

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LEOPOLDO DE ALMEIDA SÁ

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À
APLICAÇÃO DE TORTA DE FILTRO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Rio Largo - AL

2015

LEOPOLDO DE ALMEIDA SÁ

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR SUBMETIDA À
APLICAÇÃO DE TORTA DE FILTRO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Abel Washington de Albuquerque

Rio Largo, Alagoas

2015

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

S111c Sá, Leopoldo de Almeida.
Crescimento e produtividade da cana-de-açúcar submetida à aplicação de
torta de filtro e substâncias húmicas/ Leopoldo de Almeida Sá. – Maceió, 2015.
51f. : il. tabs., grafs.

Orientador: Abel Washington de Albuquerque.
Dissertação (mestrado em Produção vegetal – Universidade
Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2015.

Bibliografia: f.45-51.

1. Rendimento agroindustrial. 2. Matéria orgânica. 3. Acúmulo nutricional.
4. Cana-de-açúcar. I. Título.

CDU: 631

Aos meus pais, Carlos Alfrêdo e Roneide de Almeida, que com muita dedicação, apoio, amor e carinho me acompanharam durante essa minha caminhada;
Ao meu irmão, Carlos Júnior, pela amizade e companheirismo de sempre;
A minha eterna irmã, Renata Sá, a quem dedicarei especialmente não somente essa, mas todas as outras conquistas que eu venha a alcançar durante minha vida.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

À Unidade Acadêmica Centro de Ciências Agrárias (CECA) da UFAL pela possibilidade do ingresso no curso de pós-graduação em produção vegetal.

Ao Professor Abel Washington de Albuquerque, pela orientação durante o mestrado, cobranças, conselhos, incentivos, críticas e amizade.

Ao Professor Renan Cantalice, pela ajuda na elaboração do projeto de pesquisa e condução do experimento, pela confiança e amizade.

Ao Professor Gilson Moura Filho, pelas sugestões apresentadas, ensinamentos, amizade e pelo acolhimento no setor de Solos.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, em especial a Geraldo de Lima e Michele pela ajuda todas as vezes que foi solicitada.

Aos colegas da turma de mestrado do curso de produção vegetal ano 2013, Adolpho Quintela, Antônio Barbosa, Daniele, David, Erica, Estevão Oliveira, Flávio Silva, Heitor Lins, Hugo Lyra, Norma e Pedro Sarmiento pela união, amizade e agradável ambiente de estudo durante todo o curso.

A todos os amigos e familiares, especialmente a Lucas Holanda, Victor Holanda, Adailton Nascimento, Carol Ferro, Ivone Ferro, Rita Ferro, Jota Ferro, Bolivar Ferro, Fausto Ferro, Quinho Ferro, João Donato, Hermann Valente e Bráulio Vieira.

A minha namorada Kyvia Vilela pelas palavras de incentivo e apoio, me dando forças para continuar nos momentos difíceis.

Ao grupo do laboratório de solos e nutrição de plantas, William Rodrigues, Adriano Moura, Manoel Oliveira, Deni Rafaela, Caio Montenegro, Vincent Moura, Kelvin, Lucas e Leila Cruz, pela ajuda na condução dos experimentos e momentos de descontração.

Aos Professores Paulo Vanderlei Ferreira, Vilma Marques, Laurício Endres, José Vieira, Mauro Wagner e Leila pelos ensinamentos durante o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo durante o curso.

A Usifértil, pela parceria e fornecimento de fertilizantes utilizados no experimento.

A Tradecorp, a Timac Agro e ao Agrisolo, pela parceria e doação dos produtos utilizados no experimento.

A Usina Santa Clotilde, pelo apoio e oportunidade de desenvolver este trabalho, especialmente a Eng. Agrônoma Delba Helena e aos demais funcionários que ajudaram no desenvolvimento da pesquisa em campo.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas, que já têm a forma de nosso corpo, e esquecer os nossos caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o tempo da travessia, e se não ousarmos fazê-la, teremos ficado, para sempre à margem de nós mesmos.”

Fernando Teixeira de Andrade

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar o crescimento, a produtividade agroindustrial e o estado nutricional da cana-de-açúcar submetida à aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais. O experimento foi conduzido na Usina Santa Clotilde, Rio Largo, AL, no período de 21 de dezembro de 2013 a 27 de outubro de 2014. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, em fatorial 3x4. Os tratamentos foram constituídos por três doses de torta de filtro (0, 16 e 32 t ha⁻¹), e produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Humitec WG[®], Fertiactyl Sweet[®], Agrisolo[®]. Foram avaliadas as seguintes variáveis: perfilhamento, diâmetro do colmo, altura de plantas, índice de área foliar (IAF), acúmulo de nutrientes, e produtividade agroindustrial da cultura. Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F (p < 0,05). Para comparação das médias dos tratamentos qualitativos utilizou-se do teste de Skott-Knott (p < 0,05). E para os tratamentos quantitativos análise de regressão. O número de perfilhos foi influenciado apenas aos 30 dias após plantio (DAP) pela aplicação de torta de filtro. A altura de plantas respondeu significativamente a aplicação das substâncias húmicas comerciais apenas aos 120 DAP. O diâmetro do colmo, IAF, tonelada de cana por hectare (TCH) e as variáveis agroindustriais não apresentaram resultados significativos com a aplicação de torta de filtro e de substâncias húmicas comerciais. Os nutrientes cálcio e magnésio indicaram diferença significativa para regressão quadrática em função da aplicação de doses de torta de filtro. E os nutrientes potássio, fósforo, enxofre e os micronutrientes cobre, ferro, zinco, manganês e boro não sofreram influência com a aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais.

Palavras-chave: matéria orgânica, rendimento agroindustrial, acúmulo nutricional.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the growth, agroindustrial yield and nutritional status of sugarcane subjected to the application of filter cake and commercial humic substances. The experiment was conducted on Sugar Mill Santa Clotilde, Rio Largo, AL, from the 21st of December, 2013 until the 27th of October, 2014. The experiment was conducted in a randomized complete block design with four replications in a 3x4 factorial. The treatments consisted of three filter cake doses (0, 16 and 32 t ha⁻¹), and different commercial products based on humic substances: Humitec WG[®], Fertiactyl Sweet[®], Agrisolo[®]. The following variables were evaluated: tillering, plant height, leaf area index (LAI), stem diameter, nutrient uptake, and agro-industrial yield. The results were then submitted to an analysis of variance with the application of the F-test ($p < 0.05$). The Skott-Knott test ($p < 0.05$) was used in order to compare the means of the qualitative treatments. A regression analysis was used for the quantitative treatments. Tillering was influenced only at 30 DAP for the application of filter cake. The plant height significantly responded to the application of commercial humic substances at 120 DAP. Stem diameter, LAI, TCH and technological variables did not show statistically significant results with the application of filter cake and commercial humic substances. Calcium and magnesium nutrients showed significant differences for quadratic regression as a function of the different filter cake doses. The nutrients potassium, phosphorus, sulfur and micronutrients copper, iron, zinc, manganese and boron did not show significant influence with the application of filter cake and commercial humic substances.

Keywords: organic matter, agroindustrial yield, nutritional accumulation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Valores mensais de chuva e irrigação no período de dezembro de 2013 à outubro de 2014, Usina Santa Clotilde, Rio Largo – AL.....	23
Figura 2 -	Aplicação dos produtos Humitec WG [®] e Fertiactyl Sweet [®] (A), Agrisolo [®] (B), distribuição da torta de filtro (C) e parcela com torta de filtro distribuída (D).....	25
Figura 3 -	Identificação das folhas de cana-de-açúcar +1, +2 e +3 (A), eliminação da nervura central (B) e secagem em estufa (C).....	28
Figura 4 -	Perfilhos aos 30 dias após o plantio em relação a doses de torta de filtro, Rio Largo, 2015.....	31
Figura 5 -	Interação nitrogênio foliar em relação a doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	32
Figura 6 -	Cálcio (A) e Magnésio (B) foliar em relação a doses de torta de filtro, Rio Largo, 2015.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Análise química do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm antes da instalação do experimento, Usina Santa Clotilde, Rio Largo, AL, 2015....	24
Tabela 2 -	Características químicas dos produtos comerciais utilizados no experimento.....	26
Tabela 3 -	Características químicas da torta de filtro utilizada no experimento, em massa seca, Usina Santa Clotilde, 2015.....	26
Tabela 4 -	Quadrados médios da análise de variância para população de perfilhos aos 30, 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	30
Tabela 5 -	Quadrados médios da análise de variância para diâmetro do colmo (mm) aos 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	32
Tabela 6 -	Quadrados médios da análise de variância para altura de plantas (cm) aos 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	33
Tabela 7 -	Teste de médias da altura de plantas aos 120 dias após o plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	34
Tabela 8 -	Quadrados médios da análise de variância para índice de área foliar (IAF) aos 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	35
Tabela 9 -	Quadrados médios da análise de variância para o teor foliar de nitrogênio, fósforo e potássio em função de doses de torta de filtro e produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Rio Largo, 2015....	36
Tabela 10 -	Faixas de teores de macronutrientes considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar.....	38
Tabela 11 -	Quadrados médios da análise de variância para o teor foliar de cálcio, magnésio e enxofre em função de doses de torta de filtro e produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Rio Largo, 2015.....	38
Tabela 12 -	Quadrados médios da análise de variância para o teor foliar de cobre, ferro, zinco, manganês e boro em função de doses de torta de filtro e	

	produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Rio Largo, 2015....	40
Tabela 13 -	Faixas de teores de micronutrientes considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar.....	41
Tabela 14 -	Quadrados médios da análise de variância para tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR), açúcares redutores (AR) pol da cana (PC) e sólidos solúveis (Brix) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Origem e importância da cana-de-açúcar	17
2.2 Resíduos agroindustriais da cana-de-açúcar	18
2.3 Substâncias húmicas	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Localização e caracterização do experimento	23
3.2 Análise de crescimento da cultura	26
3.3 Análise foliar	27
3.4 Produtividade agroindustrial	28
3.5 Análise estatística	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 População de perfilhos	30
4.2 Diâmetro de colmo	32
4.3 Altura de plantas	33
4.4 Índice de área foliar (IAF)	34
4.5 Análise nutricional	35
4.6 Produtividade agroindustrial	42
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com aproximadamente 634,8 milhões de toneladas colhidas na safra 2014/2015. Com área cultivada de 9 milhões de hectares, é a terceira maior cultura em área plantada no Brasil, ficando atrás apenas da soja (30,2 milhões de hectares) e do milho primeira e segunda safra (15,8 milhões de hectares). Alagoas foi responsável por 3,5% da produção total, se posicionando como maior produtor do Nordeste brasileiro e sexto maior produtor nacional, atrás de São Paulo (53,8%), Goiás (10,4%), Minas Gerais (9,4%), Paraná (6,8%) e Mato Grosso do Sul (6,77%). Apesar de ser o maior produtor de cana-de-açúcar do Nordeste brasileiro, a produtividade de Alagoas está abaixo da média nacional. Na safra 2014/2015 o estado obteve produtividade média de 58,2 t ha⁻¹, contra 70,5 t ha⁻¹ da média nacional (CONAB, 2015).

Um dos fatores para a baixa produtividade dos canaviais do estado de Alagoas, é que os mesmos são cultivados principalmente em áreas de Argissolos e Latossolos, caracterizados por possuírem baixa fertilidade natural e baixa capacidade de troca de cátions (CTC). Assim o manejo adequado desses solos é essencial para obtenção de maiores produtividades.

Uma das formas de aumentar a fertilidade dos solos é a realização de práticas agrícolas que forneçam matéria orgânica para os mesmos (PRIMO; MENEZES; SILVA, 2011). Dentre elas, a utilização da torta de filtro, resíduo proveniente da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo, é realizada como forma de aumentar os teores de matéria orgânica do solo e substituir a adubação química, total ou parcialmente (SANTOS et al., 2011).

A composição química da torta de filtro pode variar de acordo com a variedade processada, maturação da mesma, tipo de solo e processo de clarificação do caldo. Porém, de maneira geral, possui altos teores de fósforo, nitrogênio, cálcio e dos micronutrientes ferro, manganês, zinco e cobre. Possui ainda altos teores de matéria orgânica, sendo considerada como uma fonte de substâncias húmicas (BUSATO et al., 2010).

Além da torta de filtro, várias fontes de substâncias húmicas podem ser utilizadas na agricultura, sendo que atualmente existe no mercado vários promotores de crescimento das plantas, os quais são produzidos a partir do isolamento de diversas fontes (vermicomposto, lodo de esgoto, resíduos agroindustriais, etc.). O interesse na aplicação desses produtos em lavouras comerciais vem crescendo nos últimos anos, principalmente

pelos resultados obtidos em cultivos de interesse econômico (CUNHA et al., 2009; BALDOTTO et al., 2009).

As substâncias húmicas são os principais constituintes da matéria orgânica dos solos e promovem efeito direto na absorção de nutrientes, metabolismo e crescimento das plantas (CANELLAS & SANTOS, 2005). Sendo compostas por frações de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, determinadas com base na solubilidade em meio ácido ou alcalino (STEVENSON, 1994). Seus efeitos no desenvolvimento vegetal são dependentes da fonte, das doses utilizadas, da forma de aplicação, do tipo de natureza química do material, da espécie e da idade do vegetal estudado (VAUGHAN; MALCOLM, 1985).

A utilização de substâncias húmicas em cana-de-açúcar possui resultados controversos de acordo com a literatura, sendo necessários maiores estudos para verificar sua eficiência. Beauclair et al. (2010) observaram efeito significativo da aplicação de ácidos húmicos comerciais extraídos de turfa na produtividade em cana-planta e cana-soca. Rosato, Bolonhezi e Ferreira (2010) mencionaram resultados positivos na qualidade industrial em algumas variedades de cana-de-açúcar, promovendo ganhos no teor de sacarose e redução no teor de açúcares redutores.

No entanto, Bolonhezi, Rosato e Ferreira (2013) não observaram efeito significativo da aplicação de substâncias húmicas no perfilhamento da cana-de-açúcar, na massa de colmo e na produtividade de colmos. Assim como Oliveira et al. (2011) concluíram que a aplicação de produtos comerciais contendo substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas não influenciou a qualidade do caldo da cana-de-açúcar.

A análise do acúmulo nutricional das culturas pode contribuir para o entendimento da capacidade produtiva das variedades e seu manejo a diferentes ambientes agrícolas. O conhecimento das quantidades de nutrientes removidos pela cana-de-açúcar é fundamental no estudo da adubação, e permite uma utilização cada vez mais eficiente dos fertilizantes (COLETI et al., 2006). Mesmo que variedades de uma mesma espécie apresentem capacidade similar na absorção ou acúmulo de determinados nutrientes, pode ocorrer grande diferença entre elas na produção de biomassa, resultantes de diferenças na eficiência nutricional (EBERHARDT, SILVA e RIEFFEL NETO, 1999).

Os efeitos das substâncias húmicas nas plantas ainda não estão totalmente esclarecidos. Oliveira et al. (2011) não constataram influência da aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extratos de algas marinhas, no estado nutricional da cana-de-açúcar. Porém, alguns estudos tem relatado aumento na absorção de nutrientes pelas

culturas (BALDOTTO et al., 2009; PINHEIRO, SILVA e FURTINI NETO, 2010). Govindasmy e Chandrasekaran (1992) estudando a utilização de ácidos húmicos em cana-de-açúcar verificaram acréscimos significativos no acúmulo de nutrientes nas folhas.

Assim, a aplicação de produtos comerciais à base de substâncias húmicas pode ser uma alternativa para substituição total ou parcial da torta de filtro, com vistas à manutenção e aumento da produtividade da cultura da cana-de-açúcar em ambientes com baixa fertilidade.

O presente estudo objetivou avaliar o crescimento, o estado nutricional e a produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar submetida à aplicação de torta de filtro e produtos comerciais à base de substâncias húmicas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e Importância da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pertence à família das *poacea*, sendo que sua origem exata é controversa entre vários autores. Avaliações botânicas sugerem que variedades de colmos finos podem ter sido provenientes da Índia, no continente asiático, enquanto variedades com maior diâmetro de colmo e maior altura tiveram sua origem na Nova Guiné, no continente da Oceania (BISWAS, 1988). Foi introduzida nas Américas por Cristóvão Colombo em 1493 e no Brasil, por Martim Afonso de Souza, no ano de 1502, através de mudas oriundas da Ilha da Madeira (CESNIK, 2004).

Após mais de 500 anos da sua chegada ao Brasil, a agricultura canavieira passou por drásticas mudanças. Em princípio o setor direcionou-se para a produção de açúcar que era o principal produto de exportação nos séculos XVI e XVII, durante o Ciclo do Açúcar. Posteriormente, no contexto da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), houve incentivos à produção de álcool combustível devido à dificuldade de exportação do açúcar e escassez dos derivados de petróleo, surgindo o setor sucroalcooleiro (CAMPOS; CLEPS JÚNIOR, 2010).

No mundo, a maioria dos cultivos situa-se na faixa de latitudes entre 35° Norte e 35° Sul, ou seja, em diversos ambientes de produção com diferentes condições edafoclimáticas (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

Atualmente, com o desenvolvimento tecnológico, muitas usinas produzem além de açúcar e etanol, energia elétrica capaz de sustentar todo seu processo industrial e vender o excedente para as companhias energéticas, modificando novamente a nomenclatura do setor, dessa vez para sucroenergético.

Através dessa modernização do setor, a cana-de-açúcar vem abandonando sua imagem de cultura de colônia, e passando a ser foco mundial, devido à necessidade cada vez maior pela utilização de fontes de energia renováveis, menos poluentes e com menor custo de produção.

O Brasil é o líder mundial no cultivo e produção de cana-de-açúcar, respondendo por 38,1% da área e 37,2% da produção mundial. A Índia ocupa a segunda posição com aproximadamente 17,6% da área e 16,5% da produção mundial, seguida pela China e Tailândia com participações de 7,1 e 4,1% da área e 6,6 e 4,1% da produção no mundo, respectivamente (MAPA, 2013).

2.2 Resíduos Agroindustriais da Cana-de-açúcar

Diversos resíduos são gerados a partir do processo de produção do açúcar e do etanol. Dentre eles se destacam o bagaço de cana, a vinhaça e a torta de filtro. Esses resíduos podem ser devolvidos ao solo na forma de compostos ou in natura, melhorando as propriedades físico-químicas do solo, aumentando a produtividade agrícola da cultura e reduzindo os custos com adubação mineral (SCHNEIDER et al., 2012).

O bagaço é um resíduo resultante da moagem da cana-de-açúcar para a extração do caldo ou após o processo de extração do caldo por difusão, sendo gerado em uma proporção de 260 kg por tonelada de cana moída (SPADOTTO; RIBEIRO, 2006). É geralmente utilizado nas usinas para o aquecimento das caldeiras e na geração de energia elétrica. Atualmente, também pode servir como fonte de celulose para a produção do etanol de segunda geração (MARTINS et al., 2014).

Outra opção de uso do bagaço da cana é a aplicação do mesmo como forma de melhoria das propriedades físicas do solo. Oliveira et al. (2007) testaram diferentes misturas percentuais de bagaço de cana e cama de frango, e concluíram que o composto que propiciou maior produtividade da cana-de-açúcar foi a mistura de 100 kg de bagaço + 5,0 kg de sulfato de amônio. Os resultados indicam que mesmo sendo o bagaço de cana um resíduo pobre em nutrientes, seu efeito sobre as propriedades físicas do solo, principalmente a aeração e a capacidade de retenção de água, causam maior aumento de produtividade do que o verificado para compostos mais ricos em nutrientes, mas também mineralizados mais rapidamente.

A vinhaça é o produto da calda na destilação do licor de fermentação do etanol de cana-de-açúcar, também conhecida por restilo e vinhoto. É produzida numa taxa de 10 a 18 litros de vinhaça por litro de etanol produzido (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007).

A vinhaça é utilizada na fertirrigação da cana-de-açúcar fornecendo principalmente potássio, podendo substituir a adubação mineral com esse macronutriente (MORO et al., 2011). Sua utilização proporciona incrementos na produtividade de colmos variando entre 7 e 15 t ha⁻¹, dependendo da dose aplicada e da idade do canavial (SILVA; BONO; PEREIRA, 2014).

A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar. Para cada tonelada de cana-de-açúcar moída, são produzidos de 30 kg a 40 kg de torta de filtro (SANTOS et al., 2010). Sua composição química é variável em função da variedade e da maturação da

cana-de-açúcar, tipo de solo, processo industrial e outros. Porém, de maneira geral, apresenta altos teores de fósforo, nitrogênio, cálcio, ferro e manganês (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

A aplicação de torta de filtro promove além de melhoria na fertilidade do solo, redução nos teores de alumínio e correção da acidez do solo, enquanto alguns fertilizantes minerais podem promover sua acidificação. O efeito alcalinizante da torta de filtro, possivelmente ocorre em virtude da alcalinidade do material utilizado durante o processo de clarificação do caldo, quando é adicionado cal $[Ca(OH)_2]$ para auxílio na floculação das impurezas (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

A torta de filtro pode ser aplicada nos canaviais tanto na ocasião do plantio quanto em socaria, sendo possível no primeiro caso a aplicação em área total ou no sulco de plantio, já na socaria a aplicação é feita em cobertura, próximo a linha da cana-de-açúcar. A dose utilizada pode variar de acordo com a análise química do material e a forma de aplicação, sendo comumente utilizado doses de 20 a 40 t ha⁻¹.

Fravet et al. (2010) trabalharam com a aplicação de doses crescentes de torta de filtro (0, 10, 20, 40 e 80 t ha⁻¹) em diferentes formas de aplicação, onde concluíram que a dose de 70 t ha⁻¹ proporcionou a maior produtividade de colmos, independentemente do modo de aplicação. Da mesma maneira, Santos et al. (2010) e Adorna, Crusciol e Rossato (2013) evidenciaram em seus estudos aumento de produtividade da cana-de-açúcar com a utilização de torta de filtro. No entanto, Nardin (2007) não constatou efeito da torta de filtro no rendimento de colmos em duas variedades, em diferentes formas de aplicação. Moura Filho et al. (2007) e Fravet et al. (2010) constataram diminuição na qualidade do caldo com a aplicação da torta de filtro.

Melhorias nos atributos físico, químicos e biológicos do solo foram relatadas por alguns autores. Vasconcelos et al. (2014) em estudo de um Latossolo Amarelo nos tabuleiros costeiros de Alagoas cultivado com cana-de-açúcar, verificaram melhoria nas propriedades físicas do solo após a aplicação de vinhaça e torta de filtro. González et al. (2014) avaliaram o efeito do uso da torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em um Latossolo Vermelho distrófico, e constataram aumento na população de bactérias do solo, fungos e micro-organismos solubilizadores de fosfato, além de aumento do teor de fósforo solúvel no solo.

Lima (2006) verificou que compostos orgânicos contendo torta de filtro e farelo de mamona apresentaram maiores teores de ácidos húmicos e fúlvicos comparados aos demais materiais utilizados. Gomes (2011) concluiu que os ácidos húmicos presentes na

torta de filtro aplicada ao solo apresentam características que favorecem a incorporação de C-alquílico e grupamentos carboxílicos na estrutura dos ácidos húmicos nativos do solo, conferindo-lhe maior reatividade e resistência à degradação.

2.3 Substâncias húmicas

A matéria orgânica do solo é um sistema complexo integrado por diversos componentes, cujo dinamismo está ligado à incorporação de resíduos vegetais e animais ao solo e à transformação e evolução destes, mediadas pela interação de vários processos bioquímicos sucessivos (LABRADOR MORENO, 1996).

As substâncias húmicas são frações da matéria orgânica, compreendendo até 80% do seu conteúdo (SANTOS et al., 2008) e podem ser separadas em três principais grupos: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina. Os ácidos fúlvicos são solúveis em meio alcalino ou ácido, tem fração humificada considerada de menor massa molecular e maior solubilidade e mobilidade no solo. Os ácidos húmicos são insolúveis em meio ácido e têm sido definidos como substâncias de coloração escura, compostas por macromoléculas de massa molecular relativamente elevada. A humina é insolúvel em meio alcalino e ácido e pode ter composição variada. Possui reduzida capacidade de reação (STEVENSON, 1994).

Além de fornecer nutrientes para as plantas por meio da mineralização, as substâncias húmicas também podem estimular diretamente o desenvolvimento e o metabolismo das plantas, especialmente o desenvolvimento radicular (NARDI et al., 2002; CANELLAS; SANTOS, 2005).

Os principais efeitos diretos das substâncias húmicas sobre o metabolismo das plantas são a influência positiva sobre o transporte de íons facilitando a absorção; aumento da respiração e da velocidade das reações enzimáticas do ciclo de Krebs, resultando na maior produção de ATP; aumento no conteúdo de clorofila; aumento na síntese de ácidos nucléicos; efeitos sobre a síntese protéica; aumento ou inibição da atividade de várias enzimas (NANNIPIERI et al., 1993).

No solo, as substâncias húmicas promovem aumento na retenção de calor, e interferem no matiz e no croma do solo. Podem reter água até 20 vezes a sua massa, diminuindo a erosão e aumentando o armazenamento de água no solo. Têm função tamponante em amplos intervalos de pH, o que ajuda a manter o equilíbrio da solução do solo. Complexa elementos tóxicos como o Al^{+3} e através da decomposição da matéria orgânica fornece nutrientes para as plantas (ROCHA; ROSA, 2003).

O interesse no estudo das substâncias húmicas vem crescendo nos últimos anos, principalmente pelo surgimento de empresas comercializando vários produtos estimuladores do crescimento de plantas, os mesmos são substâncias húmicas extraídas de diferentes fontes. Por isso, pesquisas científicas têm sido realizadas em busca de avaliar os efeitos da utilização desses produtos como forma de aumentar a produtividade das culturas.

A principal fonte de extração de substâncias húmicas para formulação de fertilizantes orgânicos e organominerais são materiais de origem geológica ricos em carbono humificado (ZALLER, 2007). Nos Estados Unidos e Europa a fonte mais utilizada é a leonardita, enquanto no Brasil o mais comum é a extração de turfas (ZANDONADI et al., 2014). No entanto, diversos trabalhos têm mostrado a possibilidade de uso de outras fontes de substâncias húmicas como vermicompostos (ZANDONADI; BUSATO, 2012), resíduos agroindustriais (BALDOTTO et al., 2009; BUSATO et al., 2010) e lodo de esgoto (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001; SILVA et al., 2001).

A utilização de substâncias húmicas em cana-de-açúcar possui resultados controversos de acordo com a literatura, sendo necessários maiores estudos para verificar sua eficiência. Beauclair et al. (2010) observaram efeito significativo da aplicação de ácidos húmicos comerciais extraídos de turfa na produtividade em cana-planta e cana-soca. Rosato, Bolonhezi e Ferreira (2010) mencionaram resultados positivos na qualidade industrial em algumas variedades de cana-de-açúcar, promovendo ganhos no teor de sacarose e redução no teor de açúcares redutores.

Por outro lado, Bolonhezi, Rosato e Ferreira (2013) não observaram efeito significativo da aplicação de substâncias húmicas no perfilhamento da cana-de-açúcar, na massa de colmo e na produtividade de colmos. Assim como Oliveira et al. (2011) concluíram que a aplicação de produtos comerciais contendo substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas não influenciaram a qualidade do caldo da cana-de-açúcar.

Em outras culturas o estímulo da área superficial radicular e da H^+ -ATPase de membrana plasmática em plântulas de café e milho cultivadas com ácidos húmicos provenientes de lodo de esgoto e vermicomposto foram observados por Façanha et al. (2002). Em cultivo de soja no município de Rio Verde, GO, Benites et al. (2006) verificaram acréscimos de 30% na produtividade de grãos com a aplicação de ácidos húmicos extraídos de turfa. Baldotto et al. (2009) observaram incrementos no crescimento e desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular do abacaxi, bem como aumento na

relação clorofila a/clorofila b e acúmulo significativo de nutrientes com a aplicação de ácidos húmicos isolados de vermicomposto e torta de filtro.

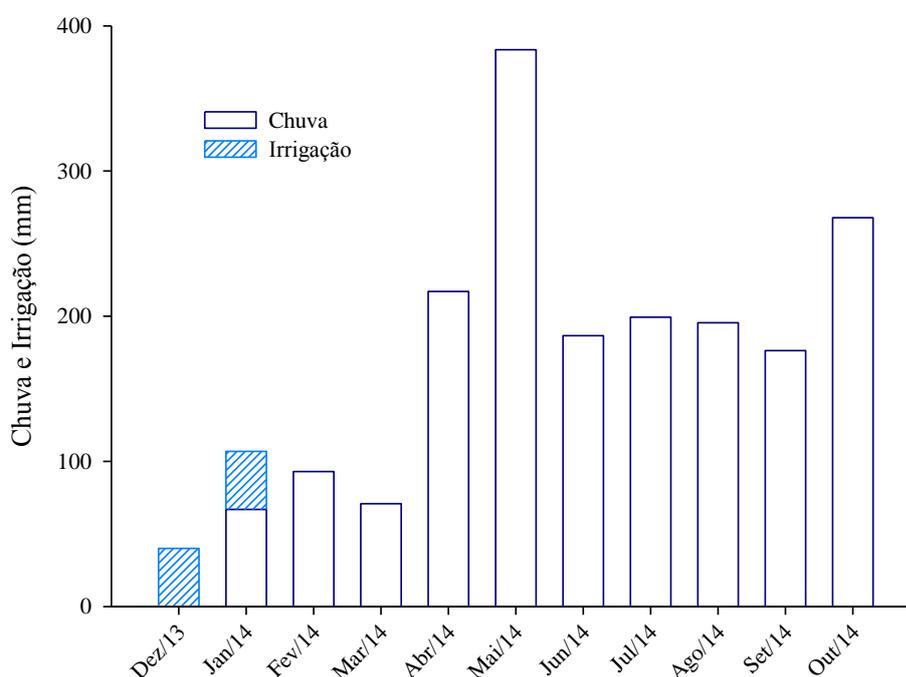
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização do experimento

O estudo foi conduzido no período de 21 de dezembro de 2013 a 27 de outubro de 2014, na fazenda Cúia Velha pertencente à Usina Santa Clotilde, situada no município de Rio Largo, AL, nas coordenadas geográficas 9° 26'51'' de latitude Sul e 35° 48'30'' de longitude Oeste, a 130 metros de altitude.

O clima da região é classificado como úmido, megatérmico, com deficiência hídrica moderada no verão e grande excesso no inverno (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). A região apresenta precipitação anual média de 1.800 mm, com período chuvoso concentrado entre abril e agosto, que corresponde a 70% da precipitação anual total. A temperatura do ar varia entre 19,3 e 31,7 °C, com média anual de 25,4 °C. A umidade relativa do ar situa-se em torno de 70% (SOUZA et al., 2004). Os dados pluviométricos obtidos neste trabalho foram fornecidos pela Usina Santa Clotilde (Figura 1).

Figura 1 - Valores mensais de chuva e irrigação no período de dezembro de 2013 à outubro de 2014, Usina Santa Clotilde, Rio Largo - AL.



Fonte: Autor, 2015

A precipitação pluvial da época de implantação do experimento até sua colheita foi de 1.937 mm. Após o plantio, a área experimental foi irrigada por aspersão convencional

com vinhaça, visando garantir a germinação da cultura. Foram aplicadas duas lâminas de irrigação, aos 5 e 25 dias após o plantio (DAP), de 40 mm cada, totalizando 80 mm.

O solo está situado em área de Tabuleiro Costeiro e foi classificado como Latossolo Amarelo coeso. A análise química do solo encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo nas profundidades 0-20 e 20-40 cm antes da instalação do experimento, Usina Santa Clotilde, Rio Largo, AL, 2015

Profundidade (cm)	pH (água)	Na	P	K	M.O.	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	V
		mg dm ⁻³			(dag kg ⁻¹)	cmol _c dm ⁻³			%		
0 – 20	5,6	34	57	167	2,84	2,7	1,4	0,02	4,8	9,48	49,3
20 – 40	5,6	36	41	171	2,54	2,6	1,0	0,04	4,9	9,09	46,1

Fonte: Autor, 2015

O preparo do solo consistiu de uma gradagem para destruição dos restos culturais, subsolagem, e sulcamento. Foi feita calagem na dose de 3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico 45 dias antes do plantio. O sistema de plantio foi manual, onde os colmos foram distribuídos nos sulcos, sendo estabelecida uma densidade de plantio entre 12 e 15 gemas por metro linear.

Foi utilizada a variedade RB92579, por ser atualmente a variedade mais plantada no Nordeste brasileiro e no estado de Alagoas (CENSO VARIETAL, 2011). Esta variedade possui como características agroindustriais ótima brotação na planta e na soca com colheita manual queimada, e boa com colheita manual crua. Alto perfilamento em planta e soca, proporcionando ótimo fechamento de entrelinhas. Floresce pouco. Velocidade lenta de crescimento. Alta produtividade agrícola nas quatro primeiras folhas. Alto teor de açúcares totais recuperáveis (ATR), maturação média (outubro a janeiro), longo período de utilização industrial (PUI) e médio teor de fibra. Amplas épocas de plantio (julho a janeiro), sem restrição a ambientes para produção. Tolerante à seca e a herbicidas. Difícil despalha no período vegetativo e fácil na colheita. Resistente à ferrugem e ao carvão. Tolerante à cigarrinha da folha. Resistência intermediária à escaldadura das folhas e à podridão vermelha. Ausência de amarelinho (SIMÕES NETO, 2008).

Os tratamentos foram constituídos de três doses de torta de filtro (0, 16 e 32 t ha⁻¹), aplicados manualmente no sulco de plantio, na ausência (testemunha) e presença de produtos comerciais à base de substâncias húmicas: Humitec WG[®] (4 kg ha⁻¹), Fertiactyl Sweet[®] (5 L ha⁻¹) e Agrisolo[®] (200 kg ha⁻¹), aplicados sobre os toletes na ocasião do plantio utilizando pulverizador costal (Humitec WG[®] e Fertiactyl Sweet[®]) e distribuição

manual (Agrisolo[®]) (Figura 2). Esses tratamentos, no esquema fatorial 3x4, foram distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela foi composta de oito linhas com 10 m de comprimento em um espaçamento combinado de 1,5 x 0,8 m, sendo a área útil constituída pelas seis linhas centrais, com cinco metros de comprimento. A área total de cultivo do experimento foi de 4.416 m².

Figura 2 – Aplicação dos produtos Humitec WG[®] e Fertiactyl Sweet[®] (A), Agrisolo[®] (B), distribuição da torta de filtro (C) e parcela com torta de filtro distribuída (D).



Fonte: Autor, 2015

As características químicas dos produtos comerciais utilizados no experimento foram fornecidas pelos fabricantes, e encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Características químicas dos produtos comerciais utilizados no experimento

Produtos	Composição química						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mo	Ácidos Húmicos	Ácidos Fúlvicos	Carbono Orgânico
	%						
Humitec WG [®]	8		4		12	3	10
Fertiactyl Sweet [®]	13		5	1,2	10	5	7
Agrisolo [®]	1,7	0,4	1,2				3

Fonte: Autor, 2015

No tratamento sem a aplicação de torta de filtro foi aplicado a fórmula mineral padrão utilizada na usina, 60 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses de torta de filtro foram estabelecidas com base no seu teor de fósforo, igualando ao máximo a quantidade de nutrientes fornecidos através da adubação mineral. Assim, na dose 16 t ha⁻¹ de torta de filtro, houve complemento com adubo mineral de 10, 60 e 102 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, e na dose 32 t ha⁻¹ de torta de filtro, houve complemento de 94 kg ha⁻¹ de K₂O, todos aplicados no sulco de plantio. As características químicas da torta de filtro utilizada no experimento encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Características químicas da torta de filtro utilizada no experimento, em massa seca, Usina Santa Clotilde, 2015

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	M.O.	C.O.	C/N	Fe	B	Cu	Mn	Zn
g kg ⁻¹						g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹				
13,4	20,9	3,2	27,6	5,0	2,6	378,4	219,5	16:1	22,5	10	101	533	165

Fonte: Autor, 2015

Após o plantio, foi feita fertirrigação com vinhaça por aspersão convencional, visando garantir a germinação da cultura. Foram aplicadas duas lâminas de irrigação de 40 mm, aos 5 e 25 dias após o plantio (DAP), totalizando 80 mm. Para o controle das plantas daninhas foi aplicado uma mistura dos herbicidas Metribuzim (1.440 g i.a. ha⁻¹) e Tebuthiuron (800 g i.a. ha⁻¹), Picloram e 2,4-D (32 e 120 g i.a. ha⁻¹) mais espalhante adesivo aos 19 DAP.

3.2 Análise de crescimento da cultura

Na avaliação do crescimento da cana-de-açúcar foram feitas contagem do número de perfilhos, contabilizando o total em 5 m de sulco nas seis linhas centrais de cada

parcela. Para as variáveis diâmetro do colmo, índice de área foliar (IAF) e altura de plantas foram selecionadas 15 plantas, de forma aleatória, para realização das medições.

Para avaliação do diâmetro do colmo utilizou-se um paquímetro na altura correspondente ao terço médio da planta, a partir da sua base. A altura do colmo foi mensurada com fita métrica, a partir do nível do solo até a última região auricular visível da folha +1, segundo a numeração sugerida por Kuijper (DILLEWIJN, 1952). A área foliar foi determinada conforme metodologia descrita por Hermann e Câmara (1999), sendo expressa pela equação (01):

$$AF = (C \cdot L \cdot 0,75) \cdot (N + 2) \quad (01)$$

em que: AF é a área foliar (m²); C é o comprimento da folha +3 (m); L é a largura da folha +3 (m); 0,75 é o fator de correção para área foliar da cultura (FRANCIS; RUTGER; PLAMER, 1969); e N é o número de folhas totalmente abertas e com pelo menos 20% de área verde.

O índice de área foliar (IAF) foi calculado pela equação 02:

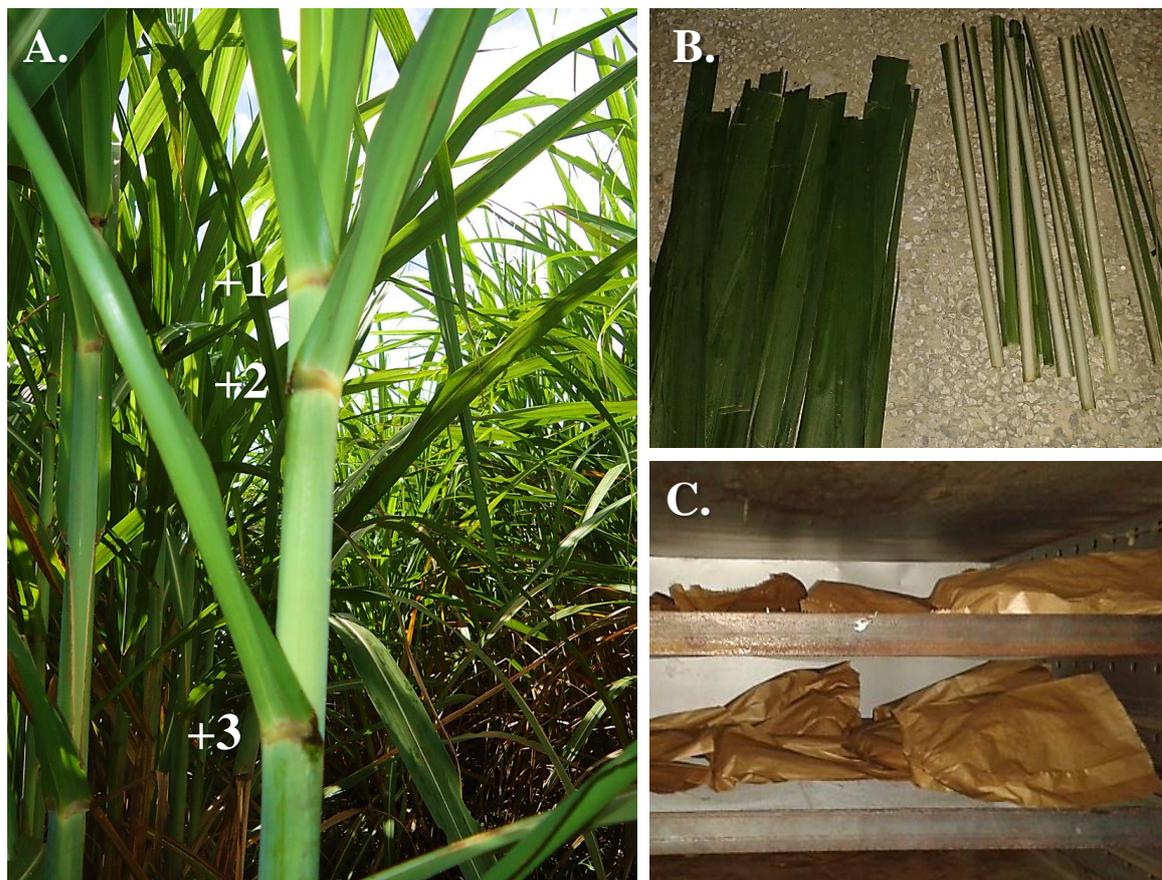
$$IAF = \frac{AF \cdot NP}{E \cdot H} \quad (02)$$

em que: AF é a área foliar (m²); NP é o número de perfilhos por metro; E é o espaçamento médio entre linhas (m); e H um metro linear, pois a AF média das plantas determinadas por parcela era multiplicada pelo número de perfilhos (NP) médios em um metro linear.

3.3 Análise foliar

Para a análise foliar, durante a estação chuvosa (aos 180 DAP) foi feita a coleta da folha +3 (Figura 3A) de 15 plantas aleatórias na área útil de cada parcela. A amostragem foi realizada selecionando 20 cm da parte central da folha e eliminando a nervura central (MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA, 1997).

Figura 3 – Identificação das folhas de cana-de-açúcar +1, +2 e +3 (A), eliminação da nervura central (B) e secagem em estufa (C).



Fonte: Autor, 2015

Após a coleta das folhas, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C por 72 h, sendo posteriormente moídas em moinho tipo Willey com peneira de 20 mesh.

3.4 Produtividade agroindustrial

Ao final do ciclo, a cana-de-açúcar foi colhida, pesada e estimada a produção em toneladas por hectare (TCH). Para determinar as características agroindustriais, amostraram-se aleatoriamente 10 colmos em cada parcela, que foram analisados no laboratório de análise tecnológica da Usina Santa Clotilde, determinando os teores de sólidos solúveis (Brix %), pol da cana (PC %) e açúcar total recuperável (ATR). A tonelada de açúcar provável por hectare (TPH) foi obtida por meio do produto da multiplicação entre o TCH e o PC.

3.5 Análise estatística

Os procedimentos estatísticos foram determinados com auxílio do programa Sisvar 5.3 (FERREIRA, 2011). Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F ($p < 0,05$). Para comparação das médias dos tratamentos qualitativos utilizou-se do teste de Skott-Knott ($p < 0,05$). E para os tratamentos quantitativos utilizou-se análise de regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 População de perfilhos

O resumo da análise de variância de perfilhos encontra-se na Tabela 4. De acordo com o teste F, pode-se observar que o número de perfilhos foi influenciado aos 30 DAP pela aplicação de torta de filtro, que promoveu aumento linear na população de perfilhos (Figura 4). Esse acréscimo pode ser atribuído ao teor de umidade contido na torta de filtro favorecer a brotação da cana-de-açúcar (ROSSETTO; DIAS; VITTI, 2008).

Tabela 4 - Quadrados médios da análise de variância para população de perfilhos aos 30, 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015

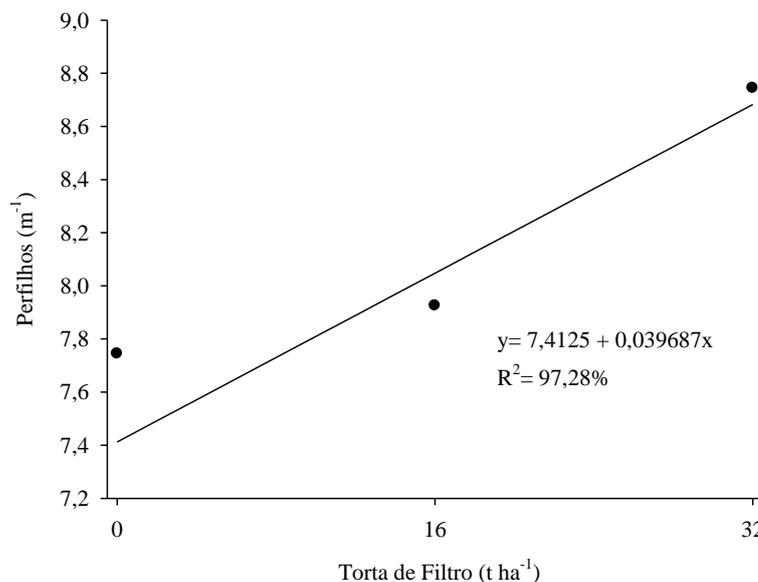
FV	Quadro de análise de variância				
	GL	Quadrados médios			
		Perfilhos 30 DAP	Perfilhos 60 DAP	Perfilhos 120 DAP	Perfilhos 180 DAP
Blocos	3	4,75961 ^{ns}	72,11379 ^{**}	9,96285 ^{ns}	2,81996 ^{**}
Torta de filtro	2	-	-	-	-
Regressão linear	1	12,9032 [*]	12,20317 ^{ns}	17,6418 ^{ns}	0,06519 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,36015 ^{ns}	13,08244 ^{ns}	0,9801 ^{ns}	0,33712 ^{ns}
Produtos comerciais	3	1,92718 ^{ns}	5,60395 ^{ns}	0,8591 ^{ns}	0,13639 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	2,71340 ^{ns}	4,07534 ^{ns}	1,10482 ^{ns}	0,12923 ^{ns}
Resíduo	33	2,04822	6,6415	4,42829	0,3376
CV (%)		17,78	12,51	11,06	5,1
Média		8,05	20,60	19,02	11,38

** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

Nas demais épocas de avaliação não foram observadas diferenças significativas na população de perfilhos decorrente da aplicação de torta. Resultados semelhantes foram relatados por Moura (2014), ao aplicar torta de filtro como fonte de fósforo, o autor não observou diferença significativa aos 90, 120 e 180 DAP para esta variável.

Figura 4 - Perfislos aos 30 dias após o plantio em relação a doses de torta de filtro, Rio Largo, 2015.



Fonte: Autor, 2015

Com relação aos produtos comerciais à base de substâncias húmicas, não houve diferença significativa nas épocas de avaliação de perfilhamento, fato que corrobora com Bolonhezi, Rosato e Ferreira (2013). Esses autores não observaram efeito significativo da aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos comerciais no perfilhamento da cana-de-açúcar. No entanto, Beauclair et al. (2010) citaram aumento do perfilhamento decorrente da aplicação de ácidos húmicos comerciais extraídos de turfa e atribuíram esse aumento a maior absorção de nutrientes pelas plantas.

Os valores médios de número de plantas por metro linear foram 8, 20, 19 e 11 aos 30, 60, 120 e 180 DAP, respectivamente. O pico de perfilhamento ocorreu aos 60 DAP e basicamente manteve o stand de plantas até 120 DAP. Posteriormente, aos 180 DAP, houve uma redução natural no número de perfislos, que possivelmente se estabilizou até a ocasião da colheita. Esse declínio de aproximadamente 50% na população de plantas ocorre naturalmente devido à competição das mesmas por luz em uma mesma touceira (ALMEIDA et al., 2008).

Os resultados obtidos estão de acordo com Costa (2009), que em cultivo de cana-planta na região de Coruripe, AL, observou máximo perfilhamento aos 60 DAP. Silva, Jeronimo e Dal'Col Lúcio (2008) citaram máximo perfilhamento aos 90 DAP, com variação de 19 a 21 plantas por metro linear, dependendo da variedade utilizada. Santos et al. (2009), trabalhando com diferentes fontes de fósforo, notaram máximo perfilhamento

aos 120 DAP. Essa variação encontrada entre os autores pode ser resultado da interação entre temperaturas elevadas e irregularidades pluviais (SUGUITANI, 2001) e características genéticas das variedades (OLIVEIRA et al., 2007).

4.2 Diâmetro de colmo

De acordo com o teste F, o diâmetro do colmo não apresentou resultados estatisticamente significativos com a aplicação de torta de filtro e de substâncias húmicas comerciais (Tabela 5). Bolonhezi et al. (2014) também não constataram diferença no diâmetro do colmo em variedades de cana-de-açúcar e fontes comerciais de substâncias húmicas. Assim como Santos et al. (2012) não observaram diferença no diâmetro do colmo entre o tratamento com torta de filtro e o tratamento com adubação mineral.

Tabela 5- Quadrados médios da análise de variância para diâmetro do colmo (mm) aos 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância			
	GL	Quadrados médios		
		Diâmetro 60 DAP	Diâmetro 120 DAP	Diâmetro 180 DAP
Blocos	3	2,79654*	85,16867**	3,20375 ^{ns}
Torta de filtro	2	-	-	-
Regressão linear	1	0,324463 ^{ns}	6,650232 ^{ns}	1,925703 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,001857 ^{ns}	1,105602 ^{ns}	0,225234 ^{ns}
Produtos comerciais	3	1,96743 ^{ns}	1,68946 ^{ns}	0,12903 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	1,09083 ^{ns}	3,98093 ^{ns}	0,96783 ^{ns}
Resíduo	33	0,75044	2,25831	1,45648
CV (%)		5,92	5,55	4,37
Média		14,63	27,07	27,60

** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

Os valores médios obtidos de diâmetro do colmo foram 14, 27 e 27 mm aos 60, 120 e 180 DAP, respectivamente. Silva (2007) constatou para a variedade RB92579, diâmetro do colmo de 12,4; 16,7 e 19,5 mm aos 60, 120 e 180 DAP, na mesma ordem. Os maiores valores obtidos no presente estudo podem ser atribuídos a melhor distribuição da pluviosidade durante o experimento, o que resultou em menores períodos de estresse hídrico.

4.3 Altura de plantas

Em relação à altura de plantas, de acordo com o teste F, foi possível observar diferença significativa a 5% de probabilidade aos 120 DAP com a aplicação das substâncias húmicas comerciais (Tabela 6).

Tabela 6 - Quadrados médios da análise de variância para altura de plantas (cm) aos 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância			
	GL	Quadrado médio		
		Altura 60 DAP	Altura 120 DAP	Altura 180 DAP
Blocos	3	0,19702*	225,81603**	0,01137 ^{ns}
Torta de filtro	2	-	-	-
Regressão linear	1	1,40082 ^{ns}	2,20415 ^{ns}	70,199282 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1,507143 ^{ns}	14,70302 ^{ns}	64,347135 ^{ns}
Produtos comerciais	3	4,17155 ^{ns}	94,33954*	0,00596 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	2,29121 ^{ns}	10,45337 ^{ns}	0,00362 ^{ns}
Resíduo	33	2,80141	24,16675	0,00435
CV (%)		6,33	6,70	3,09
Média		26,45	73,35	213,81

** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

De acordo com o teste Scott-Knott, todos os produtos comerciais estudados diferiram da testemunha, porém foram estatisticamente iguais entre si. Se comparados à testemunha, nota-se que os tratamentos que receberam substâncias húmicas comerciais tiveram aumento médio de 4,9 a 9,5% na altura de plantas aos 120 DAP (Tabela 7).

Nas demais épocas de avaliação não houve diferença significativa para as doses de torta de filtro, produtos comerciais e para a interação TF x PC, indicando que o efeito da torta de filtro na altura das plantas independe dos produtos comerciais ou vice-versa.

Tabela 7 - Teste de médias da altura de plantas aos 120 dias após o plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015

Produtos comerciais à base de substâncias húmicas	Torta de Filtro (t ha ⁻¹)			Média
	0	16	32	
	Altura 120 DAP (cm)			
Testemunha	67,39	72,38	69,17	69,64 b
Humitec® WG	72,38	73,25	73,37	72,99 a
Fertiactyl Sweet®	73,30	74,70	75,52	74,50 a
Agrisolo®	77,69	76,27	74,80	76,25 a
Média	72,69	74,15	73,21	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si, a 5% de probabilidade do teste de Scott-Knott

Fonte: Autor, 2015

Sarto et al. (2009), em estudo sobre a aplicação de substâncias húmicas em variedades de cana-de-açúcar no município de Aparecida do Taboado, MS, não observaram diferença para altura de plantas em avaliação realizada aos 100 DAP.

4.4 Índice de área foliar (IAF)

O resumo da análise de variância para o IAF encontra-se na Tabela 8. Pode-se observar que o mesmo não foi influenciado pela aplicação de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais em nenhuma época de avaliação.

O IAF está ligado à produtividade das culturas pelo fato das folhas interceptarem a radiação solar como fonte de energia para realizarem a fotossíntese, produzindo fotoassimilados que serão utilizados nos processos vitais da planta.

Os resultados do presente estudo corroboram com o citado por Sarto e Bolonhezi (2010), que não observaram diferenças significativas para o IAF com a aplicação de diferentes doses de ácidos húmicos e fúlvicos comerciais. Da mesma maneira, Oliveira et al. (2011) não constataram aumento no IAF em decorrência da aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extratos de algas marinhas, e atribuíram o acréscimo na produtividade da cana-de-açúcar a alteração da cinética de absorção de nutrientes.

Tabela 8 - Quadrados médios da análise de variância para índice de área foliar (IAF) aos 60, 120 e 180 dias após plantio (DAP) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância			
	GL	Quadrado médio		
		IAF 60 DAP	IAF 120 DAP	IAF 180 DAP
Blocos	3	0,53021**	0,06705 ^{ns}	0,32101 ^{ns}
Torta de filtro	2	-	-	-
Regressão linear	1	0,060764 ^{ns}	0,30822 ^{ns}	0,008506 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,312577 ^{ns}	0,040951 ^{ns}	0,051178 ^{ns}
Produtos comerciais	3	0,20652 ^{ns}	0,36423 ^{ns}	0,16137 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	0,14191 ^{ns}	0,32754 ^{ns}	0,12937 ^{ns}
Resíduo	33	0,10858	0,39017	0,11514
CV (%)		16,50	18,54	8,30
Média		1,997	3,370	4,089

** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

Os valores médios de IAF foram 2, 3,4 e 4,1 aos 60, 120 e 180 DAP, respectivamente. Próximo ao observado por Almeida et al. (2008), na região de Rio Largo-AL, que citaram valores em cana-planta de 2,3; 3,5 e 4,2 para as mesmas épocas de avaliação.

4.5 Análise nutricional

A aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais não alterou as concentrações de potássio e fósforo, no entanto, promoveu diferenças significativas no teor foliar de nitrogênio (Tabela 9). Com relação à torta de filtro, pode-se observar diferença significativa a 5% de probabilidade para a regressão linear, indicando que a equação de primeiro grau explica o teor de nitrogênio foliar em função da aplicação de doses de torta de filtro.

Tabela 9 - Quadrados médios da análise de variância para o teor foliar de nitrogênio, fósforo e potássio em função de doses de torta de filtro e produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância			
	GL	Quadrados médios		
		Nitrogênio (g kg ⁻¹)	Fósforo (g kg ⁻¹)	Potássio (g kg ⁻¹)
Blocos	3	30,8374**	0,02118**	5,79823 ^{ns}
Torta de filtro	2	-	-	-
Regressão linear	1	14,718541*	0,0090 ^{ns}	0,34169 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,089156 ^{ns}	0,012681 ^{ns}	9,45433 ^{ns}
Produtos comerciais	3	0,205544 ^{ns}	0,004078 ^{ns}	1,433986 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	7,285649*	0,003479 ^{ns}	5,141664 ^{ns}
Resíduo	33	3,002036	0,004091	5,1912
CV (%)		7,88	5,11	17,33
Média		21,99	1,25	13,14

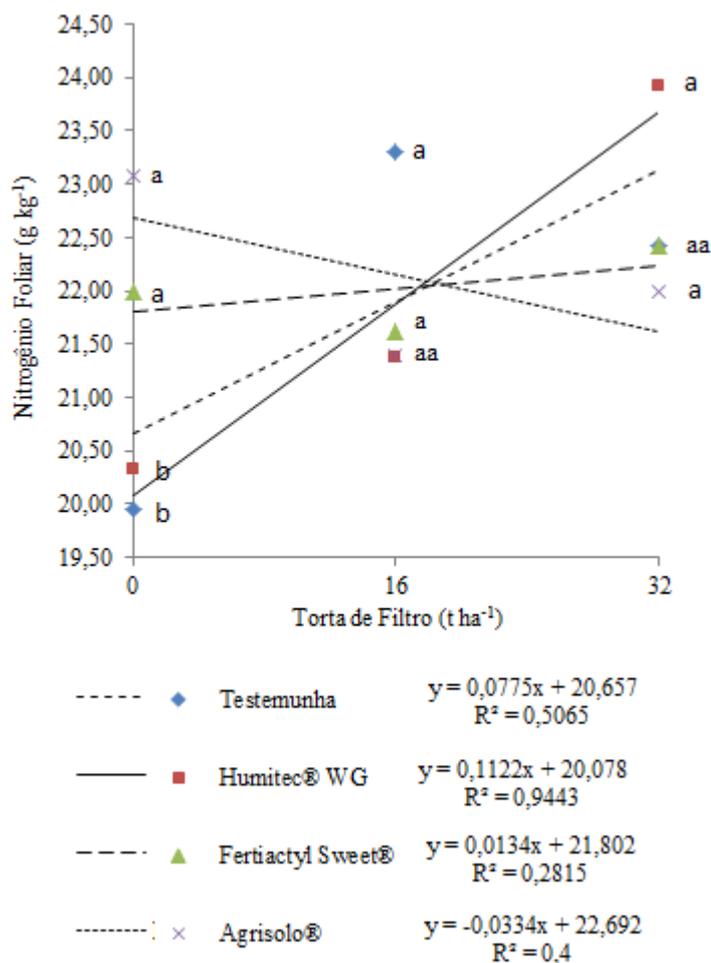
** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

Também houve diferença significativa, no nível de 5% de probabilidade, para a interação (TF x PC), indicando que o efeito da torta de filtro no teor de nitrogênio foliar depende da presença das substâncias húmicas comerciais ou vice-versa (Figura 5).

No tratamento que não houve aplicação de torta de filtro, os produtos Fertiactyl Sweet[®] e Agrisolo[®] proporcionaram as maiores concentrações de nitrogênio na folha e diferiram estatisticamente do tratamento com Humitec[®] WG e da testemunha. Já nas doses 16 e 32 t ha⁻¹ de torta, não ocorreram diferenças significativas entre as substâncias húmicas comerciais avaliadas.

Figura 5 - Interação nitrogênio foliar em relação a doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015.



Fonte: Autor, 2015

A média do teor de nitrogênio foliar ficou dentro da faixa de concentração considerada adequada para cana-de-açúcar por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raj et al. (1996), e acima do citado por Moura Filho et al. (2010). O potássio foliar médio esteve dentro do recomendado pelos autores citados na Tabela 10, por outro lado, a cultura se encontrava com deficiência nutricional de fósforo de acordo com os critérios utilizados por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raj et al. (1996). De acordo com Moura Filho et al. (2010) o nível de fósforo estava adequado.

Almeida Júnior et al., (2011), em estudo com cana-de-açúcar em casa de vegetação, observaram acúmulo foliar significativo de fósforo, potássio e cobre com a utilização de torta de filtro. Já Moura (2014) observou incremento no teor de fósforo foliar na cultura da cana-de-açúcar com a aplicação de torta de filtro em área total (1,32 g kg⁻¹), em relação à

testemunha (1,26 g kg⁻¹). Porém, valores ainda considerados abaixo do adequado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1996)

Tabela 10 – Faixas de teores de macronutrientes na matéria seca da folha +3 considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar

Fonte	Macronutrientes					
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
	g kg ⁻¹					
Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	20 - 22	1,8 - 2	13 - 15	5 - 7	2 - 3	2,5 - 3
Raij et al. (1996)	18 - 25	1,5 - 3,0	10 - 16	2,0 - 8,0	1,0 - 3,0	1,5 - 3,0
Moura Filho et al. (2010)	12,5 - 20,8	1,0 - 2,1	8,9 - 14,7	1,7 - 4,0	0,1 - 1,4	0,7 - 1,8
Autor (2015)	21,99	1,25	13,14	2,48	0,98	1,24

Fonte: Autor, 2015

As doses de torta de filtro promoveram alteração no teor foliar de cálcio e magnésio, indicando que a equação de segundo grau explica o teor foliar de cálcio e magnésio em função da aplicação de torta de filtro (Tabela 11). O teor foliar de enxofre não foi influenciado pela aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais.

Tabela 11 - Quadrados médios da análise de variância para o teor foliar de cálcio, magnésio e enxofre em função de doses de torta de filtro e produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância			
	GL	Quadrados médios		
		Cálcio (g kg ⁻¹)	Magnésio (g kg ⁻¹)	Enxofre (g kg ⁻¹)
Blocos	3	0,345642*	0,020235**	0,030555 ^{ns}
Torta de filtro	2	-	-	-
Regressão linear	1	0,047022 ^{ns}	0,000703 ^{ns}	0,021356 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,750245**	0,015759*	0,09669 ^{ns}
Produtos comerciais	3	0,142976 ^{ns}	0,001919 ^{ns}	0,008544 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	0,015382 ^{ns}	0,001790 ^{ns}	0,01849 ^{ns}
Resíduo	33	0,088941	0,003513	0,025153
CV (%)		12,02	6,02	12,70
Média		2,48	0,98	1,25

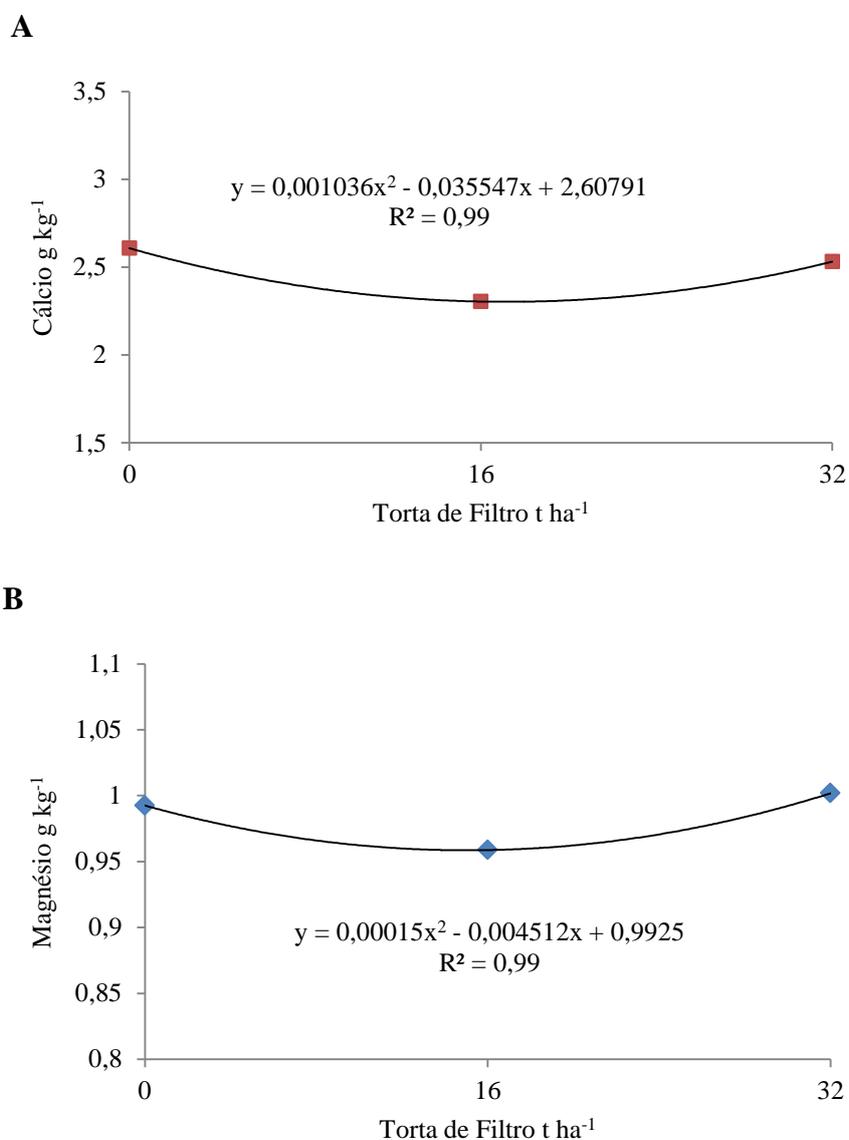
** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

Os teores foliares de cálcio e magnésio em relação a doses de torta de filtro se encontram na Figura 6. Rosa et al., (2009) verificaram que somente as concentrações de magnésio e fósforo na parte aérea de plantas de feijão foram significativamente afetadas pela presença de substâncias húmicas.

O teor foliar médio de cálcio situou-se dentro do recomendado por Rajj et al. (1996) e Moura Filho et al. (2010). Os nutrientes enxofre e magnésio, estavam dentro da faixa recomendada apenas por Moura Filho et al. (2010), ficando abaixo do mencionado como ideal pelos demais autores citados na Tabela 10.

Figura 6 - Cálcio (A) e Magnésio (B) foliar em relação a doses de torta de filtro, Rio Largo, 2015.



A aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais também não promoveram diferenças significativas para o teor foliar dos micronutrientes cobre, ferro, zinco, manganês e boro (Tabela 12). O presente estudo corrobora em partes com o observado por Oliveira et al., (2011), que não observaram influência da aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extratos de algas marinhas, no teor de macro e micronutrientes foliares em cana-de-açúcar.

Delfine et al., (2005) não encontraram resultados positivos na produtividade e no teor nutricional de trigo submetido à aplicação de ácidos húmicos, considerando desnecessária sua aplicação visando a melhoria da nutrição de plantas. Para Vasconcelos (2006), as quantidades de nutrientes fornecidas pelos produtos comerciais são baixas, e insuficientes para refletirem em incrementos significativos de nutrientes no tecido vegetal.

Tabela 12 - Quadrados médios da análise de variância para o teor foliar de cobre, ferro, zinco, manganês e boro em função de doses de torta de filtro e produtos comerciais à base de substâncias húmicas, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância					
	GL	Quadrados médios				
		Cobre (mg kg ⁻¹)	Ferro (mg kg ⁻¹)	Zinco (mg kg ⁻¹)	Manganês (mg kg ⁻¹)	Boro (mg kg ⁻¹)
Blocos	3	0,39738 ^{ns}	263,3597*	1,70339*	38,64658**	2,76718*
Torta de filtro	2	-	-	-	-	-
Regressão linear	1	0,850426 ^{ns}	285,206786 ^{ns}	1,509453 ^{ns}	13,934805 ^{ns}	0,345349 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,107781 ^{ns}	105,280734 ^{ns}	0,000234 ^{ns}	0,04667 ^{ns}	0,019333 ^{ns}
Produtos comerciais	3	0,02961 ^{ns}	58,86238 ^{ns}	0,23408 ^{ns}	4,26477 ^{ns}	1,36583 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	0,08716 ^{ns}	24,60078 ^{ns}	0,14387 ^{ns}	4,88981 ^{ns}	0,79386 ^{ns}
Resíduo	33	0,233320	70,99659	0,43051	4,60754	0,81094
CV (%)		10,10	14,32	5,78	12,82	17,04
Média		4,78	58,85	11,35	16,74	5,28

** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

Os teores foliares de micronutrientes considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar encontram-se na Tabela 13. Os micronutrientes manganês e boro ficaram abaixo do mencionado como ideal por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1996) e classificados como adequado por Moura Filho et al. (2010). O cobre também foi considerado deficiente de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1996) e acima do citado como ideal por Moura Filho et al. (2010).

O ferro situou-se dentro do recomendado por Raij et al. (1996) e Moura Filho et al. (2010), ficando abaixo do citado por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). O zinco ficou dentro do citado como adequado apenas por Raij et al. (1996), sendo considerado deficiente pelos demais.

Tabela 13 – Faixas de teores de micronutrientes na matéria seca da folha +3 considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar

Fonte	Micronutrientes				
	Cobre	Ferro	Zinco	Manganês	Boro
	mg kg ⁻¹				
Malavolta, Vitti e Oliveira (1997)	8 - 10	80 - 150	25 - 30	50 - 125	15 - 50
Raij et al. (1996)	6 - 15	40 - 250	10 - 50	25 - 250	10 - 30
Moura Filho et al. (2010)	2 - 4,1	38 - 166	12 - 29	3,0 - 57,0	4,5 - 7,5
Autor (2015)	4,78	58,85	11,34	16,73	5,28

Fonte: Autor, 2015

No geral, a maioria dos teores foliares citados como deficientes para a cultura foram considerados com base nos critérios de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e Raij et al. (1996), ou seja, trabalhos que foram realizados fora da região nordeste brasileira. A produtividade média da cultura obtida neste experimento (97,2 t ha⁻¹) é considerada elevada para a região do presente estudo, o que indica que a cultura não se encontrava com deficiência nutricional, e que é necessário estabelecer faixas de concentrações nutricionais para a região nordeste do Brasil e para as variedades atualmente utilizadas.

A ordem de acúmulo médio nutricional foliar observada foi N, K, Ca, P, S, Mg, Fe, Mn, Zn, B e Cu. Resultados semelhantes aos obtidos por Raij et al. (1996), diferindo apenas com relação ao S, que foi mais extraído que o P pela cana-de-açúcar. E por Calheiros et al. (2011), com a mesma variedade do presente estudo, em que a ordem foi alterada somente no nutriente Mg, que foi mais extraído que o S.

Ordem de absorção diferente foi observada por Moura Filho et al. (2014), que citaram a ordem N, K, Ca, P, Mg, S e Fe, B, Zn, Mn, Cu. Vale salientar que a variação no acúmulo nutricional pode ocorrer com a idade da planta e com a variedade utilizada, o que dificulta a comparação dos resultados com a literatura (PRADO; FERNANDES; NATALE, 2002).

4.6 Produtividade agroindustrial

O resumo da análise de variância para produtividade agroindustrial encontra-se na Tabela 14. O TCH não foi influenciado pela aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais. Resultado que corrobora com o observado por Bolonhezi, Rosato e Ferreira (2013), porém, discorda de Oliveira et al. (2011), que obtiveram aumento de 30% de produtividade de colmos industrializáveis com a aplicação de produtos comerciais contendo substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas.

Diferentes respostas da aplicação de substâncias húmicas podem ocorrer de acordo com a variedade utilizada (ROSATO et al., 2010). Também deve-se enfatizar que o presente trabalho foi realizado em ambiente com CTC maior que o do trabalho citado, portanto, com menor potencial de resposta à aplicação dos produtos.

Tabela 14 - Quadrados médios da análise de variância para tonelada de cana por hectare (TCH), açúcar total recuperável (ATR), açúcares redutores (AR) pol da cana (PC) e sólidos solúveis (Brix) em função de doses de torta de filtro e substâncias húmicas comerciais, Rio Largo, 2015

FV	Quadro de análise de variância						
	GL	Quadrados médios					
		TCH	ATR (kg t ⁻¹)	AR (%)	PC (%)	Brix (%)	TPH
Blocos	3	306,06141 ^{ns}	29,147298 ^{ns}	0,009467 ^{ns}	3,691878 ^{ns}	1,131329 ^{ns}	8,168145 ^{ns}
Torta de filtro	2	-	-	-	-	-	-
Regressão linear	1	2,21426 ^{ns}	11,080278 ^{ns}	0,00105 ^{ns}	2,597302 ^{ns}	0,617902 ^{ns}	1,851946 ^{ns}
Regressão quadrática	1	8,824563 ^{ns}	183,1427 ^{ns}	0,009269 ^{ns}	6,189813 ^{ns}	2,89352 ^{ns}	3,993227 ^{ns}
Produtos comerciais	3	125,73489 ^{ns}	431,355195 ^{ns}	0,04165 ^{ns}	6,611177 ^{ns}	5,327738 ^{ns}	2,960187 ^{ns}
Torta de filtro x Produtos comerciais	6	199,83701 ^{ns}	43,739949 ^{ns}	0,012818 ^{ns}	0,364372 ^{ns}	1,080884 ^{ns}	1,862188 ^{ns}
Resíduo	33	219,5778	170,1314	0,014653	2,6272	2,6455	4,3133
CV (%)		15,25	12,31	13,55	15,75	10,67	20,83
Média		97,19	105,94	0,89	10,29	15,24	9,97

** Significativo a 0,01 de probabilidade, * Significativo a 0,05 de probabilidade e ns- não significativo

Fonte: Autor, 2015

As demais variáveis agroindustriais também não apresentaram resposta para a aplicação de torta de filtro e substâncias húmicas. As concentrações de ATR, PC e Brix situaram-se abaixo do citado na literatura (COSTA et al., 2011; MACÊDO et al., 2013; RIDESA, 2010) e a concentração de AR situou-se acima do descrito por Silva et al. (2014) para a variedade RB92579. Podendo-se concluir que a cultura não se encontrava no estágio ideal de maturação na época do corte.

Oliveira et al. (2011) concluíram que a aplicação de produtos comerciais contendo substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas não influenciou a qualidade do caldo da cana-de-açúcar. Bolonhezi et al. (2008) mencionaram resultados positivos e expressivos das substâncias húmicas sobre o teor de sacarose de variedades de cana-de-açúcar. Rosato, Bolonhezi e Ferreira (2010) observaram respostas variadas a aplicação de substâncias húmicas de acordo com a variedade utilizada. A aplicação das SHs promoveu aumento de sacarose para a variedade SP91-3011. Redução no teor de açúcares redutores nas variedades RB835054 e RB867515 em determinadas épocas da safra e não afetaram as outras características tecnológicas da cana-de-açúcar.

5. CONCLUSÕES

O uso de substâncias húmicas não promoveu aumentos nas variáveis de crescimento da cultura, exceto para a altura de plantas, aos 120 DAP;

A aplicação de torta de filtro promoveu aumento linear da população de perfilhos apenas aos 30 DAP;

O uso de torta de filtro e substâncias húmicas não proporcionou aumento no acúmulo de nutrientes das plantas de maneira geral, exceto pela interação torta de filtro e substâncias húmicas que promoveu alteração no teor foliar de nitrogênio. E o teor foliar de cálcio e magnésio que foram alterados com a utilização de torta de filtro;

Os teores nutricionais médios do presente estudo ficaram abaixo do recomendado para outras regiões;

O uso de substâncias húmicas e torta de filtro não promoveram aumento da produtividade agrícola e industrial nas condições do presente estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADORNA, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C.; ROSSATO, O. B. Fertilization with filter cake and micronutrients in plant cane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.3, 2013.

ALMEIDA, A. C. S. et al. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1441-1448, 2008.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. et al. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.10, p. 1004-1013, 2011.

BALDOTTO, L. E. B. et al. Desempenho do abacaxizeiro ‘Vitória’ em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 33:979-990, 2009.

BEAUCLAIR, E. G. F. et al. Uso de condicionador de solo a base de ácido húmico na cultura da cana-de-açúcar. **STAB** (Piracicaba), v.28, p.42-45, 2010.

BENITES, V. D. M. et al. Aplicação foliar de fertilizante organomineral e soluções de ácido húmico em soja sob plantio direto. Embrapa Solos. Circular Técnica, 35, 2006.

BISWAS, B. C. Agroclimatology of the sugar-cane crop. World Meteorological Organization. Geneva – Switzerland, 1988. 90p.

BOLONHEZI, A. C. et al. Ácidos húmicos e fúlvicos aplicados no sulco de plantio de cana-de-açúcar em solo de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 9., 2008, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB/Gráfica, 2008. p. 559-564.

_____. et al. Variedades precoces de cana-de-açúcar cultivadas em ambiente restritivo com aplicação de substâncias húmicas de origem turfosa e da leonardita. **Anais...** Ribeirão Preto. VIII Workshop Agroenergia - Matérias Primas, 2014.

_____.; ROSATO, M. M.; FERREIRA, L. H. Z. Substâncias húmicas aplicadas no sulco de plantio em variedades de cana-de-açúcar. **Cultura Agrônômica** (UNESP. Ilha Solteira), v.22, p.125-131, 2013.

BUSATO, J. G. et al. Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.2, p.206-212, 2010.

CALHEIROS, A. S. Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de fósforo. **STAB** (Piracicaba), v.29, n.3, p.34-37, 2011.

CAMPOS, N. L.; CLEPS JÚNIOR, J. Expansão canavieira e impactos sócio-espaciais da produção de agrocombustível no Triângulo Mineiro (1980-2012). **Agrária** (São Paulo. Online), v. 13, p. 80-110, 2010.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. *Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes: 2005. 309p.

CENSO VARIETAL. Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar. UFScar. 2011. 30p.

CESNIK, R. *Melhoramento da cana-de-açúcar*. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004, 307p.

COLETI, J. T. et al. Remoção de Macronutrientes pela Cana-Planta e Cana-Soca, em Argissolos, Variedades RB835486 e SP81-3250. **STAB** (Piracicaba), v.24, n.5, p.32-36, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, quarto levantamento, abril/2015*. Brasília, 29p, 2015.

COSTA, C. T. S. et al. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 56-63, jul.-set, 2011.

COSTA, J. V. T. **Adubação verde e nitrogênio no desenvolvimento e produção de cana-planta**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, p.99, 2009.

CUNHA, T. J. F. et al. Ácidos húmicos em solo fertirrigado no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 33:1583-1592, 2009.

DELFINE, S. et al. Effects of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. **Agron. Sustain. Develop.**, 25:183-191, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979, 193p. Irrigation and Drainage Paper 33.

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

EBERHARDT, D. S.; SILVA, P. R. F.; RIEFFEL NETO, S. R. Eficiência de absorção e utilização de nitrogênio por plantas de arroz e de dois ecótipos de arroz vermelho. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, p. 309-323, 1999.

FAÇANHA, A. R. et al. Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1301-1310, 2002.

FERREIRA, D. F.; Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PLAMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, p.537-539, 1969.

FRAVET, P. R. F. et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.618-624, 2010.

GOMES, T. C. A. **Resíduos orgânicos no processo de compostagem e sua influência sobre a matéria orgânica do solo em cultivo de cana-de-açúcar**. Recife: UFRPE, 2011. 118f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco.

GONZÁLEZ, L. C. et al. Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.44, n.2, p.135-141, 2014.

GOVINDASMY, R.; CHANDRASEKARAN, S. Effect of humic substances on the growth, yield, and nutrient content of sugar cane. **The Science of Total Environment**, 117/118, p.575-581, 1992.

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

LABRADOR MORENO, J. **La matéria orgânica em los agrosistemas**. Madri: Ministéria Agricultura, 1996.

LIMA, C. C. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral**. Viçosa: UFV, 2006. 167f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa.

MACÊDO, G. A. et al. Características produtivas e tecnológicas de variedades de cana-de-açúcar em sucessão a diferentes cultivos em pastagem degradada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p.223-228, 2013.

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

MARTINS, F. A. et al. A produção do Etanol de segunda geração a partir do bagaço da cana-de-açúcar. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v.2, n.3, 2014.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. *Anuário estatístico de agroenergia 2012*. Secretaria de Produção e Agroenergia. 4ª edição. Brasília, 284 p, 2013.

MORO, C. C. et al. Utilização da vinhaça como fertilizante no cultivo da cana-de-açúcar. **Revista Cognitio**, v. 2, p. 1-5, 2011.

MOURA, A. B. **Produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar sob diferentes fontes e doses de fósforo**. Rio Largo: UFAL, 2014. 76p. Dissertação Mestrado.

MOURA FILHO, G. et al. Crescimento e produção de cana-de-açúcar em função da adubação mineral e torta de filtro, na região de Penedo-Alagoas. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., Aracaju, 2007. **Anais**. Aracaju: SBAG, 2007. CD.

_____. et al. Determinação de teores ótimos de nutrientes em cana-de-açúcar na Destilaria Japungu-PB, usando o método Chance Matemática (ChM). In: XXIX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. 29. Guarapari, 2010. Resumos Expandidos... Guarapari: SBCS, 2010. (Em CD-ROM).

_____. et al. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 11, p. 1102-1109, 2014.

NANNIPIERI, P. et al. Proprietà biochimiche e fisiologiche dela sostanza organica. In: NANNIPIERI, P. (Ed.). **Ciclo dela sostanza organica nel suolo: aspetti agronomici, chimici, ecologici, ecologici & selvicolturali**. Bologna: Patron, 1993. p. 67-78.

NARDI, S. et al. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 34, p.1527-1536, 2002.

NARDIN, R. R. **Torta-de-filtro aplicadas em argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. Campinas: IAC, 2007. 39f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola) – Instituto Agrônomo de Campinas.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.581-593, 2001.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.239, p. 30-43, 2007.

_____. et al. Produção da RB867515 influenciada pela aplicação de substâncias húmicas, aminoácidos e extrato de algas marinhas. **STAB** (Piracicaba), v.30, p.30-33, 2011.

OLIVEIRA, R. A. et al. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.2, p.71-76, 2007.

PINHEIRO, G. L.; SILVA, C. A.; FURTINI NETO, A. E. Crescimento e nutrição de clone de eucalipto em resposta à aplicação de concentrações de C-ácido húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1217-1229, 2010.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia agricola**, v. 59, n. 1, p. 129-135. 2002.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Substâncias húmicas da matéria orgânica do solo: uma revisão de técnicas analíticas e estudos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**, v. 7, n. 5, p. 1-13, 2011.

RAIJ, B. V. et al. Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100).

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. Substâncias húmicas aquáticas: interação com espécies metálicas. São Paulo, Editora Unesp, 2003. 120p.

ROSA, C. M. et al. Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 959-967, 2009.

ROSATO, M. M.; BOLONHEZI, A. C.; FERREIRA, L. H. Z. Substâncias húmicas sobre qualidade tecnológica de variedades de cana-de-açúcar. **Scientia Agraria** (UFPR. Impresso), v.11, p.43-48, 2010.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Idea News**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 94, p. 78-90, 2008.

SANTOS, D. H. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.443-449, 2011.

_____. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.4, p.454-46, 2010.

SANTOS, G. A. et al. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 636p, 2008.

SANTOS, M. Z. et al. Estudo comparativo entre a eficiência de diferentes formas de adubação na cultura da cana-de-açúcar. **Campo Digital: Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.7, n.1, p.20-26, 2012.

SANTOS, V. R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.

SARTO, M. D.; BOLONHEZI, A. C. Índice de área foliar de três variedades de cana-de-açúcar tratadas com diferentes doses de substâncias húmicas no sulco de plantio. **Anais...** Piracicaba, SP. 18º Simpósio Internacional de Iniciação Científica - Siicusp, 2010.

_____. et al. Ácidos húmicos e fúlvicos aplicados no sulco de plantio de variedades de cana-de-açúcar em solo de cerrado. **Anais...** São José do Rio Preto. XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 2009.

SCHNEIDER, C. F. et al. Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.5, p. 8-17, 2012.

SILVA, A. P. M.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.1, p.38-43, 2014.

SILVA, F. C. et al. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

SILVA, L. C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em sete cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) na região de Coruripe-AL**. Rio Largo: UFAL, 2007. 74f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas.

SILVA, M. A.; JERONIMO, E. M.; DAL'COL LÚCIO, A. Perfilamento e produtividade de cana-de-açúcar com diferentes alturas de corte e épocas de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n. 8, p.979-986, 2008.

SILVA, M. A. S., GRIEBELER, N. P., BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SILVA, T. G. F. et al. Biomassa seca acumulada, partições e rendimento industrial da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n.5, p. 686-696, 2014.

SIMÕES NETO, D. E. Variedades de cana-de-açúcar no estado de Pernambuco contribuição do melhoramento clássico da Ridesa-UFRPE. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5, p.125-146, 2008.

SOUZA, J. L. et al. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do tabuleiro costeiro de Maceió, AL, período de 1972-2001. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 131-141, 2004.

SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. São Paulo: FEFAP, 2006.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: John Wiley & Sons. 512p. 1994.

SUGUITANI, C. **Fenologia da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) sob efeito do fósforo**. Dissertação Mestrado. Piracicaba: ESALQ, 79p, 2001.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1.

VASCONCELOS, A. C. F. **Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e de soja**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura" Luiz de Queiroz. 2006. 111p. Tese de Doutorado.

VASCONCELOS, R. F. B. et al. Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.381-386, 2014.

VAUGHAN, D., MALCOLM, R. E. Influence of humic substances on growth and physiological processes. **Soil Organic Matter and Biological Activity**, p. 37-75, 1985.

ZALLER, J. G. Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. **European Journal of Soil Biology**, v. 43, p.332-S336, 2007.

ZANDONADI, D. B.; BUSATO, J. G. Vermicompost humic substances: technology for converting pollution into plant growth regulators. **International Journal of Environmental Science and Engineering Research**. v.3, p.73-84, 2012.

_____. et al. . Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**. v.32, n.1, p.14-20, 2014.