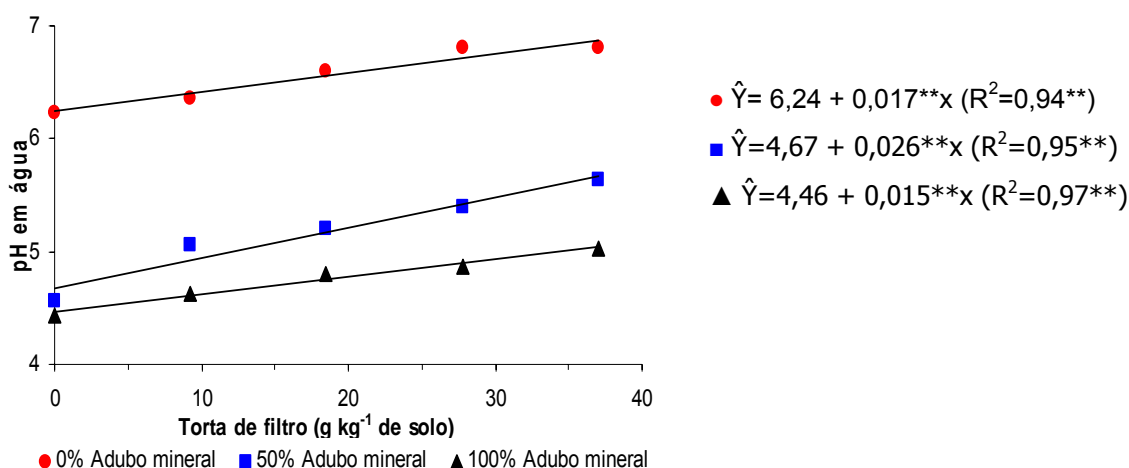


Figura 2. Valores de pH do solo em água no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Ocorreram diferenças significativas ($p < 0,01$) pelo teste F, da interação adubo orgânico e mineral para os teores de Al trocável. A torta de filtro reduziu significativamente ($p < 0,01$) os teores de Al trocável no solo, e estes quando em altas concentrações no solo, podem ser tóxicas as plantas, constituindo uma das principais limitações agrícolas em solos ácidos. A redução nos teores de Al trocável deve-se provavelmente ao efeito corretivo da torta e/ou a complexação do Al por ácidos orgânicos existentes na torta de filtro. Segundo vários autores (Van Hees et al., 2000; Simas et al., 2005; Mendonça et al., 2006), diversos compostos orgânicos,

especialmente ácidos orgânicos, apresentam grande afinidade e capacidade de formar complexos estáveis com Al^{+3} diminuindo sua atividade na solução do solo.

A adubação mineral promoveu aumentos significativos nos valores do Al^{+3} , e essa maior concentração de Al^{+3} uma consequência da acidificação do solo (Figura 3), corroborando os resultados obtidos por Perin et al. (2003).

A máxima concentração de Al^{+3} ($0,66 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) obtida na combinação de ausência da adubação orgânica (AO_0) e 100% da adubação mineral (AM_2), encontra-se classificados segundo Sobral & Guimarães (1992), como valor médio ($0,4$ a $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Portanto, o uso da torta de filtro pode ser uma alternativa promissora por reduzir à acidificação dos solos e a toxidez de Al às plantas.

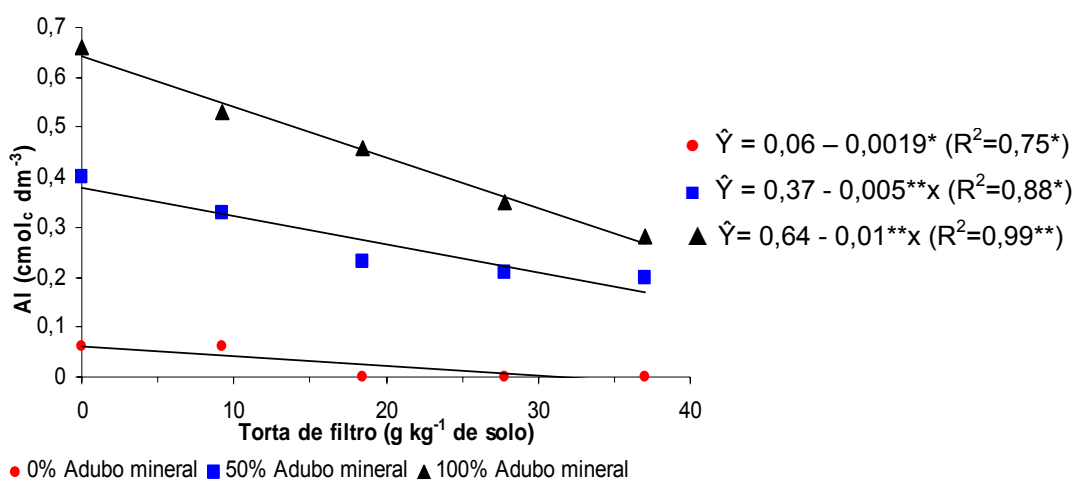


Figura 3. Teores de Al^{+3} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Houve aumentos lineares e significativos ($p < 0,05$) nos teores de N após adição da torta de filtro e adubo mineral (Figura 4). Na ausência da adubação mineral os teores de N do solo variaram de $0,56$ a $1,03 \text{ g kg}^{-1}$, tendo a dose $18,5 \text{ g}$ obtido incremento significativo de 36% nos teores de N em relação à testemunha, este incremento deve-se provavelmente à mineralização do N orgânico, consequência resultante da decomposição da torta de filtro. A maior resposta nos teores de N total do solo foi obtida na ausência da adubação mineral quando comparado aos demais níveis de adubo mineral.

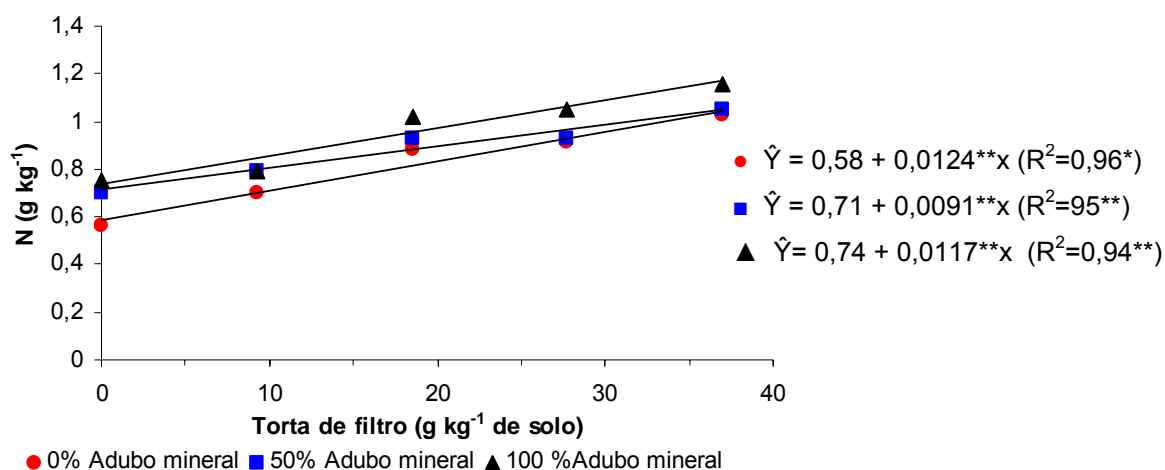


Figura 4. Efeito da aplicação de torta de filtro e adubo mineral nos teores de nitrogênio (g kg⁻¹) no solo.

A aplicação das doses de torta de filtro promoveu expressivos incrementos nos teores de P dos solos, indicando a eficiência do resíduo em suprir P para o crescimento vegetal. Os resultados corroboram ao resultado obtido por Nardim (2007), que ao avaliar o uso de torta de filtro sobre as propriedades químicas de um Argiloso verificou incrementos significativos nos teores de P da camada 20- 40 cm. De acordo com Korndorfer (2004), a presença de P no caldo da cana exerce papel fundamental no processo de clarificação. Segundo o mesmo autor, praticamente todo P contido no caldo esta na forma inorgânica ou livre e uma pequena parcela, em torno de 10% encontra-se na forma orgânica. Além de ser fonte de P, a torta de filtro pode a reduzir a adsorção do elemento em solos, graças ao elevado teor de matéria orgânica que poderá fornecer ácidos orgânicos que competem com o fosfato pelos sítios de adsorção, aumentando a disponibilidade do elemento (Hue, 1995).

De acordo com as regressões apresentadas na Figura 5, o aumento do aporte de torta de filtro ao solo promoveu resposta linear aos teores de P nos três níveis de adubo mineral, entretanto, estes incrementos decresceram em função do aumento da adubação mineral. Esta resposta, deve-se provavelmente, que na ausência da adubação mineral, os solos apresentaram pH elevados quando comparado aos tratamentos que receberam fertilização mineral, e conseqüentemente, tendem a apresentar menores proporções de P na forma orgânica, em razão da maior taxa de mineralização. Resultados similares foram encontrados por Tiessen et al., 1984; Cunha et al., 2007.

De acordo com as classes de fertilidade de solo proposta por Cavalcanti et al. (2008) e Alvarez V. et al (1999), os teores de P da testemunha (2,44 mg kg⁻¹) foi

classificada como nível muito baixo. Contudo, a aplicação da adubação orgânica e/ou adubação mineral elevou esses teores, de modo, que estes foram classificados como níveis alto ($>10 \text{ mg kg}^{-1}$) e muito bom ($>12 \text{ mg kg}^{-1}$) de acordo com Cavalcanti et al.(2008) e Alvarez V. et al (1999), respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo fornecem um indicativo do potencial da torta de filtro como fonte fosfatada.

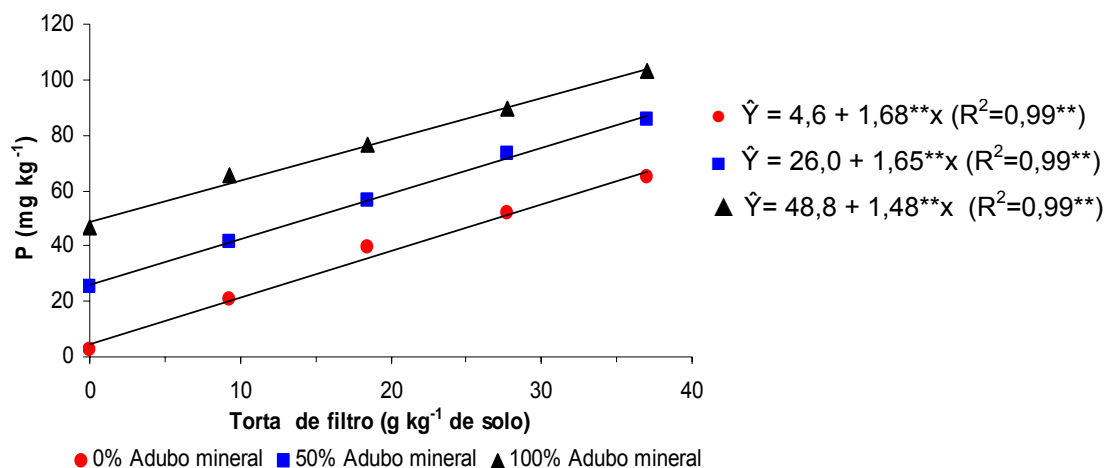


Figura 5. Efeito da aplicação de torta de filtro e adubo mineral nos teores de fósforo (mg kg^{-1}) no solo.

Houve resposta significativa ($p < 0,05$) pelo teste F da interação adubo orgânico e mineral para os teores de K do solo. A torta de filtro propiciou incrementos significativos ($p < 0,01$) nos teores de K no solo, e estes aumentaram significativamente com o incremento da fonte mineral. De modo, que a maior dosagem da fonte orgânica e mineral refletiu nos maiores teores de K. De acordo com os ajustes de regressão, observou-se que o AM0 (ausência da adubação mineral), ajustou-se ao modelo quadrático, enquanto, o AM1 (50% da adubação mineral) ajustou-se ao modelo linear. Contudo, não foi verificado ajuste nos modelos de regressão para AM2 (100% da adubação mineral), no entanto, observou-se tendência linear de resposta muito leve ao aumento da torta de filtro (Figura 6). Na AM0, os teores de K ($0,07 \text{ mg kg}^{-1}$) presentes no tratamento controle foram classificados segundo Cavalcanti et al. (2008) como teores baixos ($< 0,08 \text{ mg kg}^{-1}$). Neste mesmo nível de adubo mineral, com a aplicação das doses de 27,75 e 37 g vaso^{-1} , houve aumento nos teores de K do solo, alterando a classe de fertilidade do solo, que era baixo, passando a médio e alto, respectivamente. Na AM1, as classes de solo variaram de médio ($0,08\text{-}0,15 \text{ mg kg}^{-1}$) a alto ($< 0,15 \text{ mg kg}^{-1}$). Já para AM2, todos os valores foram classificados como altos de acordo com Cavalcanti et al. (2008).

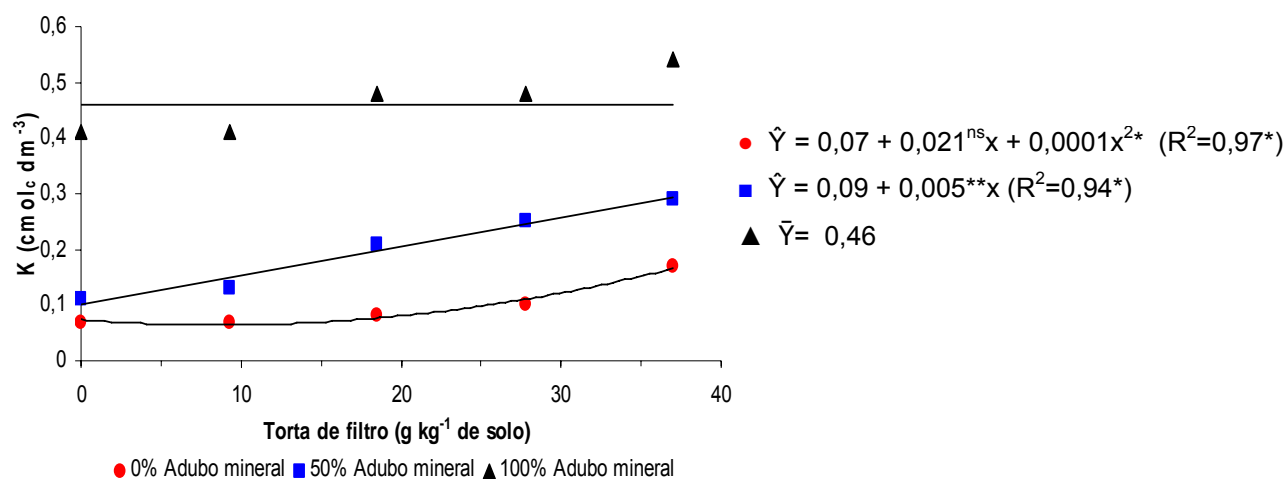


Figura 6. Teores de potássio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Quanto aos teores de Ca, observou-se resposta significativa ($p < 0,01$), da interação adubo orgânico e mineral. Os teores de Ca do solo ajustaram-se aos modelos lineares de regressão nos diferentes níveis de adubo mineral (Figura 7). As doses crescentes de torta de filtro aumentaram significativamente ($p < 0,05$) os teores de Ca do solo, e o incremento nos teores deste elemento ao solo, deve-se provavelmente em virtude da composição química da torta de filtro, visto que o Ca que aparece em grande quantidade é resultado da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento do mesmo para a fabricação do açúcar. Korndorfer & Anderson (1997) também relataram o aumento na disponibilidade de Ca de solos tratados por torta de filtro.

Não foi verificada resposta significativa aos teores de Ca a adubação mineral, mas isso é justificável, visto que, a fertilização mineral não recebeu fonte de Ca. De acordo com as classes de interpretação de fertilidade do solo proposta por Alvarez V. et al (1999), os valores obtidos na ausência da adubação com torta de filtro encontram-se classificados como bons ($2,41 - 4,00 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), no entanto, ao aplicar esta fonte orgânica, observou-se alteração na classe de fertilidade, passando a muito bom ($> 4,00 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$), exceção realizada a AO_1AM_0 .

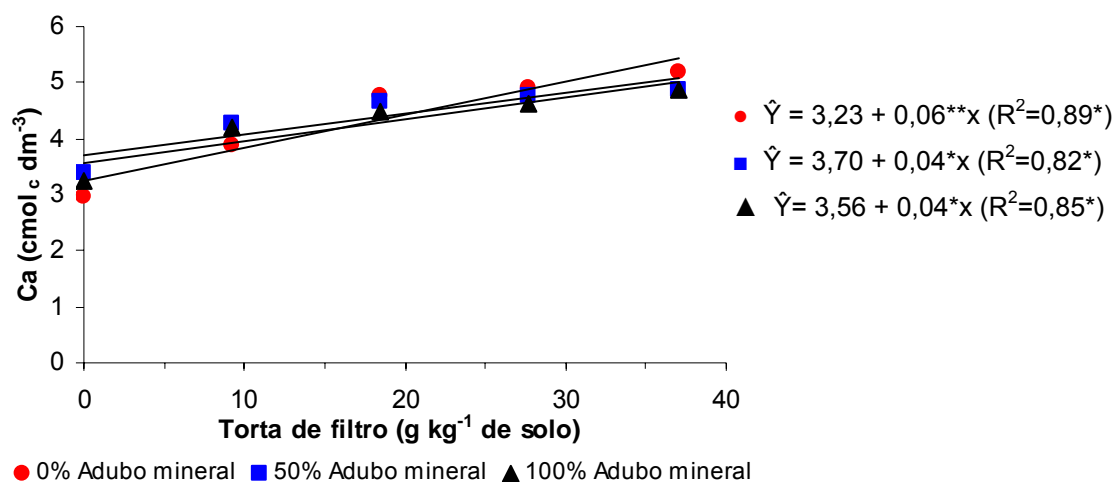


Figura 7. Teores de cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Comportamento similar ao Ca foi obtido para o Mg, no entanto, observou-se ajuste quadrático para AM_0 , e linear para AM_1 e AM_2 (Figura 8). A aplicação das doses crescentes da torta de filtro não alterou as classes de fertilidade do solo proposta por Alvarez V. et al. (1999), exceto para $A0_0AM_2$, $A0_1AM_0$ e $A0_1AM_1$, na qual reduziram os teores de Mg, e desta forma, sendo classificado como bom ($0,91 - 1,50 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$).

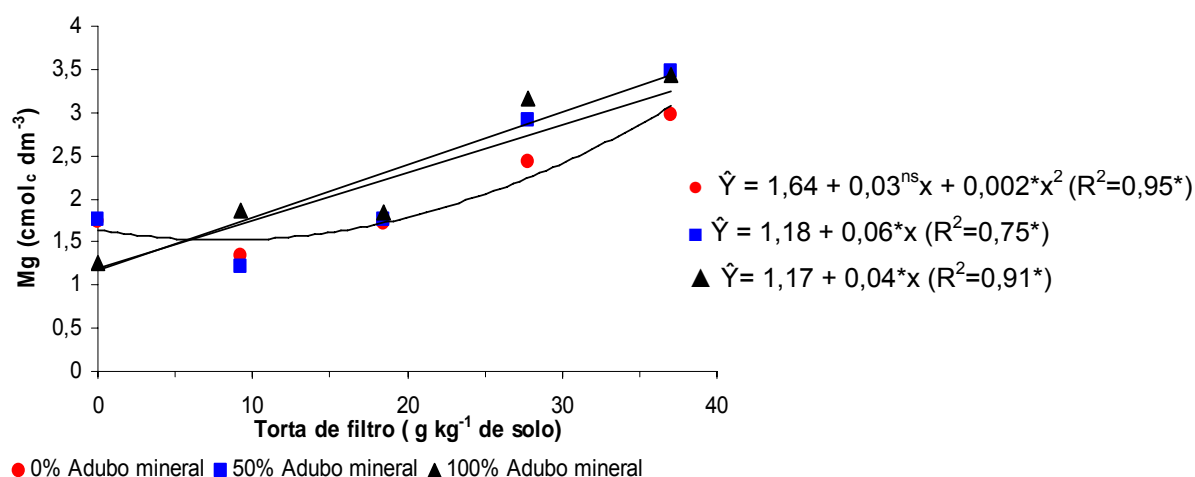


Figura 8. Teores de magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Não foi verificado efeito significativo ($p < 0,05$) da interação das fontes orgânicas e minerais para os teores de Fe. Na ausência da adubação mineral os

teores de Fe não se ajustaram aos modelos de regressão. Comportamento antagônico foi obtido para os demais níveis de adubo mineral, aumentando linearmente em função do aumento das doses de torta de filtro (Figura 9). O Fe, apesar de ser o metal em maior concentração na torta de filtro (Tabela 4), apresentou aumento relativamente pequeno de disponibilidade no solo, indicando encontrar-se na torta de filtro em formas de baixa disponibilidade, como por exemplo, os óxidos de Fe. Oliveira & Nascimento (2006), estudando as formas de Mn e Fe no estado de Pernambuco, verificaram que os maiores teores de Fe potencialmente disponível estão ligados a fração da matéria orgânica. Os teores de Fe disponíveis obtidos no presente estudo encontram-se dentro da faixa obtida (8,1 a 317 mg kg⁻¹) por Oliveira & Nascimento (2006) ao trabalhar com os solos de Referência do Estado de Pernambuco. E estes teores, encontra-se classificado como muito bom (> 45 mg dm⁻³) de acordo com Alvarez V. et al (1999).

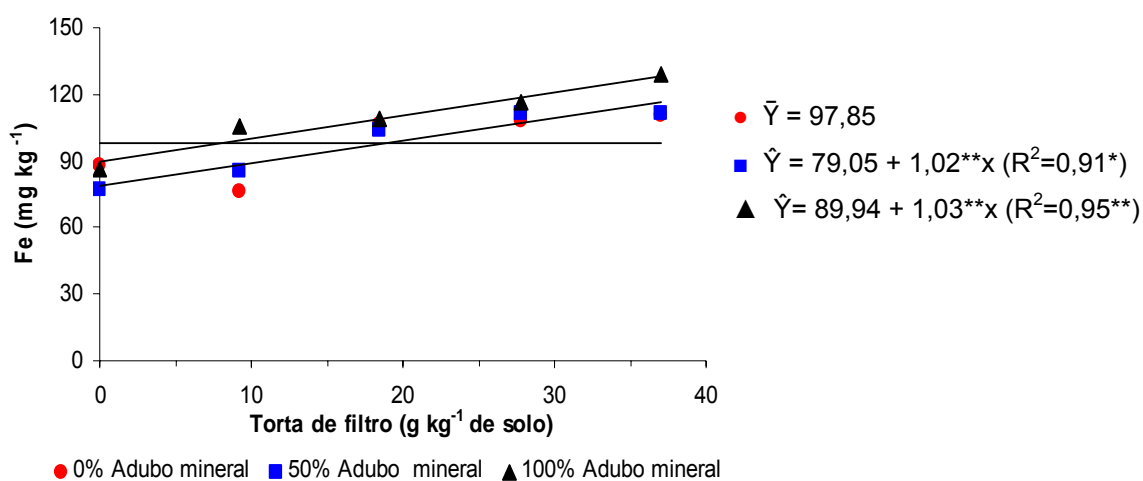


Figura 9. Teores de ferro (mg kg⁻¹) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Através do resultado da análise de variância, não se verificou efeito significativo ($p < 0,05$) da interação adubo orgânico x mineral, para os teores de Zn e Cu presentes no solo. No entanto, estes elementos, aumentaram linearmente em função da aplicação das doses crescentes de torta de filtro, nos três níveis de adubação mineral (Figuras 10 e 11, respectivamente). Os incrementos nos teores de Zn e Cu propiciados pela torta de filtro foram menores com o aumento da fonte mineral (Figuras 10 e 11, respectivamente).

Doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral provocou aumento nos teores de Zn em relação ao tratamento controle, sem, entretanto, alterar a classe do teor, que era alta ($> 0,6 \text{ mg dm}^{-3}$ e $> 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$), segundo critérios estabelecidos em Cavalcanti et al. (2008) e Alvarez V. et al. (1999), respectivamente. Quanto ao Cu, o teor presente no tratamento controle ($0,86 \text{ mg kg}^{-1}$) é considerado médio, segundo critérios estabelecidos por Alvarez V. et al., 1999; Cavalcanti et al., 2008; Costa & Oliveira, 1998. Entretanto, quando houve aplicação da torta de filtro e adubo mineral, passaram a valores considerados altos (Cavalcanti et al., 2008). De acordo com Alvarez V. et al (1999), teores de Cu superior a $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$ são considerados altos, e estes resultados são obtidos a partir da combinação da adubação orgânica e mineral.

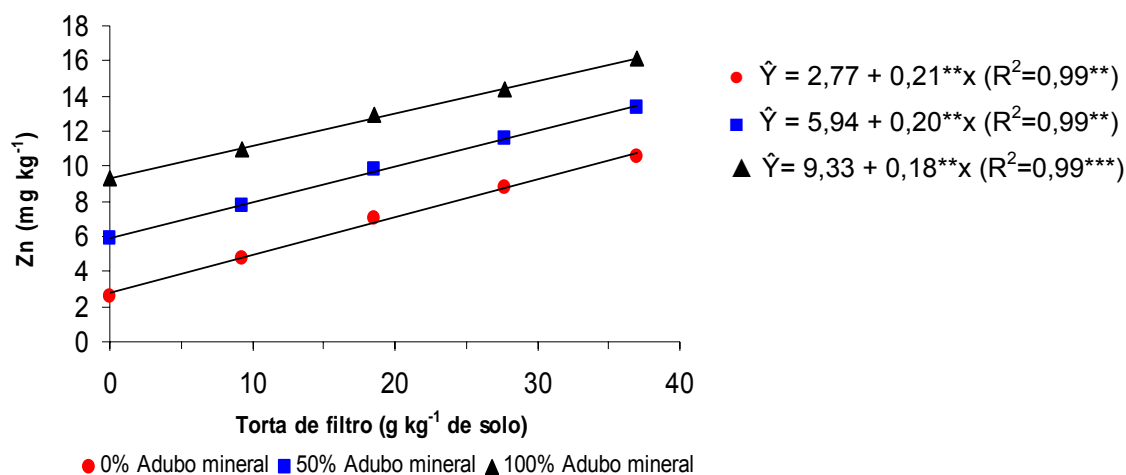


Figura 10. Teores de zinco (mg kg^{-1}) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

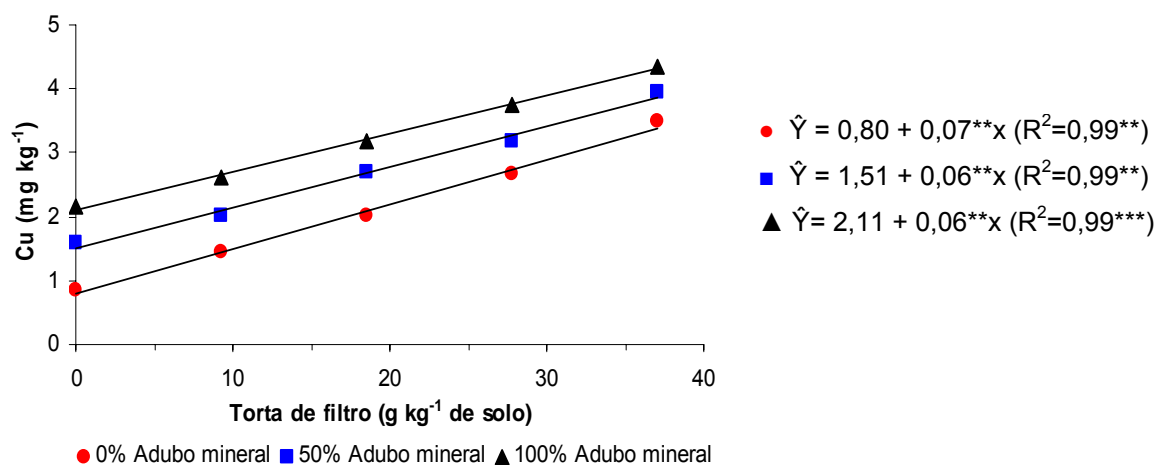


Figura 11. Teores de cobre (mg kg^{-1}) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

A análise de variância verificou efeito significativo ($p < 0,01$) da interação adubo orgânico e mineral para os teores de Mn no solo. Respostas similares aos teores de Zn e ao Cu foram obtidas para o Mn, na qual, adição de doses crescentes de torta de filtro promoveu respostas lineares no teor deste elemento no solo, além disso, estes foram aumentados significativamente ($p < 0,01$) em função da aplicação das fontes minerais, porém, em proporções menores (Figura 12). De acordo com Cavalcanti et al. (2008), todos os teores de Mn obtidos no estudo encontra-se classificados como alto ($> 0,9 \text{ mg dm}^{-3}$), no entanto, segundo Alvarez V. et al. (1999) e Costa e Oliveira (1998), somente a testemunha pode ser classificados como bom, e que a adição da adubação orgânica e mineral aumentaram os teores de Mn do solo, passando a ser classificados como alto. Desta forma, a torta de filtro mostra-se como alternativa promissora no fornecimento de micronutrientes ao solo.

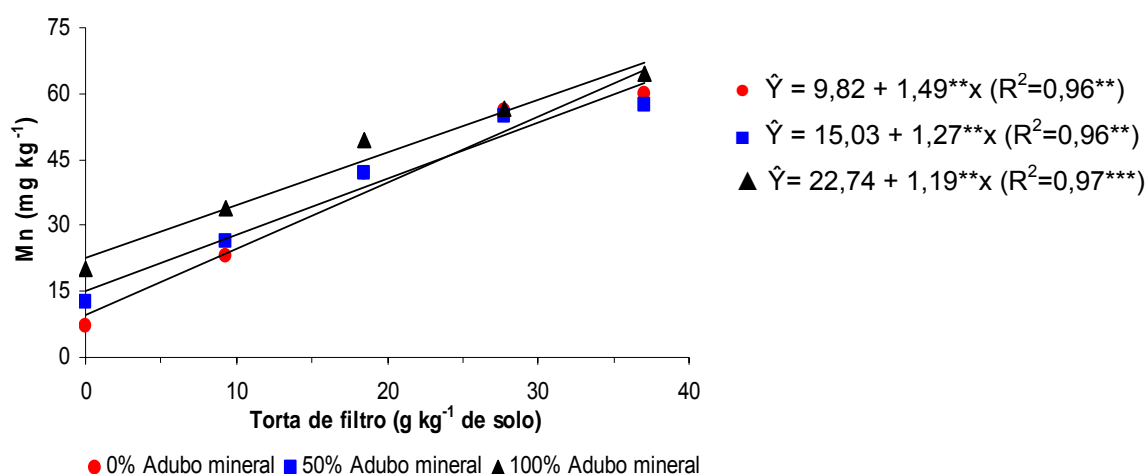


Figura 12. Teores de manganês (mg kg^{-1}) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) pelo teste F, da interação adubo orgânico e mineral para os teores de matéria orgânica do solo. A torta de filtro alterou significativamente ($p < 0,01$) os teores de matéria orgânica do solo (g kg^{-1}), e estes resultados corroboram a trabalhos desenvolvidos por Korndorfer & Anderson (1997) e Penatti (1991), em que obtiveram incrementos no aporte de matéria orgânica após adição de torta de filtro ao solo.

Para máxima dose de torta de filtro (37 g vaso^{-1}), os teores de matéria orgânica apresentaram aumentos de 69,9% em relação à testemunha (Figura 13), e este aporte de material orgânico é de fundamental importância para os solos da região Nordeste, que, naturalmente, apresentam teores baixos de matéria orgânica,

o que coloca a torta de filtro como alternativa para elevação dos teores de matéria orgânica desses solos. Segundo Berton & Valadares (1991) a elevação da concentração de matéria orgânica ao solo constitui-se no principal benefício do uso agrícola de resíduos orgânicos, devido à sua contribuição para melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

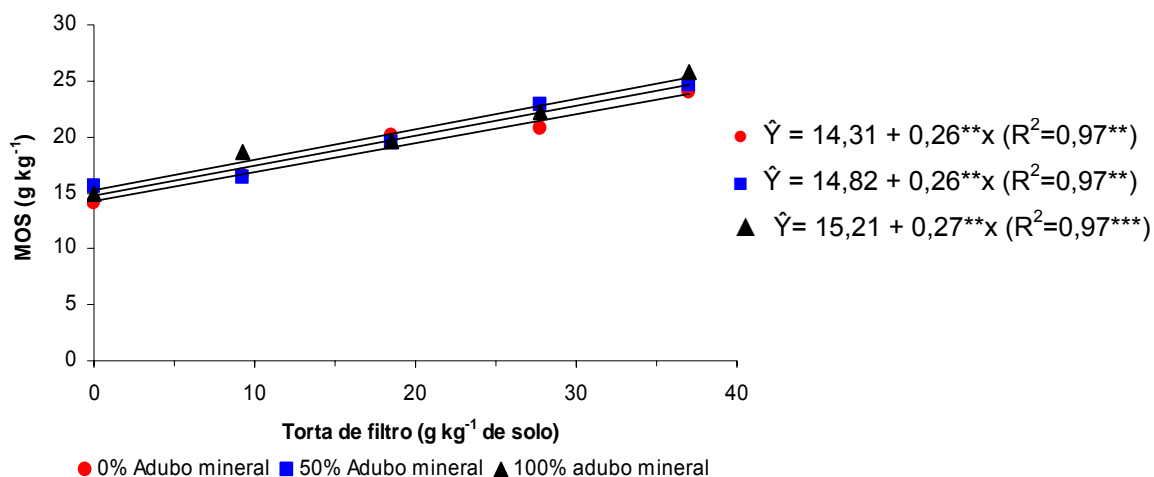


Figura 13. Teores matéria orgânica do solo (mg kg^{-1}) no solo após aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

4.3 Avaliação do estado nutricional de plantas de cana-de-açúcar

Ocorreram respostas significativas ($p < 0,05$) pelo teste F da interação entre adubação orgânica e mineral para os teores e conteúdos de N. Apesar dos incrementos significativos nos teores de N do solo propiciado pela aplicação das doses crescentes de torta de filtro, estes incrementos, não foram suficientes para alterar os teores de N (g kg^{-1}) presentes na parte aérea da cana-de-açúcar (Tabela 8).

Não foi verificado ajuste de modelos de regressões para os níveis 0 e 50% do adubo mineral, no entanto, comportamento antagônico foi obtido para o nível de 100%, ajustando-se ao modelo quadrático (Tabela 8). Na ausência da fonte mineral, os teores de N variaram de 7,74 a 9,98 g kg^{-1} . Ao utilizar 50% da adubação mineral, observou-se tendência em redução do teor de N da parte aérea, com teor máximo de 15,06 g kg^{-1} , sendo esta máxima concentração obtida na testemunha. Comportamento similar foi obtido para 100% da adubação mineral, onde os

máximos teores estavam presentes na testemunha. Os elevados teores foliares de N no tratamento controle devem-se, basicamente ao efeito-concentração deles na fitomassa, tendo em vista que neste caso foram observadas as menores produtividades de material vegetal.

Os teores de N da parte aérea utilizadas neste ensaio estão abaixo da faixa considerada adequada para essa cultura (Rajj & Cantarella, 1996), no entanto, vale ressaltar que a faixa adequada proposta por estes autores foi estabelecida com base na folha + 1, enquanto que o nosso estudo é referente à parte aérea (colmo + folhas) aos 3 meses de idade.

Não foi verificado ajuste dos modelos de regressão para o conteúdo de N (g vaso⁻¹) da parte aérea nos diferentes níveis de adubação mineral (Tabela 8). A adubação com torta de filtro não promoveu incrementos significativos no conteúdo de N (g vaso⁻¹) nos diferentes níveis de adubação mineral, sendo esta variável influenciada somente pela adubação mineral.

Tabela 8. Teores (g kg⁻¹) e conteúdos (g vaso⁻¹) de nitrogênio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg ⁻¹ de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Teor de N (g kg ⁻¹)					
0	7,7 c	7,2 c	7,7 c	9,9 b	8,7 b	$\hat{Y}=\bar{Y}= 8,27$ (NS)
50	15,1 b	14,0 b	14,4 b	14,7 a	13,6 a	$\hat{Y}=\bar{Y}=14,35$ (NS)
100	18,3 a	16,9 a	16,5 a	15,8 a	16,6 a	$\hat{Y}=18,45 - 0,17*x + 0,0033*x^2$ (R ² =0,96*)
CV (%)	7,78					
	Conteúdo de N (g vaso ⁻¹)					
0	161,8 c	326,2 b	320,8 b	371,4 b	303,1 b	$\hat{Y}=\bar{Y}= 296,70$ (NS)
50	773,8 b	802,5 a	754,3 a	732,0 a	825,1 a	$\hat{Y}=\bar{Y}=778,36$ (NS)
100	983,5 a	861,5 a	836,2 a	793,5 a	924,8 a	$\hat{Y}=\bar{Y}=879,88$ (NS)
CV (%)	11,09					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

O conteúdo de N da parte aérea correlacionou-se negativamente com o pH do solo, e positivamente com os seguintes atributos químicos do solo: Al, N, P, K, Cu e Zn (Tabela 9). Contudo, o aumento do conteúdo de N (g vaso⁻¹) da parte aérea foi acompanhado pelo aumento no conteúdo dos demais nutrientes (Tabela 10). As correlações positivas obtidas entre os conteúdos de N e P obtidas neste estudo corroboram os resultados obtidos por Machado (2000), que verificou que aumento no fornecimento de P para plantas de milho promoveram incrementos no conteúdo e

na eficiência de utilização deste elemento. Além do P, correlacionou-se positivamente com os demais conteúdos de macro e micronutrientes (Tabela 10).

Tabela 9. Correlações de Pearson entre os atributos químicos do solo e o conteúdo de macro (g vaso⁻¹) e micronutrientes (mg vaso⁻¹) da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Atributos químicos do solo	Conteúdos de macro e micronutrientes								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
pH	-0,86**	-0,60**	-0,56**	-0,54**	-0,30*	-0,43**	-0,81**	-0,52**	-0,76**
Al	0,80**	0,62**	0,46**	0,37*	0,17 ^{ns}	0,37*	0,70**	0,49**	0,72**
N	0,29*	0,57**	0,61**	0,36*	0,33*	0,72**	0,42**	0,34*	0,37*
P	0,56**	0,78**	0,79**	0,55**	0,48**	0,92**	0,68**	0,51**	0,64**
K	0,69**	0,82**	0,69**	0,45**	0,29*	0,81**	0,80**	0,55**	0,81**
Ca	0,04 ^{ns}	0,37*	0,45**	0,27 ^{ns}	0,40**	0,55**	0,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Mg	0,09 ^{ns}	0,29*	0,44**	0,25 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,61**	0,21 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Cu	0,43**	0,67**	0,73**	0,47**	0,29*	0,87**	0,54**	0,43**	0,52**
Mn	0,15 ^{ns}	0,49**	0,55**	0,31*	0,44**	0,71**	0,29 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Fe	0,18 ^{ns}	0,46**	0,52**	0,22 ^{ns}	0,33*	0,66**	0,37*	0,22 ^{ns}	0,36*
Zn	0,60**	0,79**	0,81**	0,55**	0,19 ^{ns}	0,93**	0,71**	0,51**	0,67**
MO	0,11 ^{ns}	0,40**	0,59**	0,34*	0,46**	0,65**	0,24 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,22 ^{ns}

** e * Significativo respectivamente a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, ns: Não Significativo.

Tabela 10. Correlações de Pearson entre os conteúdos de macro (g vaso⁻¹) e micronutrientes (mg vaso⁻¹) da parte aérea de plantas de cana-de-açúcar após a aplicação de diferentes doses de torta de filtro e adubo mineral.

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
N	1,00	0,82**	0,83**	0,77**	0,58**	0,69**	0,88**	0,76**	0,88**
P		1,00	0,84**	0,65**	0,54**	0,84**	0,88**	0,81**	0,79**
K			1,00	0,77**	0,66**	0,87**	0,82**	0,75**	0,80**
Ca				1,00	0,69**	0,67**	0,73**	0,77 ^{ns}	0,72**
Mg					1,00	0,57**	0,50**	0,74**	0,55**
Cu						1,00	0,77**	0,66**	0,75**
Mn							1,00	0,67**	0,93**
Fe								1,00	0,77**
Zn									1,00

** e * Significativo respectivamente a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, ns: Não Significativo.

Na ausência da adubação mineral, a torta de filtro promoveu incrementos significativos nos teores de P da parte aérea (mg kg⁻¹), mostrando seu potencial como fertilizante fosfatado. Comportamento similar foi obtido para AM₁, respondendo de forma linear a aplicação das doses crescentes de torta de filtro (Tabela 11). Contudo para AM₂ não foi verificada diferença significativa nos teores de P da parte aérea, situação na qual, deve-se provavelmente, aos altos teores de P do solo advindos do aporte orgânico e mineral. O teor de P presente no tecido foliar da testemunha (1,12 g kg⁻¹) ficou abaixo da faixa considerada normal para cultura (Malavolta, 1989; Raji & Cantarella, 1996), entretanto vale ressaltar que, este tratamento apresentou as menores produções de fitomassa. No entanto, a primeira

dose de torta de filtro ($3,01 \text{ g kg}^{-1}$) foi suficiente para atingir aos valores adequados para essa cultura (Malavolta, 1989; Raij & Cantarela, 1996), que corrobora seu efeito positivo como fornecedora de P disponível às plantas.

As equações de regressões obtidas a partir dos conteúdos de P da parte aérea em função das doses aplicadas de torta de filtro ajustaram-se ao modelo raiz quadrática e linear, para AM_0 e AM_1 , respectivamente. No entanto, não foi verificado ajuste no modelo de regressão para AM_2 (Tabela 11).

Tabela 11. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de fósforo na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg^{-1} de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Teor de P (g kg^{-1})					
0	1,1 c	3,1 b	4,0 b	4,7 b	5,4 a	$\hat{Y}=1,6 + 0,11x^{**}$ ($R^2=0,95^{**}$)
50	3,4 b	3,5 b	3,8 b	4,2 b	4,0 b	$\hat{Y}=3,11 + 0,018x^*$ ($R^2=0,77^*$)
100	5,3 a	5,9 a	5,9 a	5,6 a	5,4 a	$\hat{Y}= 5,3 + 0,38x^{05**} - 60,06^{**}x$ ($R^2=0,96^*$)
CV (%)	6,19					
	Conteúdo de P (g vaso^{-1})					
0	25,3 c	139,1 c	164,8 b	175,1 b	192,1 b	$\hat{Y}=25,83 + 45,94^{**}x^{0,5} - 3,15^*x$ ($R^2=0,99^{**}$)
50	175,6 b	201,1 b	201,8 b	206,2 b	240,8 b	$\hat{Y}=178,05 + 1,46^*x$ ($R^2=0,84^*$)
100	284,2 a	298,0 a	300,4 a	279,3 a	328,3 a	$\hat{Y}=\bar{Y}= 298,04$ (NS)
CV (%)	13,63					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

Ocorreu resposta significativa ($p<0,05$) da interação das fontes orgânicas e minerais para os teores de K da parte aérea. A adubação orgânica alterou significativamente ($p<0,01$) a concentração e conteúdo de K presente na parte aérea nos diferentes níveis de adubo mineral. Os teores foliares de K estão acima da faixa adequada para cultura, conforme critério de Raij & Cantarela (1996), exceção AO_1AM_0 . Entretanto, é interessante notar que essa concentração mais baixa que o tratamento testemunha nas parcelas que receberam adição de torta de filtro é resultado da maior produção de fitomassa de cana-de-açúcar em resposta à adição da torta de filtro, que acarretou em maior demanda na absorção desse nutriente do solo.

Os conteúdos de K da parte aérea responderam linearmente as doses crescentes de adubo orgânico (Tabela 12). O conteúdo de K da parte aérea correlacionou-se negativamente com pH do solo, e positivamente com os demais

atributos químicos do solo (Tabela 9). Entretanto, correlacionou-se positivamente com os conteúdos de N, P, Ca, Mg, Mn e Zn (Tabela 10).

Tabela 12. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de potássio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg^{-1} de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Teor de K (g kg^{-1})					
0	17,9 a	14,3c	18,4 b	24,2 a	27,3 a	$\hat{Y}=17,83 - 3,62*x^{0,5} + 0,87*x$ ($R^2=0,97^*$)
50	19,4 a	19,3 b	24,5 a	24,6 a	23,6 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 22,29$ (NS)
100	21,8 a	24,3 a	25,1 a	26,0 a	26,5 a	$\hat{Y}=22,52 + 0,1199^{**}x$ ($R^2=0,90^*$)
CV (%)	10,40					
	Conteúdo de K (g vaso^{-1})					
0	388,8 b	647,5 b	756,8 b	897,81 b	950,8 b	$\hat{Y} = 453,46 + 14,86^{**}x$ ($R^2=0,94^{**}$)
50	993,2 a	1104,7 a	1288,2 a	1223,9 a	1437,9 a	$\hat{Y} = 1007,9 + 10,90^{**}x$ ($R^2=0,87^*$)
100	1164,5 a	1227,5 a	1276,5 a	1303,4 a	1603,3 a	$\hat{Y}=1124,4 + 10,31^*x$ ($R^2=0,79^*$)
CV (%)	11,55					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

A análise de variância revelou respostas significativas ($p < 0,01$) pelo teste F, da interação adubação orgânica e mineral, para os teores e conteúdos de Ca. Não houve ajuste nos modelos de regressão para ambas variáveis nos níveis de adubação mineral estudados, exceção ao teor de Ca da parte aérea na máxima dose da fonte mineral (Tabela 13). Entretanto, os teores de Ca nas plantas de cana-de-açúcar estão dentro da faixa considerada normal a cultura (Malavolta, 1989; Raij & Cantarela, 1996). Apesar dos teores de Ca no solo aumentaram linearmente com as doses crescentes de torta de filtro (Figura 7), não foi verificada correlação deste, com o conteúdo de Ca da parte aérea (Tabela 9). O conteúdo de Ca da parte aérea correlacionou-se negativamente com o pH do solo ($r=-0,54^{**}$). O conteúdo de Ca da parte aérea correlacionou-se positivamente com todos os conteúdos de macro e micronutriente, exceto ao Fe.

Tabela 13. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de cálcio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg^{-1} de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Teor de Ca (g kg^{-1})					
0	5,72 a	6,19 a	5,5 a	6,1 a	4,85 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 5,65$ (NS)
50	6,50 a	6,30 a	6,56 a	7,2 a	6,57 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 6,62$ (NS)
100	5,38 a	5,80 a	6,16 a	6,1 a	7,67 a	$\hat{Y} = 5,24 + 0,05 \cdot x$ ($R^2 = 0,77^*$)
CV (%)	9,69					
	Conteúdo de Ca (g vaso^{-1})					
0	123,9 b	279,7 a	229,8 b	225,0 b	170,2 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 205,7$ (NS)
50	334,3 a	359,1 a	344,4 a	355,6 a	399,9 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 358,6$ (NS)
100	286,8 a	293,2 a	310,8 ab	303,3 ab	465,4 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 331,9$ (NS)
CV (%)	14,32					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

Quanto ao Mg, não foi verificado ajuste de modelos de regressões para os teores e conteúdos de Mg (Tabela 14). No entanto, os teores de Mg da parte aérea encontram-se dentro da faixa adequada para cultura da cana-de-açúcar (Raij & Cantarela, 1996). Na ausência da adubação mineral, apesar de não ter ocorrido ajuste no modelo de regressão, o primeira dose de torta de filtro triplicou o conteúdo de Mg em relação a testemunha.

Tabela 14. Teores (g kg^{-1}) e conteúdos (g vaso^{-1}) de magnésio na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg^{-1} de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Teor de Mg (g kg^{-1})					
0	2,5 a	3,69 a	3,0 a	3,6 a	2,6 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,07$ (NS)
50	3,1 a	2,76 b	2,9 a	3,3 ab	3,5 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,12$ (NS)
100	2,5 a	2,7 b	2,6 a	3,7 b	3,7 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,84$ (NS)
CV (%)	12,19					
	Conteúdo de Mg (g vaso^{-1})					
0	54,8 b	167,1 a	127,5 a	132,1 a	91,4 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 114,58$ (NS)
50	161,8 a	157,1 a	155,1 a	161,8 a	214,2 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 170,03$ (NS)
100	135,2 a	135,6 a	129,5 a	137,4 a	224,1 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 152,37$ (NS)
CV (%)	15,43					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

Os teores e conteúdos de Cu presentes na parte aérea aumentaram linearmente em função das doses de torta de filtro e adubo minerais aplicadas (Tabela 15 e 16, respectivamente). Na ausência da adubação mineral os teores de

Cu variaram de 1,13 a 7,06 mg kg⁻¹, diferindo estatisticamente dos demais níveis de adubo mineral. Segundo Raij & Cantarela (1996) os teores adequados de Cu para cana-de-açúcar está a uma faixa 6 a 15 mg kg⁻¹, mostrando que na ausência da adubação mineral a máxima dose de torta de filtro seria suficiente para atender as exigências nutricionais de Cu das plantas. Entretanto, segundo vários autores (Malavolta et al., 1989; Pais & Jones Junior, 1996; Furlani, 2004) as concentrações de Cu nas plantas variam entre 2 e 75 mg Kg⁻¹ de matéria seca, considerando-se concentrações entre 5 e 20 mg Kg⁻¹ como adequadas para o crescimento normal das plantas.

Dessa forma, o Cu advindo da decomposição da torta de filtro, poderá ser uma alternativa no suprimento de Cu para algumas regiões do Brasil, especialmente nos solos dos tabuleiros Costeiros do Nordeste, que naturalmente são solos pobres em micronutrientes.

Tabela 15. Teores de micronutrientes na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg ⁻¹ de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Cu (mg kg ⁻¹)					
0	1,1 b	1,5 c	3,7 b	5,1 b	7,1 a	$\hat{Y} = 0,62 + 0,16^{**}x$ (R ² =0,97 ^{**})
50	2,2 b	4,0 b	4,7 b	7,2 a	7,0 a	$\hat{Y} = 2,44 + 0,14^{**}x$ (R ² =0,92 ^{**})
100	5,5 a	5,7 a	7,4 a	8,2 a	8,2 a	$\hat{Y} = 5,44 + 0,08^{**}x$ (R ² =0,91 ^{**})
CV (%)	12,88					
	Fe (mg kg ⁻¹)					
0	52,5 b	79,3 a	71,7 a	64,6 a	61,1 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 67,05$ (NS)
50	66,7 ab	62,3 a	66,7 a	75,6 a	76,2 ab	$\hat{Y} = \bar{Y} = 69,52$ (NS)
100	85,47 a	74,7 a	78,5 a	73,3 a	82,5 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 78,91$ (NS)
CV (%)	14,11					
	Zn (mg kg ⁻¹)					
0	18,0 c	17,4 c	21,7 c	19,8 c	23,4 c	$\hat{Y} = \bar{Y} = 20,01$ (NS)
50	32,7 b	40,9 b	39,8 b	37,0 b	35,0 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 37,10$ (NS)
100	51,81 a	67,6 a	51,9 a	48,6 a	64,8 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 56,96$ (NS)
CV (%)	9,53					
	Mn (mg kg ⁻¹)					
0	27,1 c	20,1 c	24,7 c	28,4 c	36,8 c	$\hat{Y} = 27,1 - 6,09^{**}x^{0,5} + 1,25^{**}x$ (R ² =0,98 [*])
50	118,1 b	176,5 b	165,7 b	160,2 b	116,6 b	$\hat{Y} = 117,45 + 39,33^{**}x^{0,5} - 6,32^{*}x$ (R ² =0,94 [*])
100	144,34 a	220,8 a	218,8 a	234,2 a	237,5 a	$\hat{Y} = 145,41 + 29,97^{*}x^{0,5} - 2,5^{ns}x$ (R ² =0,97 [*])
CV (%)	8,22					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

O conteúdo de Cu da parte aérea correlacionou-se negativamente ($r=-0,43^{**}$) com o pH do solo, corroborando a diversos trabalhos encontrados na literatura (Borges & Coutinho, 2004; Dynia & Barbosa Filho, 1993). Correlações positivas e significativas foram obtidas entre o conteúdo de Cu da parte aérea com os demais atributos químicos do solo (Tabela 9). As maiores correlações entre o conteúdo de Cu da parte aérea foram obtidas com o K e P (Tabela 10).

Tabela 16. Conteúdo de micronutrientes na parte aérea de cana-de-açúcar submetida a doses crescentes de torta de filtro e adubo mineral.

Adubo mineral (%)	Doses de torta de filtro (g kg^{-1} de solo)					Equação
	0	9,25	18,5	27,75	37	
	Cu (g vaso^{-1})					
0	0,03 b	0,07 b	0,15 b	0,19 b	0,25 b	$\hat{Y} = 0,03 + 0,0061^{**}x$ ($R^2=0,99^{**}$)
50	0,11 b	0,23 a	0,25 b	0,36 a	0,43 a	$\hat{Y} = 0,12 + 0,008^{**}x$ ($R^2=0,97^{**}$)
100	0,29 a	0,29 a	0,38 a	0,41 a	0,50 a	$\hat{Y} = 0,26 + 0,058^{**}x$ ($R^2=0,93^{**}$)
CV (%)	18,48					
	Fe (g vaso^{-1})					
0	1,1 b	3,6 a	3,0 a	2,4 a	2,2 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 2,45$ (NS)
50	3,42 a	3,5 a	3,5 a	3,7 a	4,6 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 3,77$ (NS)
100	4,63 a	3,8 a	4,1 a	3,7 a	5,1 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 4,25$ (NS)
CV (%)	23,54					
	Zn (g vaso^{-1})					
0	0,39 c	0,79 c	0,90 b	0,73 b	0,84 c	$\hat{Y} = \bar{Y} = 20,06$ (NS)
50	1,68 b	2,32 b	2,09 a	1,82 a	2,12 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 37,10$ (NS)
100	2,76 a	3,43 a	2,66 a	2,44 a	3,97 a	$\hat{Y} = \bar{Y} = 56,96$ (NS)
CV (%)	19,49					
	Mn (g vaso^{-1})					
0	0,53 b	0,91 b	1,02 c	1,05 c	1,27 c	$\hat{Y} = 0,63 + 0,0175^{**}x$ ($R^2=0,97^*$)
50	6,02 a	10,05 a	8,71 b	7,89 b	7,09 b	$\hat{Y} = \bar{Y} = 7,95$ (NS)
100	7,74 a	11,22 a	11,13 a	11,76 a	14,76 a	$\hat{Y} = 8,41 + 0,157^*x$ ($R^2=0,85^*$)
CV (%)	15,59					

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV= coeficiente de variação; (NS)= não significativo; (**) e (*) significativos a 1 e 5 %, respectivamente.

Não foi verificado ajuste dos modelos de regressões nos diferentes níveis de adubo mineral para os teores e conteúdos de Fe na parte aérea da cana-de-açúcar. No entanto, os teores de Fe presentes na parte aérea apresentaram valores médios de 65,85; 69,52 e 78,91 mg kg^{-1} para os níveis de 0, 50 e 100% de adubo mineral, respectivamente. Estes valores encontram-se dentro da faixa dos teores adequados para cana-de-açúcar proposto por Raji & Cantarella (1996), exceção feita à testemunha (52,52 mg kg^{-1}). Não foi verificadas correlações entre os teores de Fe no solo e os conteúdos de Fe na planta, refletindo a baixa disponibilidade do elemento ao solo, visto que, provavelmente, o Fe encontra-se em formas menos disponíveis ao solo, como por exemplo, ligados a fração da matéria orgânica e aos

óxidos. Isto é explicado pela alta afinidade existente entre óxidos de Fe e Mn com os íons metálicos, reduzindo desta forma a disponibilidade de nutrientes as plantas. Além disso, o aumento do pH pode ter propiciado a baixa solubilidade do Fe ao solo, e conseqüentemente, menor absorção de Fe pelas plantas, como indicado na correlação negativa existente entre o conteúdo de Fe da parte aérea e o pH do solo (Tabela 9). Não foram observadas correlações significativas entre os teores de Fe no solo e o conteúdo de Fe na planta, no entanto, estes tiveram correlações positivas. Resultados similares foram obtidos por Sharma et al. (2000) e Soumaré et al. (2003), indicando que os teores de Fe dependem largamente do teor da matéria orgânica do solo.

Os teores e conteúdos de Zn da parte aérea não se ajustaram a nenhum modelo de regressão (Tabelas 15 e 16, respectivamente), todavia, estes responderam positivamente a aplicação dos adubos minerais. As concentrações de Zn variaram de 18,04 a 23,44; 32,73 a 40,96 e 48,58 a 67,65 mg kg⁻¹ para AM₀, AM₁ e AM₂, respectivamente. As concentrações de Zn obtidos estão dentro da faixa adequada (10 a 50 mg kg⁻¹) proposto por Raji & Cantarela (1996). O incremento nos teores desse elemento no solo apresentou concomitante aumento conteúdo na parte aérea (Tabela 9). O conteúdo de Zn da parte aérea correlacionou-se negativamente com o pH do solo (Tabela 9). Tal fato pode ser explicado através da afirmação de Raji (1991) que relata que sob condições de pH elevado, o Zn precipita na forma de hidróxido de zinco insolúvel e se torna indisponível para as plantas. Quaggio (2000) também cita que a disponibilidade de Zn no solo é diretamente afetada pelo pH, uma vez que ao elevar o pH do solo a disponibilidade do referido micronutriente é diminuída, devido ao aumento da retenção no complexo coloidal ou a redução da solubilidade de suas fontes. Segundo Abreu et al. (2007) a máxima disponibilidade de Zn ocorre na faixa de pH entre 5,0 a 6,5, e em solos que recebem doses de corretivos para elevar o pH do solo acima de 6,0 podem ocorrer deficiências de Zn, principalmente em solos arenosos.

Ocorreram respostas significativas ($p < 0,01$) pelo teste F da interação entre torta de filtro e adubo mineral para os teores e conteúdos de Mn da parte aérea. Os teores médios de Mn na parte aérea foram 27,42; 1427,42 e 215,15 para os níveis de 0, 50 e 100% da adubação mineral, respectivamente. Os valores de Mn obtidos encontram-se dentro da faixa teores adequados para cana-de-açúcar proposto por Raji & Cantarela (1996). Apesar do conteúdo de Mn no solo ter aumentado com a

aplicação de torta de filtro, não foram verificadas correlações positivas deste elemento no solo com o conteúdo de Mn na planta de cana-de-açúcar (Tabela 9).

4. CONCLUSÕES

1. O desenvolvimento inicial da cultura foi influenciado pela adubação orgânica e mineral. Porém, a produção de matéria seca da raiz e número de brotos não respondeu satisfatoriamente a adubação orgânica.
2. As plantas de cana-de-açúcar responderam favoravelmente à adubação com torta de filtro, a qual aumentou o acúmulo de fósforo, potássio e cobre na parte aérea das plantas.
3. A aplicação de torta de filtro promoveu melhoria na fertilidade do solo, por aumentar os teores de macro e micronutrientes no solo, e reduziu os teores de Al, promovendo assim uma ação corretiva da acidez do solo, enquanto os fertilizantes minerais promovem a acidificação o solo.
4. Recomenda-se o uso de torta de filtro associado a adubação mineral, como maneira de maximizar o efeito sobre a produtividade e reduzir custos com fertilizantes minerais.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A. de.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 2007, p.645-736.
- ALFONSI, R. R. et al. Condições climáticas para cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargil, 1987, v. 1, p.42-55.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V.H., (Eds). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999, p. 25-32.
- ANDRADE, M. C. (Ed.). Pernambuco cinco séculos de colonização. João Pessoa: Grafset, 2004. 168p.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma terra roxa estruturada influenciada pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.24, p. 609-620, 2000.
- ARAÚJO, I. C. et al. Efeitos da adição de diferentes fontes de matéria orgânica nas **características** químicas do solo e na produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça. In: CONGRESSO CIENTIFICO, 1th; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 1 th., Tocantins, 2005. **Anais eletrônicos...** [1CD-ROM]. Tocantins: UFT, 2005.
- BAYER, C.; MIEINICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica: In: SANTOS, G. de A.;CAMARGO, F. A. de O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo nos ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Geneses, 1999. p. 27-40.
- BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.22, p.215- 221,1998.
- BENITO, M.; MASAGUER, A.; MOLINER, A.; ARRIGO, N.; PALMA, R. M.; EFFRON, D. Evaluation of maturity and stability of pruning waste compost and their effect on carbon and nitrogen mineralization in soil. Source. **Soil Science Society of America Journal**, v. 170, p.360-370, 2005.
- BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v.4, p. 87-93, 1991.

- BITTENCOURT, V. C. et al. Torta de filtro enriquecida. **Revista Idea News**, ano 6, n. 63, p. 2-6, jan., 2006.
- BOEIRA R. C.; LIGO M. A. V.; DYNIA J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p.1639-1647, 2002.
- BORGES, M.. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. II-Disponibilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28: p.557- 568, 2004.
- CÂMARA, G. M.S., OLIVEIRA, E. A. M. (Eds). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.31-64.
- CAMPOS, A. X. **Fertilização com sulfato de amônio na cultura do milho em um solo do Cerrado de Brasília sob pastagem de Brachiaria decumbens**. 2004. 119p. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CARDOZO, C.O.N.; BENEDINI, M.S.; PENNA, M.J. **Viabilidade técnica do uso do composto no plantio comercial de cana-de-açúcar**. São Paulo: Copersucar, 1988, p. 13-17. (Boletim Técnico 41/88).
- CASCUDO, L. C. **Sociologia do açúcar: pesquisa e dedução**. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Alcool, Serviço de Documentação, 1971. 478 p. (Coleção canavieira, 5).
- CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds.). **Ecofisiologia de culturas extrativistas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendenteiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001. 138 p.
- CAVALCANTI, F. J. de A. et al (Eds). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3 ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco- IPA, 2008, 212 p.
- COBO, J. G.; BARRIOS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v. 240, p. 331-342, 2002.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB 2009: **Acompanhamento da safra brasileira cana-de-açúcar safra 2009, 3º levantamento dezembro de 2009**. Brasília: Companhia Nacional do Abastecimento, 2009.
- CORTEZ, L; MAGALHÃES, P.; HAPP, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v. 02, p. 111-146, 1992.
- COSTA, J.M.; OLIVEIRA, E. F. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Cascavel: Campo Mourão, COAMO/COODETC,1998, 89p.

- CUNHA, G. de M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; COSTA, G.S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.31, p.667-672, 2007.
- D'Andréa, P.A. **Biofertilizantes biodinâmicos na nutrição e proteção de hortaliças**. HORTOBIO, Piracicaba: Agroecológica, 2001.
- DIAS, F. L. F., MAZZA J.A., MATSUOKA, S., PERECIN, D. MAULE, R. F. Produtividade da cana-de-açúcar em relação a clima e solos da região noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p. 627-634, 1999.
- DONZELLI, J.L.; PENATTI, C.P. **Manejo do solo classificado como Latossolo Roxo Acríco**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1997, p.8. (Relatório Técnico).
- DYNIA, J. F.; BARBOSA FILHO, M. P. Alterações de pH, Eh e disponibilidade de micronutrientes para arroz irrigado em um solo de várzea tratado com calcário e palha de arroz em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, p.67-74, 1993.
- EMBRAPA. **Manual de análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 1999, 370p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997, 212 p.
- FASSBENDER, H.W. (1975) **Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina**. Turrialba: *Inst. Inter. Ci Agr.* OEA. 1975. 398p.
- FERREIRA, E. S.; ZOTARELLI, E.M.M.; SALVIATI, L. Efeitos da utilização da torta de filtro na produtividade da cana-de-açúcar. SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA. 4., 1988, Piracicaba. **Anais de periódicos ...**Piracicaba: Copersucar, 1988. p.321-331.
- FREYRE, G. (Ed.). Açúcar em torno da etnografia da história e da sociologia do doce no Nordeste canavieiro do Brasil. 3. ed. Recife: Massangana, 1987. 213 p.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G. B. ed. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, p. 40-75.
- FURTINI NETO, A.E. VALE, F.R. RESENDE, A.V., GUILHERME, L.R.G., GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, UFLA/FAEPE, 2001. (Textos Acadêmicos).
- GABRIELLE, B.; SILVEIRA, J. D.; S. H.;FRANCOU.C. Simulating urban waste compost effects on carbon and nitrogen dynamics using a biochemical index. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 2333-2342, 2004.
- GOMES, G. (Ed.). Engenho e arquitetura. Recife: Massangana, 2006. 411 p.

- HANDAYANTO, E.; GILLER, K. E.; CADISCH, G. Regulating N release from legume tree prunings by mixing residues of different quality. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v.29, p.1417-1426, 1997.
- HUE, N.V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E., ed. **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton: CRC Press, 1995, p.169-199.
- KESSEL, J.S.V.; REEVES, J.B. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.118-123, 2002.
- KOFFER, N. F.; DONZELI P. L. Avaliação dos solos brasileiros para cultura da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (coord), **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, p.19-41.
- KORNDORFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Eds). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004, p. 290-360.
- KORNDORFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter on sugarcane production in Brazil. **Sugar y azucar**, Engleod Cliffs, v.3, n. 92, p.26-35, 1997.
- KORNDORFER, G. H. Resposta da cana planta a diferentes fontes de fósforo. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 45, p. 31-37, 1989.
- LIMA, R. de L. S. de; FERNANDES, V. L. B.; OLIVEIRA, V. H. de; HERNANDEZ, F. F. Crescimento de mudas de cajueiro-anão-precoce ' CCP-76' submetidas à adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 23, p. 391-395, 2001.
- SILVA, M.S. L. da; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar nas propriedades químicas dos solos argilosos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n.3, p.389-394, 1995.
- MACHADO, C.T. T. **Caracterização de genótipos de milho quanto a parâmetros morfológicos, fisiológicos, fisiológicos e microbiológicos associados à eficiência de absorção e uso de fósforo**. 2000, 365p. Dissertação (Tese de Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; De OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do fosfato, 1989, 201p.
- MATSUOKA, S.; MARGARIDO, L. A. C.; LAVORENTI, N. A.; ELIAS JÚNIOR, R.; PINELL, D. M. Comportamento **de variedades de cana-de-açúcar em um sistema orgânico de produção**. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: 2002, p. 301-308.
- MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D. L.; MARTINS, A. G.; SILVA, A.P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and Sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. **Geoderma**, v.132, p.131-142, 2006.

- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2nd ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006, 729p.
- MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: Woomer, P. L.; SWIFT, M. J.,(ed.) **The biological management of tropical soil fertility**. New York: John Wiley and Sons, 1994. cap. 5. p.81-116.
- NARDIN, R. R. **Torta de filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agrônômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. 2007, 39f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônômico, Campinas.
- NASCIMENTO, C. W. A.; AMARASIRIWARDENA, Dula; XING, Baoshan. Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil. **Environmental Pollution (Barking)**, Massachusetts, v. 140, p. 114-123, 2006.
- NORONHA, M. A. S. **Níveis de água disponível e doses de esterco bovino sobre o rendimento e qualidade do feijão-vagem**. 2000. 76f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- NUNES JUNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **Revista Idea News**, ano 8, n. 92, p. 22-30, Jun, 2008.
- NUNES JR., D.; MORELLI, J.L.; NELLI, E.J. **Comportamento de variedades de cana-de-açúcar na presença de torta de filtro e de mamona. Parte II**. São Paulo: Copersucar, 1988, p 3-12. (Boletim Técnico 41/88)
- OLIVEIRA, A. B de.; NASCIMENTO, C.W.A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.99-110, 2006.
- OLIVEIRA, V.A., LUNKES, J.A., ARGENTA J.A., OLIVEIRA, J.A., DIAS D.R. Efeito da adubação mineral e orgânica sobre a produção de biomassa e óleo essencial de capim-limão. **Pro Homine**, v. 1, n. 1, p. 24-27, 2002.
- OLIVEIRA, F. C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num latossolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PAIS, I.; JONES JUNIOR, J. B. **The handbook of trace elements**. Boca Raton: St. Lucie Press, 1996. 223p.
- PALM, C.A; CATHERINE, N; GACHENGO, DELVE, R.J; CADISCH, G; GILLER, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 83, p. 27- 42, 2001.

- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Dynamic of residue decomposition and soil organic matter turnover.** In: **Soil microbiology and biochemistry**, 2 ed. San Diego: Academic Press, 1996, p. 158-179.
- PENATTI, C. P.; DONZELLI, J. L. **Uso da torta de filtro em cana-de-açúcar.** Piracicaba, 7p, 1991.
- PENATTI, C. P.; BONI, P. S. **Efeito da torta de filtro na cana planta e cana soca.** Centro de Tecnologia Copersucar. Relatório Técnico. 7 p. Piracicaba-SP. 1989a.
- PEREIRA, J.R.; FERREIRA, G.B.; GONDIM, T. M. de S.; SANTOS, J. W. dos; VALE, D. G. Adubação orgânica com torta de filtro de cana-de-açúcar no algodoeiro semiperene BRS 200 no Cariri Cearense. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2005, Campina Grande. **Anais de periódicos...** 2005.
- PENATTI, C. P.; BONI, P. S. **Uso da torta de filtro no plantio da cana-de-açúcar.** Centro de Tecnologia Copersucar. Relatório Técnico. 8 p. Piracicaba-SP. 1989b.
- PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p.665-674, 2003.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; CANTARELLA, H. e SILVA, A.G. Absorção de cátions e ânions pelo capim-Coastcross adubado com uréia e nitrato de amônio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p.247-253, 2005.
- PURQUERIO, L.F.V.; CECÍLIO FILHO, A.B. Concentração de nitrogênio na solução nutritiva e número de frutos sobre a qualidade de frutos de melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.2, n.3, p.831-836, 2005.
- QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solo tropicais.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2000, 111p.
- RAIJ, B. Van. Geoquímica de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na Agricultura.** piracicaba: POTAFOS, 1991. p.99-112.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (coord.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. p. 233-236.
- REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil e Tillage Research**, v.43, p.131-167, 1997.
- ROBINSON, M. B.; POLGLASE, P. J.; WESTON, C. J. Loss of mass and nitrogen from biossolids applied to a pine plantation. **Australian Journal of Soil Research.** v. 40, p. 1027-1039, 2002.
- RODELA, A.A., FISCHER, K.R., ALCARDE, J.C. Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic matter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.26, p.17-18, 1995.

- RODRIGUES, E.T. **Efeito das adubações orgânicas e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface *Lactuca sativa* L.**. 1990. 60p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ROSA, G. R. (coord.) **Anuário brasileiro da cana-de-açúcar 2005**. 1ª. ed. Santa Cruz do Sul: **Gazeta** Santa Cruz, 2005.136p.
- ROSSETO, R; **DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões**. Encarte de Informações Agronômicas, n. 110, junho de 2005.
- SAEG . **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Viçosa: MG. Fundação Arthur Bernardes - UFV, 1999.
- SANTANA, J; SOUZA, S.O. **Subprodutos da cana-de-açúcar**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 10, n.119, p. 22-27, Nov. 1984.
- SANTOS, D. H. dos. **Adubação fosfatada no plantio da cana-de-açúcar a partir de torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. 2009. 35f. Dissertação (mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente.
- SANTOS, J. DA R.; ABREU, N. R. DE.; BALDANZA, R.F. O Impacto do Marketing Verde nas Indústrias Sucroalcooleiras de Alagoas. **Revista Econômica do Nordeste**, v.40, n.2, 2009
- SAS. Institute, Inc. The SAS System for Windows. Estados Unidos: 1999. **1CDROM**.
- SCHJORRING, J. K. Nitrate and ammonium absorption by plants growing at a sufficient or insufficient level of phosphorus in nutrient solution. In: LAMERS, H. (Ed). **Fundamental ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1996, p. 19-36.
- SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de; LUCENA, M. A. de; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, 2004.
- SHARMA, B. D.; MUKHOPADHYAY, S.S.; SIDHU, P.S.; KATYAL, J. C. Pedospheric attributes in distribution of total and DTPA-extractable Zn, Cu, Mn and Fe in Indo-Gangetic plains. **Geoderma**, v.96, p. 131-151, 2000.
- SILVA, A.P. et al. Manejo físico de solos sob pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: FUNDAMENTOS DO PASTEJO ROTACIONADO, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1997. p. 25-37.
- SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C. E. G.R.; FERNANDES-FILHO, E.I.; CHAGAS, A. C.; BRANDÃO, P.C. Chemistry, mineralogy and micropedology of highland soils on crystalline rocks of Serra da Mantiqueira, Southeastern Brazil. **Geoderma**, v. 125, p.187-201, 2005.

- SIMIÕES NETO, D. E.; MELO, L. J.O. T. **Lançamentos de novas variedades RB de cana-de-açúcar**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 28p.
- SOBRAL, A. F.; GUIMARÃES, V. O.. Relação entre a toxidez do alumínio e a Produção de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p. 287-292, 1992.
- SOUMARÉ, M.; TACK, F. M.G.; VERLOO, M.G. Distribution and availability of iron, manganese, zinc and copper in four tropical agricultural soils. **Comm. Soil Science Plant Anal.**, v.34, p.1023-1038, 2003.
- SOUSA, R. A de.; SILVA, T. R. B. de. A Acidificação de um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico em função da aplicação de nitrogênio oriundo de uréia, sulfato de amônio e sulfamo. **Cascavel**, v.2, p.78-83, 2009.
- SOUTO, P.C.J., SOUTO, S., SANTOS, R.V., ARAÚJO, G.T., SOUTO, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.29, p.125-130, 2005.
- SOUZA, T.R.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, G.O. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.501-505, 2006.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York: J. Wiley e Sons, 1994. 496p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de solos, UFRGS, 1995. 174p.
- TEIXEIRA, L.A.J.; NATALE, W.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira **após** dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.684-689, 2001.
- TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B.; COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformation in soils of differing pedogenesis. *Soil Science*, v. 48, p. 853-858, 1984.
- UNIÃO AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. UNICA. Estatísticas. São Paulo: União da Agroindústria Canaveira de São Paulo, 2006. Disponível em <<http://www.portalunica.com.br/ação/cana.jsp>>. Acesso: em 12 dez. 2009.
- Van HEES, P. A.W.; LUNDSTROM, U. S.; STARR, M.; GIESLER, R. Factores influencing aluminium concentrations in soil solution from podzols. **Geoderma**, v. 94, p.289-310, 2000.
- VANLAUW, B.; GACHENGO, C.; SHEPHERD, K.; BARRIOS, E. CADISCH, G.; PALM, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual

framework for organic matter management. **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p.1135-1145, 2005.

VELLOSO, A.C.X., SANTOS, G.A., RAMOS, D.P. Capacidade de troca de cátions e adsorção de fosfato de solos sob vegetação de Cerrado do Amapá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, p. 27 – 32, 1982.

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

ZECH, W., SENESI, N., GUGGENBERGER, G., KAISER, K., LEHMANN, J., MIANO, T.M., MILTNER, A., SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v.79, p.117-161, 1997.