

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS LIMPAS

XISTO ROQUE PAZIAN NETTO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE TORTA DE FILTRO NA
ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA E NAS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO**

MARINGÁ
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P348e Pazian Netto, Xisto Roque
Efeito da aplicação de torta de filtro na adubação da cultura de soja e nas características químicas do solo / Xisto Roque Pazian Netto. – Maringá-PR, 2019.
38 f.: il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Edneia Aparecida de Souza Paccola .
Co-orientadora: Profa. Dra. Francielli Gasparotto.

Dissertação (mestrado) – UNICESUMAR - Centro Universitário de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, 2019.

1. Subproduto. 2. *Glycine max* . 3. Sustentabilidade. 4. Soja. I. Título.

CDD – 664

Leila Nascimento – Bibliotecária – CRB 9/1722
Biblioteca Central UniCesumar

Ficha catalográfica elaborada de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

XISTO ROQUE PAZIAN NETTO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE TORTA DE FILTRO NA
ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA E NAS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas.

Orientadora: Profa. Dra. Edneia Aparecida de Souza Paccola

Co-orientadora: Profa. Dra. Francielli Gasparotto

MARINGÁ
2019

XISTO ROQUE PAZIAN NETTO

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE TORTA DE FILTRO NA
ADUBAÇÃO DA CULTURA DA SOJA E NAS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Prof^a. Dr^a. Edneia Aparecida de Souza Paccola
Centro Universitário de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Marcelo Augusto Batista
Universidade Estadual de Maringá

Prof^a. Dr^a. Natália Ueda Yamaguchi
Centro Universitário de Maringá

MARINGÁ
2019

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu”

Eclesiastes, cap. 3, vs. 1.

À minha esposa Luiza pelo apoio, incentivo e, acima de tudo, compreensão em todos os momentos; ao meu filho André, que é minha fonte de inspiração e aos meus pais, José e Clarice. Graças ao apoio de todos tive condições para transformar este sonho em realidade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter dado todas as condições para alcançar mais essa realização.

À Dr^a. Francielli Gasparotto, pela orientação, incentivo, apoio, amizade e confiança em meu trabalho. Meus mais sinceros agradecimentos.

À Dr^a. Edneia Aparecida de Souza Paccolla, pela orientação e apoio, pela amizade e confiança.

À Dr^a. Cleiltan Novaes, pela amizade e pela valiosa colaboração e inúmeras sugestões no decorrer da realização de todo o trabalho.

Ao **Me**João Carlos Gonçalves, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

À UNICESUMAR, pela concessão da bolsa institucional.

Ao Centro Universitário de Maringá por ter-me possibilitado desenvolver este trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas pela amizade, apoio e demonstração de companheirismo.

Aos meus amigos que, por inúmeras vezes, me ajudaram nos tratos culturais do experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3.	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA	16
3.2	CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	16
3.3	SETOR SUCRALCOOLEIRO.....	17
3.4	RESÍDUOS DO SETOR SUCRALCOOLEIRO	18
3.5	CULTURA DA SOJA	20
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	23
4.1.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	24
4.2.	PARÂMETROS AVALIADOS	26
4.3.	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
6.	CONCLUSÃO	35
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui da unidade experimental	25
Figura 2. Representação gráfica das análises de regressão para A) Germinação, B) Altura das plantas, C) Inserção de vagens e D) produtividade em função das doses de torta de filtro aplicadas. Asteriscos representam significância estatística ($p<0,05$).	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estimativa de produção de resíduos de cana-de-açúcar no estado do Paraná	19
Tabela 2. Valores referentes a análise química do solo da área experimental antes da implantação do experimento com torta de filtro.....	23
Tabela 3. Característica da torta de filtro utilizada em aplicação no solo da Fazenda Escola UniCesumar.....	24
Tabela 4. Valores referentes à germinação (%), altura de plantas (centímetros) e inserção de vagens (centímetros) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos.	28
Tabela 5. Valores referentes ao número de vagens por plantas, sementes por vagem, peso de 1000 sementes (g) e produtividade (scs.ha^{-1}) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos.....	29
Tabela 6. Resultados dos fatores pH, V%, CTC, Soma de bases, Matéria orgânica e Carbono de amostras de solo submetidas a diferentes tratamentos com os resíduos orgânicos torta de filtro.	31
Tabela 7. Valores de macronutrientes em amostras de solo sob diferentes tratamentos.....	33
Tabela 8. Teor encontrado de micronutrientes sob os tratamentos utilizados.....	34

RESUMO

A necessidade da redução do emprego de fertilizantes minerais e da poluição ambiental, juntamente com o vigoroso desenvolvimento da cultura da soja é de grande interesse social e ambiental. Assim, objetivou-se avaliar a utilização de torta de filtro, sobre os atributos químicos do solo e sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da soja. A unidade experimental foi delineada em blocos casualizados com 6 tratamentos e 4 repetições: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral (300 kg.ha^{-1} do formulado 00-30-10); T3 – 50% da dose recomendada de torta de filtro (17 ton.ha^{-1}); T4 – 100% da dose recomendada de torta de filtro (34 ton.ha^{-1}); T5 – 150% da dose recomendada de torta de filtro (51 ton.ha^{-1}); T6 – 200% da dose recomendada de torta de filtro (61 ton.ha^{-1}). Avaliou-se na cultura da soja a germinação, produtividade da soja, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, altura de plantas e a inserção da primeira vagem, bem como atributos químicos do solo. No 20º dia após a semeadura verificou-se que entre os tratamentos não houve diferenças significativas quanto à germinação. Já para a altura das plantas verificou-se que o uso da torta de filtro influenciou de forma positiva no crescimento das mesmas, sendo que o T5 foi o que apresentou plantas com maior estatura, 82 cm, seguido pelos tratamentos T6, T4, T3, T2 e T1. Porém, a altura da inserção da primeira vagem não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, variando entre 14,0 cm no T6 até 15,9 cm no T5. Para estabelecer a produtividade foram considerados os valores médios de plantas por ha, vagens por planta, sementes por vagem e peso de mil sementes, sendo que para estes parâmetros, assim como para a produtividade, não se observou diferenças significativas entre os tratamentos. Quanto aos atributos químicos só observou-se diferenças significativas para os teores de matéria orgânica e carbono, sendo que os maiores teores foram verificados em T1, T2 e T3, seguidos por T6, T5 e T4. Desta forma, pode-se inferir que nas condições deste experimento o emprego da torta de filtro mostrou-se viável para o manejo sustentável da soja, pois não influenciou negativamente nenhum dos parâmetros avaliados e ainda proporcionou um maior desenvolvimento da cultura.

Palavras-chave: subproduto; *Glycine max*; sustentabilidade.

ABSTRACT

The need to reduce mineral fertilizer use and environmental pollution, together with the vigorous development of soybean cultivation, is of great social and environmental interest. Thus, the objective was to evaluate the use of filter cake, on the chemical attributes of the soil and on the development and productivity of soybean crop. The experimental unit was designed in randomized blocks with 6 treatments and 4 repetitions: T1 - Witness; T2 - Mineral fertilization (300 Kg.ha^{-1} of formulated 00-30-10); T3 - 50% of the recommended dose of filter cake (17 ton.ha^{-1}); T4 - 100% of the recommended dose of filter cake (34 ton.ha^{-1}); T5 - 150% of the recommended dose of filter cake (51 ton.ha^{-1}); T6 - 200% of the recommended dose of filter cake (61 ton.ha^{-1}). Germination, soybean yield, number of pods per plant, number of seeds per pod, plant height and first pod insertion as well as chemical soil attributes were evaluated in soybean crop. At 20 days after sowing it was found that between treatments there were no significant differences when germination. Regarding plant height, it was found that the use of filter cake had a positive influence on plant growth, and T5 was the one with the largest plants, 82 cm, followed by treatments T6, T4, T3, T2. and T1. However, the height of first pod insertion did not show significant differences between treatments, ranging from 14.0 cm in T6 to 15.9 cm in T5. Regarding the productivity factor, although the treatments with filter cake presented higher values than the control and the treatment with chemical fertilizer, no statistical differences were observed between the treatments. The use of filter cake was viable for sustainable management of soybean, as it did not negatively influence any of the parameters evaluated.

Keywords: by-product; Glycine max; sustainability

1. INTRODUÇÃO

Os processos de reutilização e reaproveitamento de resíduos economizam recursos naturais e reduzem os impactos ambientais ao serem utilizados em seu processo produtivo, quando comparados aos processos que utilizam matérias-primas virgens (SCHNEIDER, 2012).

Neste sentido, existem muitos resíduos que poderiam ser reutilizados por produtores de soja, variando de acordo com a disponibilidade e preço na sua região, provenientes de agroindústrias, indústrias ou da própria propriedade, que podem reduzir seus custos e também o impacto ambiental que esses resíduos, se mal manejados, poderiam provocar. Esses materiais muitas vezes são dispostos no solo sem os devidos cuidados quanto à época e modo de aplicação e as dosagens necessárias à determinada condição, necessitando assim de pesquisas que orientem essa utilização.

Dentre estes resíduos está a torta de filtro, que é um resíduo proveniente do setor sucroalcooleiro, oriundo da mistura de bagaço moído e lodo da decantação do processo de clarificação do açúcar. Devido ao lodo passar por um processo de filtração a vácuo, este resíduo acabou sendo denominado de torta de filtro (FRAVET *et al.*, 2010). Estima-se que para cada tonelada de cana-de-açúcar moída sejam produzidos de 30 a 40 kg de torta de filtro. Este material se constitui num composto orgânico que contém cálcio, nitrogênio e potássio com concentração variável dependendo da variedade da cana, época de maturação, tipo de solo, processo de clarificação, entre outros, e tem sido visualizado como fertilizante, ou seja, uma fonte de nutrientes para as plantas (FRAVET *et al.*, 2010).

Desde 2010 está em vigência no Brasil a Lei 12.305, que regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. De acordo com esta, a prioridade para a gestão destes resíduos está estabelecida a fim de cumprir a seguinte sequência: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

A utilização da torta de filtro como fonte de matéria orgânica na produção vegetal é uma prática que está se tornando cada vez mais comum, pois, além do incremento em nutrientes no solo, há benefícios também físicos e biológicos (SANTANA *et al.*, 2012). Assim, o uso desse resíduo favorece o crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuindo para uma produção mais sustentável.

Os resíduos são normalmente subprodutos de atividades industriais, urbanas e agropecuárias e, previamente à sua utilização, é necessário considerar importantes aspectos,

como características, disponibilidade, benefícios, aspectos legais, legislação ambiental e eficiência agronômica (WESTERMAN; BICUDO, 2005). Deve-se considerar, portanto, que a inadequada utilização de resíduos orgânicos representa potencial risco de contaminação ambiental, devendo-se observar os impactos causados pela sua aplicação comparados aos dos fertilizantes tradicionalmente utilizados.

A necessidade de produzir alimentos, para atender a demanda crescente da população, vem se constituindo em um grande entrave. E com o objetivo de amenizar este problema, surgem inovações tecnológicas que visam o aumento da produtividade, demandando, na maioria dos casos, maior quantidade de energia nos sistemas de produção.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] ocupa posição de destaque na economia brasileira, justificando a necessidade de pesquisas no sentido de aperfeiçoar o seu cultivo e reduzir os riscos de prejuízos. O potencial de rendimento dessa é determinado geneticamente, no entanto, os tratos culturais e os fatores ambientais interferem nessa capacidade, limitando seu desenvolvimento em algum momento durante o ciclo. Entre essas técnicas culturais está a utilização correta dos fertilizantes.

O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, somando uma produção de 115,343 milhões de toneladas na safra 2018/2019, em uma área de 35,82 milhões de ha (CONAB, 2019), ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

A produção dessa cultura é muitas vezes limitada pelos altos custos de produção e, entre os insumos utilizados, o fertilizante é o mais oneroso, com participação da ordem de 26.21% no custo total de produção na safra 2018/2019 (IMEA, 2019), sendo dependente dos preços dos fertilizantes no mercado internacional, evidenciando, assim, a importância da utilização eficiente dos fertilizantes.

Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA, o Brasil importou 27.512.927 toneladas de fertilizantes em 2018 (ANDA, 2018). Isso evidencia que existe uma grande dependência da agricultura brasileira de insumos que vem de fora do país. Visando diminuir essa dependência e otimizar a utilização de fertilizantes, o país deve atentar para outras alternativas de fertilização de seus solos, tais como adubação verde, adição de matéria orgânica por meio da utilização de resíduos animais, vegetais e industriais, produzidos regionalmente, como a torta de filtro, que é produzida em grande escala pelas usinas de cana-de-açúcar.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a influência da aplicação da torta de filtro sobre os atributos químicos do solo e sobre o crescimento e produtividade da cultura da soja.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a interferência da aplicação do resíduo orgânico torta de filtro sobre os atributos químicos do solo em diferentes tratamentos, através de análise de solo realizada após término do ciclo da cultura;
- Quantificar a germinação 20 dias após a semeadura, altura de plantas, inserção de vagens, número de sementes por plantas e produtividade da cultura da soja, submetida a diferentes tratamentos com torta de filtro.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA

Para Silva (2004), Desenvolvimento Sustentável consiste na exploração equilibrada dos recursos naturais, nos limites da satisfação das necessidades e do bem-estar da presente geração, assim como de sua conservação no interesse das gerações futuras.

Este tipo de desenvolvimento foi idealizado a partir da interação entre três pilares: o pilar social, o econômico e o ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2017). O pilar social envolve o capital humano, uma vez que o ambiente de trabalho gere relações saudáveis e promova o desenvolvimento pessoal. O pilar econômico visa o crescimento econômico justo, sem haver ganhos econômicos frente a exploração de trabalhadores e exploração indiscriminada dos recursos naturais. E por último, o pilar ambiental se fundamenta na preservação do meio ambiente frente às ações do homem no mundo capitalista (RODRIGUES *et al.*, 2017).

O desenvolvimento sustentável é uma prática desejada para todas as áreas, mas a agricultura, por ser produtora de alimentos, está diretamente relacionada ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2, que se refere à fome zero e agricultura sustentável. Neste objetivo, em especial no item 2.4, aborda-se a utilização do solo de forma a garantir maior resistência a mudanças climáticas bem como melhorar a qualidade do solo.

As atividades ligadas à agroindústria e à agropecuária são grandes fontes geradoras de resíduos e estes materiais podem ser empregados para nutrir culturas e melhorar os atributos físicos e químicos do solo. Um setor que se destaca na geração de resíduos é o setor sucroenergético, que trabalha com o processamento da cana-de-açúcar e que, de acordo com dados da CONAB (2018), gerará cerca de 650 mil toneladas de torta de filtro (resíduo oriundo do processo de clarificação do açúcar) na safra 2018/2019.

3.2 CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil se desenvolveu devido à criação de engenhos e plantações com mudas trazidas pelos portugueses (SEVERINO, 2007). Esta gramínea tem como origem provável o ano 6.000 a.C. na região geográfica do sudeste asiático (Nova Guiné e Indonésia), sendo levada para África e Europa pelos árabes, e para Java e Filipinas pelos chineses. É uma planta semi-perene, monocotiledônea, alógama, que pertence à família *Poaceae* e do gênero *Saccharum* (OLIVEIRA, 2006).

Assim, a partir da segunda metade do Século XVI, quando os engenhos do nordeste brasileiro passaram a operar em Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe e Paraíba, a cultura

ganhou importância econômica em função da exportação de açúcar (CANABRAVA, 2005).

A planta é composta por duas partes, uma subterrânea, constituída pelos rizomas e pelas raízes, e uma aérea, onde se localizam o colmo, as folhas e as flores (OLIVEIRA, 2006). No colmo se encontram os componentes vegetais industrialmente mais importantes, ou seja, o armazenamento da sacarose na planta. O desenvolvimento vegetal ocorre em dois ciclos, o primeiro, chamado de cana-planta, abrange o período que vai desde o plantio até o primeiro corte, ocorrendo geralmente após 12 a 18 meses, de acordo com a variedade. O segundo, denominado de cana-soca, consiste num período aproximado de 12 meses para brotamento e novo desenvolvimento vegetativo.

Assim, a cultura permite vários cortes sem a necessidade de replantio, porém, a cada safra faz-se necessária a aplicação de insumos agrícolas de forma a manter os patamares de produtividade vantajosos aos produtores, visto que, quanto maior o número de cortes, menor será a resposta da cultura com relação à produção (CONAB, 2014).

Ainda segundo a Conab (2014), descartando-se a influência do número de cortes, os componentes que mais condicionam a expressão de produtividade da cana-de-açúcar são os fatores climáticos, ou seja, a temperatura entre 16°C a 33°C, a alta incidência de radiação solar e a disponibilidade de água no solo, visto que a cana-de-açúcar se constitui numa gramínea essencialmente tropical. Por ser uma gramínea, a cana-de-açúcar possui a característica de perfilhamento, processo pelo qual a planta emite brotações, colmos ou hastes laterais na mesma planta. Esta característica é considerada a maior responsável pela produtividade de culturas como a cana-de-açúcar. Este fenômeno ocorre nos primeiros meses após o plantio ou após a rebrota. Os fatores responsáveis inicialmente pelo perfilhamento são a temperatura e a radiação solar, mas a variedade utilizada, a densidade do plantio, o ciclo (cana-planta ou cana-soca), assim como a disponibilidade de água e a de nitrogênio no solo também podem ser determinantes para a intensidade do perfilhamento (CONAB, 2014).

3.3 SETOR SUCRALCOOLEIRO

Segundo a CONAB (2018), a área plantada no Brasil teve uma redução de 2,6%, o que acarretará uma diminuição na produção nacional em 1,7%, isto devido ao envelhecimento das lavouras, à baixa taxa de renovação, à falta de investimento em algumas regiões e à redução do pacote tecnológico.

O estado do Paraná é o maior produtor de cana-de-açúcar da região sul do Brasil, atingindo a produção de 35.627 mil.ton, 4,9% a menos que a safra 2017/2018. Isto se deve às

causas citadas e também a um longo período de estiagem no meio do ano, junto com as altas temperaturas, o que acelerou a maturação e acarretou um baixo crescimento e falta de peso dos colmos.

Para este ano a produção de açúcar sofre uma redução de 16,2% devido ao alto estoque mundial e à baixa dos valores para exportação, já que o etanol terá um aumento de 18,3% em relação à safra 2017/2018. Seguindo esta tendência nacional, para este ano o Paraná prevê uma redução de 25,3% da produção de açúcar e um aumento de 23,8% na produção de etanol.

Além do açúcar e do etanol, que são os produtos mais importantes do setor sucroenergético, o produto bioeletricidade, oriundo do resíduo do bagaço da cana, vem crescendo de modo significativo, sendo que é utilizado como fonte energética nas usinas e seus excedentes energéticos são vendidos às distribuidoras de energia elétrica (UNICA, 2012).

3.4 RESÍDUOS DO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Um dos grandes gargalos do setor sucroalcooleiro é a geração de grande quantidade de resíduos no processamento da cana em açúcar e etanol. De acordo com Cacuro e Wadman (2015), essa cultura é responsável por produzir 175 milhões de toneladas de resíduos por ano. Assim, a destinação adequada para esses materiais torna-se um problema, pois representa um custo a mais no processo além de um problema ambiental.

Os resíduos do setor sucroenergético são o bagaço da cana, a vinhaça (também chamada de vinhoto ou restilo), a torta de filtro, as leveduras, as cinzas de caldeiras, o melaço, o álcool bruto e o óleo fúsel (PÁDUA, 2014).

De acordo com os dados de produção da CONAB (2018) e, levando-se em consideração que o beneficiamento de uma tonelada de cana-de-açúcar gera aproximadamente 250 kg de bagaço (CORTES *et al.*, 2012), de 30 a 40 kg de torta de filtro (FIGUEIREDO e SCALA JUNIOR, 2011), de 10 a 18 L de vinhaça (SILVA *et al.*, 2007), e de 6,2 kg de cinzas para cada 260 kg de bagaço de cana seco incinerado (FIESP/CIESP, 2001), é possível estimar a quantidade desses resíduos que foram gerados no Paraná, para a safra de 2018/2019.

A Tabela 1 demonstra a relação entre a produção de cana-de-açúcar no estado do Paraná e a geração dos resíduos bagaço, cinza, torta de filtro e vinhaça, para a safra 2018/2019, sendo que a produção foi estimada em 35 milhões de toneladas, o que geraria um total de 650 mil toneladas de torta de filtro.

Tabela 1. Estimativa de produção de resíduos de cana-de-açúcar no estado do Paraná

Safra	Produção de cana-de-açúcar no Paraná (mil t)	Resíduos		
		Bagaço (mil t)	Cinza (t)	Torta de filtro (mil t)
2018/19	35.627,60	8.906,90	55.222,78	650,65
Fonte: CONAB (2018)				

Assim, fica evidente que quanto mais o setor produz, maior é o incremento na geração de resíduos. Desta forma, torna-se relevante o tipo de tratamento e a disposição final que vêm sendo dados aos mesmos. De modo que, devemos encontrar alternativas de utilizações que agreguem valor a estes resíduos, o que torna a cadeia produtiva mais sustentável, pois reduz os impactos ao meio ambiente e diminui o custo do tratamento para sua disposição (SPADOTTO, 2015).

A torta de filtro caracteriza-se num resíduo proveniente da mistura de bagaço moído e lodo da decantação do processo de clarificação do açúcar (FRAVET *et al.*, 2010). Neste processo, o caldo quente passa pela sulfitação e recebe uma solução de hidróxido de cálcio, o que facilita a elevação do pH, possibilitando a floculação das substâncias orgânicas coloidais. O caldo, clarificado e limpo, é evaporado para produzir o açúcar, e o lodo, formado pelos compostos insolúveis após um período de decantação, segue para filtração a vácuo, onde é recuperada a sacarose que ainda existe, mistura-se então ao lodo, bagaço de cana que passou por uma moagem fina para permitir a consistência apropriada para a filtração a vácuo, que dá origem à torta de filtro (BERNARDINO, 2016). Esse resíduo se constitui num composto orgânico que contém cálcio, nitrogênio e potássio, cuja concentração depende da variedade da cana, época da maturação, tipo de solo, processo de clarificação, entre outros, e tem sido visualizado como fertilizante, ou seja, uma fonte de nutrientes para as plantas (FRAVET *et al.*, 2010).

A utilização da torta de filtro como fonte de matéria orgânica na produção vegetal é uma prática que está se tornando cada vez mais comum, pois, além do incremento em nutrientes no solo, os benefícios são também físicos e biológicos (SANTANA *et al.*, 2012). Assim, como consequência, a utilização do resíduo favorece o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Ainda de acordo com Santana *et al.* (2012), um dos principais benefícios nos atributos físicos no solo, proporcionados pela torta de filtro, é a melhora na porosidade. Como consequência, há melhora também na aeração do solo, assim como na infiltração, no armazenamento de água e na neutralização do impacto da chuva. As altas concentrações de

P_2O_5 e CaO na composição deste material favorece o acúmulo de fósforo, potássio e melhora a solubilidade de fosfatos naturais. Por fim, como é rica em matéria orgânica, ainda serve de alimento para os microrganismos, favorecendo a transformação dos fosfatos naturais em formas orgânicas e inorgânicas estáveis e lábeis no solo (GONZÁLES *et al.*, 2014).

Atualmente, boa parte do uso deste resíduo tem sido como fertilizante orgânico na cultura da cana-de-açúcar (VAZQUEZ *et al.*, 2015). Isso acarreta na diminuição do uso de adubos sintéticos e evita que este resíduo seja depositado diretamente em corpos d'água ou aterros sanitários. Estudos indicam que o emprego da torta de filtro no cultivo da cana-de-açúcar é viável, pois as plantas respondem favoravelmente à adubação, aumentando o acúmulo de fósforo, potássio e cobre em sua parte aérea (GONZÁLES *et al.*, 2014).

A torta de filtro possui em torno de 1,2 a 1,8% de P e 70% de umidade (VITTI *et. al.*, 2006), que é de grande importância para auxiliar na brotação da cana em plantios no período do inverno nas Regiões Sul e Sudeste. A torta também apresenta alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes.

Em função da imobilidade do P no solo, a localização do fertilizante fosfatado influencia na absorção pela planta. Nunes Júnior (2005) afirma que a matéria orgânica da torta de filtro, mesmo quando aplicada na entrelinha, reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, disponibilizando esse elemento às raízes. Além disso, a reação da matéria orgânica da torta, por permitir maior estabilidade de agregados, potencializa a absorção de nutrientes.

Diversos autores estudaram a viabilidade da torta de filtro para utilização como matéria-prima de substratos para hortaliças. Santana *et al.* (2012) e Barros *et al.* (2014) utilizaram a torta de filtro como biofertilizante para a produção de mudas de tomate. Lima (2016) utilizou a torta de filtro como substrato para a produção de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar, Nolla *et al.* (2017) utilizou a torta de filtro como adubação para a cultura da soja em Latossolo Arenoso.

Assim, fica evidente que são inúmeros os benefícios que os resíduos orgânicos propiciam para o solo e, consequentemente, para a cultura instalada, e a torta de filtro se mostra como uma opção viável como fonte de nutrientes para as plantas, podendo contribuir para a construção de uma agricultura mais sustentável, substituindo fertilizantes sintéticos e, desta forma, reduzindo os impactos ambientais e os custos de produção.

3.5 CULTURA DA SOJA

A soja tem como origem a região central da China, onde tal região é tida como centro

genético primário dessa cultura, e a Manchúria o secundário, ou centro de diversidade genética (HYMOWITZ, 1970). Domesticada, portanto, em latitudes compreendidas entre 35° e 45° N, a soja foi disseminada posteriormente para a Europa, América do Norte e América do Sul.

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] chegou ao Brasil em 1882 e desde então vem sendo cultivada, aprimorada e difundida para diversas regiões do país. Mas, foi a partir da década de 1960 que a soja se constituiu como cultura economicamente importante para o Brasil. Nessa década, a produção de soja aumentou 5 vezes e 98% desse volume era produzido nos três estados da Região Sul, onde prevaleceu as culturas de trigo no inverno e soja no verão. Nas décadas de 1980 e 1990 repetiu-se, na região Centro-Oeste, o crescimento da produção ocorrido nas duas décadas anteriores na região Sul.

A soja é uma das principais fontes de recursos para o Brasil no setor agrícola, sendo explorada numa extensa faixa do país. O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, somando uma produção de 116 milhões de toneladas na safra 2017/2018, em uma área de 35,1 milhões de ha (CONAB, 2018), sendo os principais estados produtores: Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que é o maior produtor mundial de soja.

Essa produção, no entanto, é muitas vezes limitada pelos altos custos de produção, e entre os insumos que contribuem para esse aumento, os fertilizantes se destacam como a parcela mais onerosa (CASTRO; REIS; LIMA, 2006; MENEGATTI; BARROS, 2007). No custo total de produção da soja a participação desses insumos varia ano a ano, a exemplo: 23% (CASTRO; REIS; LIMA, 2006), 27% (MENEGATTI; BARROS, 2007) chegando na safra 2008/09 a representar 41% (BROCH; PEDROSO, 2008) e em 2009/10 à 31,5% (BROCH; PEDROSO, 2009), e para o ano de 2018 este percentual chegou a 26,21% (IMEA, 2019), pois depende dos preços dos mesmos no mercado internacional.

O Brasil importa grande parte dos fertilizantes sintéticos; em 2016, 2017 e 2018 as importações foram 24,48; 26,32 e 21,94 milhões de toneladas de fertilizantes, ao passo que os volumes produzidos no país foram 9,04; 8,18 e 6,70 milhões de toneladas, respectivamente (ANDA, 2018). Objetivando reduzir a dependência de fontes externas e economizar na compra de fertilizantes, o país deve se atentar para maneiras alternativas de fertilização de seus solos, optando por formas diversificadas como adubação verde, adição de matéria orgânica por meio de resíduos animais, vegetais e industriais, sendo essa utilização, na maioria dos casos, regionais, uma vez que o custo com transporte constitui um obstáculo no seu uso. Uma boa alternativa seria a torta de filtro devido à abundância na qual é gerada, à quantidade de nutrientes

presentes e à destinação de forma adequada e sustentável.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma Fazenda Escola de uma IES, localizada na região Norte do Paraná, no Município de Maringá, a 23°20'30.86"S e 51°52'30.73"O, com altitude de 483 m acima do nível do mar. O clima do local é o subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida, sendo classificado como Cfa segundo Köppen e Geiger (IAPAR, 2010).

De acordo com o mapa de classificação de solos do Paraná, classificou-se o solo da área experimental como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2007). E segundo a mesma fonte, esta classe de solo caracteriza-se por apresentar horizonte B latossólico, matiz 2,5 YR mais avermelhados nos primeiros 100 cm, pouca diferenciação entre horizontes, grande estabilidade de agregados e saturação por bases superior a 50% (V%>50%).

A Tabela 2 apresenta os atributos químicos do solo da área experimental antes da implantação dos tratamentos. As amostras de solo foram coletadas a 20 cm de profundidade.

Tabela 2. Valores referentes a análise química do solo da área experimental antes da implantação do experimento com torta de filtro.

Atributos		Resultados
PH em CaCl		5,1
Matéria Orgânica	MO	30,36
Carbono	(C)	g/dm ³
Fósforo	(P)	mgP/dm ³
Potássio	(K ⁺)	0,92
Cálcio + Magnésio	(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	10,4
Cálcio	(Ca ²⁺)	8,67
Magnésio	(Mg ²⁺)	1,73
Hidrogênio + Alumínio	(H ⁺ +Al ³⁺)	cmol _c /dm ³
Acidez Total	(H ⁺)	5,76
Alumínio	(Al ³⁺)	0
Soma de Bases	(SB)	11,32
CTC		17,08
Saturação de Bases	V%	%
Cobre	Cu	66,58
Zinco	Zn	27,05
Ferro	Fe	mg/dm ³
Manganês	Mn	55,85
Sódio	Na ⁺	116,1
		17,39

¹Laboratório Rural de Maringá 2017. Ca, Mg, Al: extrator Cloreto de Potássio 1N; P, K, Cu, Zn, Fe, Mn, Na: extrator Mehlich.

O resíduo utilizado nesta pesquisa foi a torta de filtro obtida na Usina Sucroalcooleira, localizada no distrito de Iguatemi, Maringá-PR. Este apresentou relação C/N de 28,30/1 (Tabela 3) e teores de fósforo (P) e potássio (K) de 16,90 e 1,48 g.kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 3. Característica da torta de filtro utilizada em aplicação no solo da Fazenda Escola UniCesumar.

Resíduos	Características									
	U %	MO %	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N	pH (H ₂ O)
			g.kg ⁻¹							
Torta de Filtro¹	71	69,76	14,33	16,90	1,48	23,07	3,40	405,60	28,30	6,63

¹Laboratório de Agroquímica – Universidade Estadual de Maringá.

Nas últimas safras a área experimental foi utilizada para o cultivo das culturas de soja, safra de verão, e milho, safra de inverno, sendo o sistema de cultivo utilizado o de plantio direto, o mesmo foi mantido durante a condução deste trabalho.

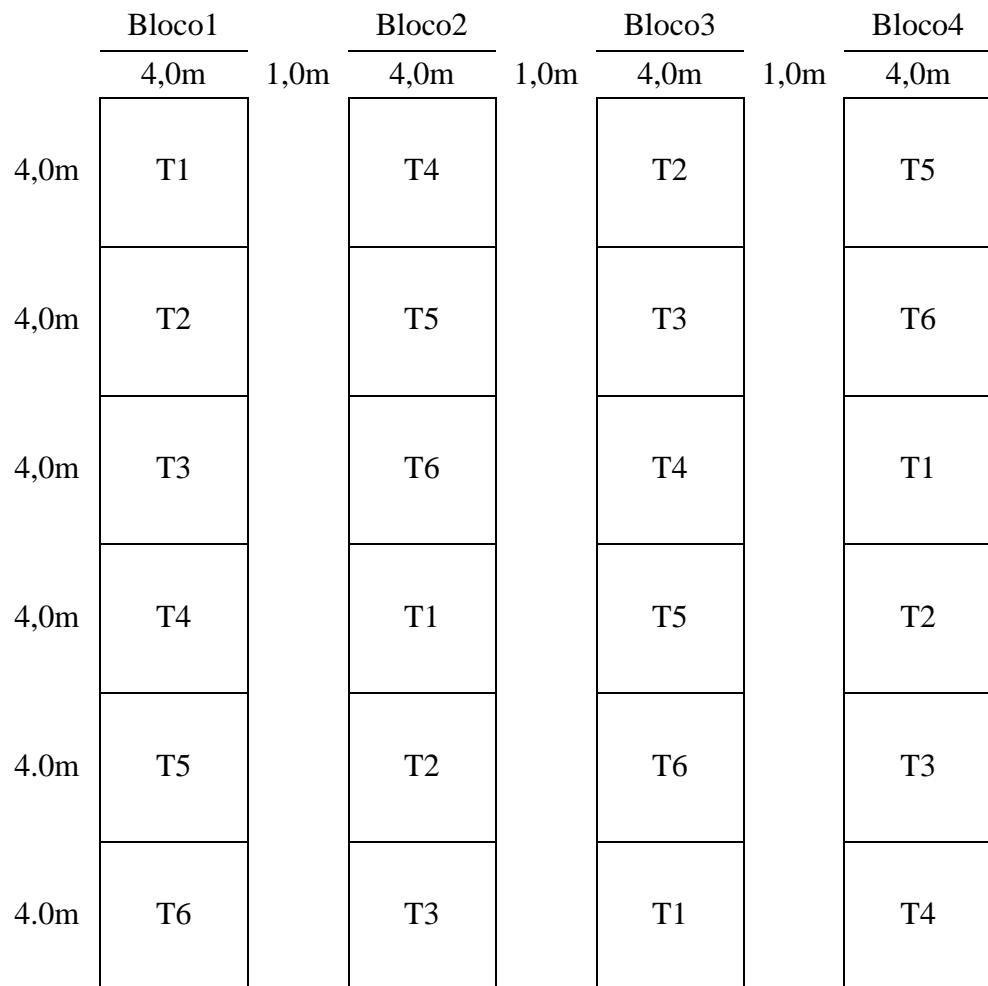
4.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

A unidade experimental foi delineada em blocos casualizados e constituída por 6 tratamentos e 4 repetições, que foram: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral (300 kg.ha⁻¹ do formulado 00-30-10); T3 – 50% da dose recomendada de torta de filtro; T4 – 100% da dose recomendada de torta de filtro; T5 – 150% da dose recomendada de torta de filtro; T6 – 200% da dose recomendada de torta de filtro. As parcelas foram constituídas por uma área de 16 m², sendo de tamanho 4m x 4m, com corredor de 1 metro entre cada bloco. Na Figura 1 apresenta-se o croqui da unidade experimental.

A determinação da dose aplicada da torta de filtro foi com base na interpretação da análise de solo gerada pelo sistema gratuito “Fertfacil”, que utiliza como base de cálculos uma interpretação do "Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná", ed. 2017, por Núcleo do Estado do Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Curitiba. Levando em consideração os teores de potássio presentes na análise de solo do local do experimento e na torta de filtro e a necessidade da cultura da soja, chegamos à necessidade de 50 kg.ha⁻¹ de potássio, ficando definida assim uma dose de 34 ton.ha⁻¹ de torta de filtro. De acordo com a área das parcelas (16 m²) os tratamentos foram aplicados 27,20 kg; 54,40 kg; 81,60 kg e 108,80 kg de torta de filtro para T3, T4, T5 e T6, respectivamente.

A dose aplicada de fertilizante mineral foi de 300 kg.ha⁻¹, de acordo com a análise de solo (Tabela 2), buscando atender as necessidades nutricionais da cultura da soja. O formulado utilizado foi o 00-30-10.

Figura 1. Croqui da unidade experimental.



Legenda:

- T1 – Testemunha (Sem adubação e sem Torta)
- T2 – Testemunha (adubação mineral)
- T3 – Torta de Filtro (50% dose ton.ha⁻¹)
- T4 – Torta de Filtro (100% dose ton.ha⁻¹)
- T5 – Torta de filtro (150% dose ton.ha⁻¹)
- T6 – Torta de filtro (200% dose ton.ha⁻¹)

A cultivar de soja utilizada foi a Baup 5400 Intacta RR. As sementes vieram tratadas com um produto comercial composto por Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato Metílico, em

uma dosagem de 2 ml/kg de sementes. Foi realizada a inoculação das sementes com inoculante turfoso, na dosagem de 1 g/kg⁻¹ de sementes. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,45 m, com uma densidade de plantas constituída de 13 plantas por metro linear, totalizando uma população de 288.888 pl/ha⁻¹.

As operações de montagem das parcelas, semeadura e distribuição do resíduo orgânico foram realizadas em novembro de 2017. A adubação mineral foi realizada no ato da semeadura da soja com auxílio de semeadora de arrasto; já a aplicação da torta de filtro foi realizada a lanço manualmente. A coleta das amostras de solo para avaliação química foi realizada após a colheita da soja, com a utilização de trado tipo holandês em profundidade de 20 cm.

A coleta das plantas foi realizada de maneira manual, sendo coletadas 2m² de cada parcela no mês de março de 2018.

4.2. PARÂMETROS AVALIADOS

- **Atributos Químicos do Solo:** Para avaliação das características químicas do solo foram coletadas amostras de solo de 0-20 cm de profundidade de cada parcela, e posteriormente essas amostras foram encaminhadas para um laboratório da região de Maringá para a realização de análise química dos macros e micronutrientes.
- **Germinação:** Para avaliação da germinação da soja foram contadas todas as plantas que emergiram de cada parcela 20 dias após a semeadura, e através de regra de três simples foi estimada a proporção entre as sementes distribuídas no solo e as plantas emergidas, conseguindo, assim, chegar à porcentagem de germinação de cada parcela.
- **Altura de plantas:** Foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas por parcela onde, com o auxílio de uma trena, mediu-se o tamanho das plantas do solo até a parte mais alta da planta, em centímetros.
- **Inserção da primeira vagem:** Foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas por parcela onde, com o auxílio de uma trena, mediu-se a distância do solo até a inserção da primeira vagem, em centímetros.
- **Produtividade:** Para avaliar a produtividade da soja foi utilizado o método proposto pela Pioneer Dupont®, que consiste em um cálculo com as variáveis, peso de 1000 sementes,

número de vagens por plantas, número de sementes por vagem e *stand* de plantas. De posse destes dados, foi aplicada a fórmula:

$$\frac{\text{Plantas por ha} \left(\frac{\text{mil}}{\text{ha}} \right) * \text{Vagens por planta} * \text{Sementes por vagem} * \text{Peso de mil sementes} \left(\frac{\text{g}}{1000} \right)}{60000}$$

- **Número de vagens por plantas:** Para avaliar o número de vagens por planta foram colhidas 10 plantas de cada parcela, sendo contado o número de vagens em cada planta. Com esses valores estipulou-se a média de vagens por planta.
- **Número de sementes por vagens:** Foram colhidas 10 plantas de cada parcela e destas contou-se o número de sementes por planta e estimou-se a quantidade de sementes por vagens.

4.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos a análise de variância no final do experimento com o auxílio do software SASM-Agri (CANTERI *et al.*, 2001). A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey (5%), ao nível de 5% de probabilidade. Os níveis de fertilização (0, 50, 100, 150 e 200%) foram submetidos à análise de regressão (regressão significativa: $p < 0,005$) com auxílio do programa Statistica 7.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação foi avaliada 20 dias após a semeadura, e verificou-se que entre os tratamentos não houve diferenças significativas ($P>0,05$) (Tabela 4), sendo que a média de germinação foi de 89,74%, variando de 80,77% para T1 até 96,15% para T6. Este resultado pode ter sido influenciado pela palhada já existente no solo, decorrente do cultivo das culturas anteriores (soja, milho e trigo), já que o plantio direto vinha sendo utilizado na área há seis safras. Em estudo desenvolvido por Magalhães (2017), observou-se que a aplicação de esterco bovino proporcionou o aumento do carbono orgânico, do carbono orgânico particulado, da porosidade total, da macroporosidade e do índice de estabilidade de agregados do solo em água, e a redução da densidade do solo e da resistência do solo à penetração, que influenciam positivamente na germinação das plantas. Nas condições deste experimento com a aplicação da torta de filtro não observou-se esta influência na germinação em relação à testemunha.

Tabela 4. Valores referentes à germinação (%), altura de plantas (centímetros) e inserção de vagens (centímetros) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos ¹	Germinação (%)	Altura das plantas (cm)	Inserção de vagens (cm)
T1	80.77 a	69.7 b	14.5 a
T2	88.46 a	70.1 b	14.2 a
T3	88.46 a	74.7 ab	15.1 a
T4	90.38 a	76.3 ab	15.1 a
T5	94.23 a	82.0 a	15.9 a
T6	96.15 a	77.2 ab	14.0 a
C.V. (%)	11.34	6.52	8.17

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral com 300 kg.ha⁻¹ do formulado 00-30-10; T3 – 27,20 kg de Torta de filtro; T4 – 54,40 kg de Torta de filtro; T5 – 81,60 kg de Torta de filtro; T6 – 108,80 kg de Torta de filtro.

Quanto à altura das plantas, verificou-se que o uso da torta de filtro influenciou de forma positiva no crescimento das plantas, sendo que o T5 foi o que apresentou plantas com maior estatura, 82 cm, seguido pelos tratamentos T6, T4, T3, T2 e T1 (Tabela 4). Este resultado também foi encontrado por MOTA *et al.* (2019), em que o emprego da torta de filtro, juntamente com lodo de esgoto, promoveu maior altura nas plantas de soja cultivadas. Porém, a altura da inserção da primeira vagem não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$) neste trabalho, variando entre 14,0 cm no T6 até 15,9 cm no T5.

Tabela 5. Valores referentes ao número de vagens por plantas, sementes por vagem, peso de 1000 sementes (g) e produtividade (scs.ha⁻¹) de plantas de soja submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos ¹	Vagens/ Plantas	Sementes /Plantas	Peso (1000 sementes)	Produtividade (scs.ha ⁻¹)
T1	51.125 a	109 a	143.0 a	61.0 a
T2	58.675 a	121 a	143.5 a	74.9 a
T3	56.975 a	117 a	141.5 a	71.0 a
T4	56.675 a	117 a	143.5 a	71.4 a
T5	58.750 a	126 a	147.2 a	84.8 a
T6	58.525 a	121 a	143.0 a	80.3 a
C.V.	19.10%	18.39%	2.62%	22.50%

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral com 300 Kg.ha⁻¹ do formulado 00-30-10; T3 – 27,20 kg de Torta de filtro; T4 – 54,40 Kg de Torta de filtro; T5 – 81,60 Kg de Torta de filtro; T6 – 108,80 Kg de Torta de filtro.

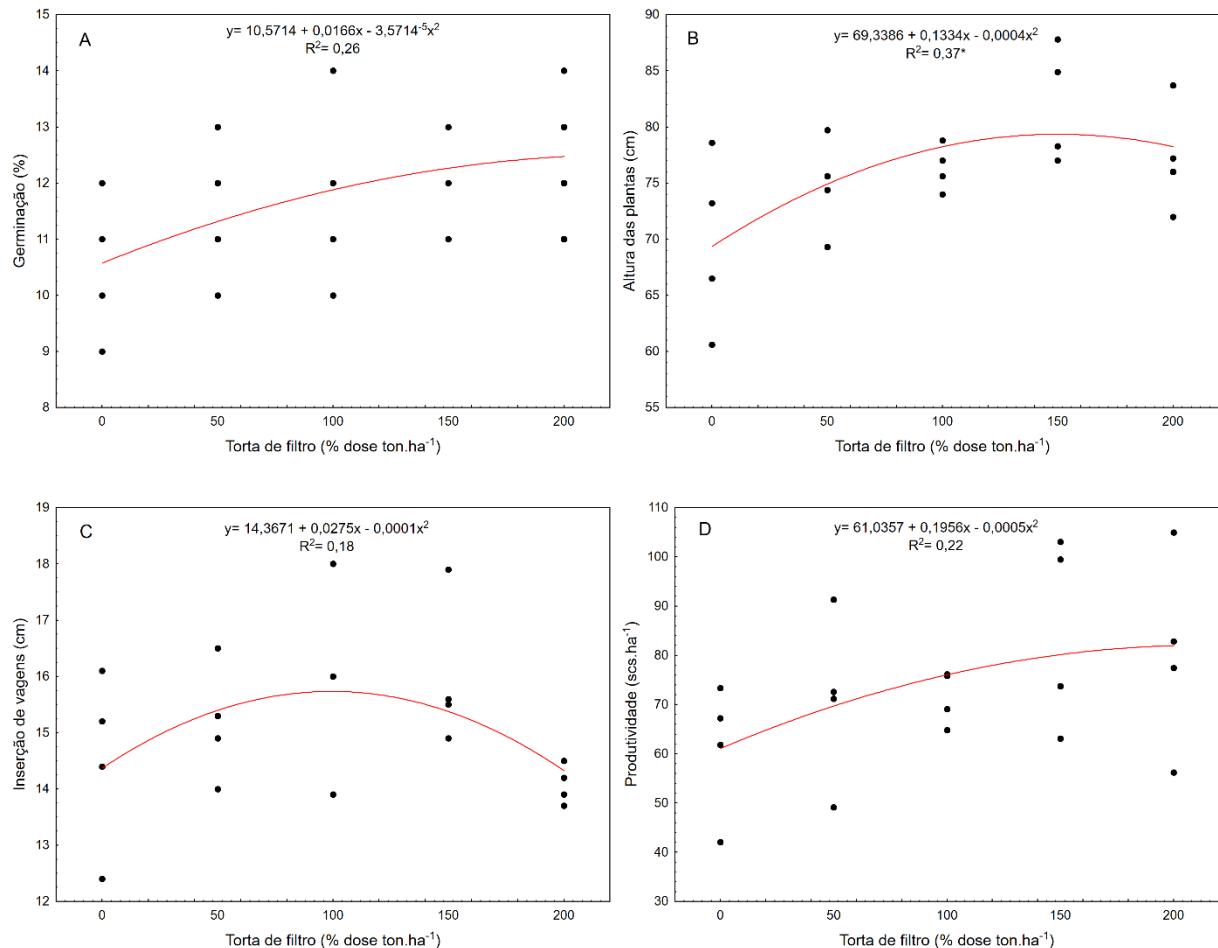
Quanto ao fator produtividade e seus parâmetros, também não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos ($P>0,05$) (Tabela 5). Esse resultado apresenta-se como positivo, pois a produtividade com o uso da torta foi igual à produtividade com o emprego do fertilizante mineral. Ressalta-se ainda que os benefícios do emprego de fontes orgânicas na adubação de culturas vão além da safra de aplicação, devido ao seu efeito residual em safras posteriores (GHOSH *et al.*, 2009; RIBEIRO *et al.*, 2009). Santos *et al.* (2005) consideram que no primeiro ano de cultivo em sistema orgânico a produtividade é geralmente inferior à do sistema convencional.

De acordo com a análise de regressão, a relação entre as doses de torta de filtro e a altura de plantas de soja apresentou correlação positiva com $p=0.0191$ ($p<0,05$), e apresentou máxima correlação para a dose com aumento de 150% (Figura 2B), onde chegou-se a uma altura média das plantas de 82 cm. Já a porcentagem de germinação de plantas aos 20 dias após a semeadura tendeu a significância, ficando com seu valor máximo próximo ao tratamento T6, o que gerou uma germinação na ordem de 96,15% (Figura 2A) e o valor de $p = 0.0759$.

Com relação à altura de inserção da primeira vagem e produtividade, não verificou-se correlação entre as variáveis estudadas (Figura 2C e Figura 2D), sendo que as mesmas apresentaram valores de $p = 0,1811$ e $p = 0,1176$, respectivamente. Fato que ressalta que nas condições deste experimento as doses avaliadas não influenciaram nem negativamente nem de forma positiva na produtividade da cultura. Porém, se considerarmos que T1 produziu 61 sacas de soja por hectare e T5 produziu 84,8 sacas por hectare (Tabela 05), economicamente esta diferença é significativa para o produtor, pois se considerarmos o preço do dia 28/11/2019 de

R\$ 79,00 a saca de soja, a diferença resultaria em um aumento de R\$1880,00 no rendimento da cultura.

Figura 2. Representação gráfica das análises de regressão para A) Germinação, B) Altura das plantas, C) Inserção de vagens e D) produtividade em função das doses de torta de filtro aplicadas. Asteriscos representam significância estatística ($p<0,05$).



Ressalta-se que o T5 também foi o tratamento que apresentou maior altura média de plantas, o que pode ter contribuído para o aumento da produção das plantas. Estes fatos corroboram a importância da aplicação deste resíduo orgânico por mais safras, para se observar a ocorrência de diferenças significativas no seu emprego. Silva *et al.* (2008) afirmam que, para que a adubação orgânica tenha efeitos significativos na produtividade, se faz necessário sua aplicação por vários anos, pois seu efeito é maximizado a longo prazo, promovendo melhorias na fertilidade do solo, além de proporcionar condições físicas adequadas ao desenvolvimento da cultura da soja. O desenvolvimento de práticas eficazes para o estabelecimento da quantidade e do tipo de resíduos orgânicos pode melhorar a sustentabilidade dos ecossistemas a longo prazo

(LIU *et al.*, 2009).

Um ponto importante a ser ressaltado é a questão de que em nenhum dos tratamentos com torta de filtro houve influência negativa nos fatores germinação, crescimento de plantas e produtividade. Ribon *et al.* (2014) e Vasconcelos *et al.* (2014) afirmam que a aplicação de resíduos orgânicos propicia uma melhoria na qualidade física do solo, o que corrobora com o que Santana *et al.* (2012) observaram quando do estudo da aplicação da torta de filtro no solo, que além do incremento de nutrientes, acarretou em melhorias para a estrutura física e biológica do solo, o que acarreta em benefícios para as plantas.

Quanto às características químicas do solo, no momento da implantação do experimento os valores referentes aos macronutrientes, micronutrientes e CTC foram classificados como altos para a cultura da soja, segundo os parâmetros estabelecidos pela Embrapa (2004). No entanto, o solo apresentou alto valor de acidez (Tabela 2), fato que de acordo com Raij *et al.* (2001), pode acarretar na indisponibilidade de alguns nutrientes para a cultura da soja.

Os resultados referentes ao pH, V%, CTC, soma de bases, matéria orgânica e carbono estão descritos na Tabela 5, onde pode-se observar claramente o comportamento de cada tratamento sob cada fator analisado após o período experimental.

Tabela 6. Resultados dos fatores pH, V%, CTC, Soma de bases, Matéria orgânica e Carbono de amostras de solo submetidas a diferentes tratamentos com os resíduos orgânicos torta de filtro.

Tratamento	pH (CaCl) ¹	V% ¹	CTC ¹ cmolc/dm ³	Soma de Bases ¹	Matéria Orgânica ¹ g/dm ³	Carbono ¹
				cmolc/dm ³		
T1	5.05 a	66.36 a	17.81 a	11.82 a	31.17 a	18.08 a
T2	4.92 a	61.92 a	16.89 a	10.45 a	30.85 a	17.89 a
T3	4.95 a	63.97 a	17.45 a	11.16 a	29.92 a	17.35 a
T4	4.95 a	63.95 a	17.30 a	11.07 a	26.36 c	15.29 c
T5	4.92 a	62.10 a	17.02 a	10.56 a	28.02 b	16.25 b
T6	5.02 a	65.34 a	17.26 a	11.28 a	28.22 b	16.37 b
CV (%)	2.84	4.52	2.83	5.34	3.83	3.82

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral com 300 kg.ha⁻¹ do formulado 00-30-10; T3 – 27,20 kg de Torta de filtro; T4 – 54,40 kg de Torta de filtro; T5 – 81,60 kg de Torta de filtro; T6 – 108,80 kg de Torta de filtro.

Os valores de pH em cloreto de cálcio estão ligeiramente baixos para a cultura da soja, porém, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$). A faixa ideal de pH em cloreto de cálcio varia entre 5,4 e 5,9, onde ocorre a melhor disponibilidade de nutrientes e evita-se a toxicidade de alguns elementos (EMBRAPA, 2008). Segundo Santos *et al.* (2017), a torta de filtro possui 9,1 g.kg⁻¹ de Ca, o que pode ter influenciado de forma benéfica

o pH do solo, deixando-o numa faixa mais próxima do ideal para as culturas agrícolas, porém, mesmo a torta de filtro utilizada neste experimento apresentar $23,07 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de Ca, sua aplicação não acarretou em diferenças no pH em relação aos outros tratamentos, o que foi contra os resultados encontrados por Castaldo *et al.* (2017).

O fato dos tratamentos com torta de filtro não apresentarem diferenças estatísticas quanto ao pH, mesmo com alto teor de Ca em sua composição, se dá pelo motivo que os valores de Ca no solo foram classificados como altos (EMBRAPA, 2004), o que impossibilitou que o resíduo aplicado acarretasse em diferenciação estatística dos valores de pH do solo.

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50\%$ (EMBRAPA, 2004) e, de acordo com essa interpretação, todos os tratamentos apresentaram valores adequados para uma boa condução da cultura da soja, sendo que não houve diferenças estatísticas entre os mesmos ($P>0,05$) (Tabela 5).

A baixa variação entre os tratamentos para este fator pode estar relacionada às características do solo da área experimental, pois o mesmo já apresentava elevada saturação por bases (Tabela 2). Solos com $V\%$ entre 50 e 80 geralmente são ideais para a maioria das culturas se desenvolverem adequadamente (RONQUIM, 2010), fato esse corroborante ao observado neste trabalho, onde a não diferenciação estatística entre os fatores $V\%$ estão atrelados também à produtividade, pois todos os tratamentos analisados apresentaram valores de $V\%$ superiores ao considerado ideal segundo Ronquim (2010). Quando a saturação por bases está superior a 50%, também é um indicativo da boa disponibilidade dos cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , assim, é um fator crucial para o bom desenvolvimento das culturas.

Da mesma forma, os parâmetros soma de bases e CTC (capacidade de troca catiônica) não apresentaram diferenças significativas, a baixa variação entre os tratamentos para este fator pode estar relacionada às características do solo da área experimental, pois o mesmo já apresentava valor elevado para estes itens (Tabela 2).

A quantidade de matéria orgânica se apresentou maior nos tratamentos T1, T2 e T3 sem diferença significativa entre eles, mas com diferença do T5 e T6, que também diferiram de T4. Devido à área ser cultivada há vários anos com plantio direto, a palhada remanescente pode ter influenciado os valores.

Na Tabela 7 encontram-se os resultados referentes aos valores de macronutrientes nas amostras de solo em cada tratamento. Dentre os nutrientes avaliados, nenhum apresentou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Tabela 7. Valores de macronutrientes em amostras de solo sob diferentes tratamentos.

Tratamento	P ¹	K ¹	Ca ¹	Mg ¹
	mgP/dm ³		Cmole/dm ³	
T1	13.79 a	0.88 a	8.91 a	2.01 a
T2	17.19 a	0.88 a	7.61 a	1.95 a
T3	11.95 a	0.83 a	8.30 a	2.02 a
T4	11.93 a	0.79 a	8.22 a	2.05 a
T5	9.69 a	0.8 a	7.65 a	2.11 a
T6	12.71 a	0.85 a	8.22 a	2.21 a
CV (%)	43.01	11.55	6.73	10.36

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral com 300 Kg.ha⁻¹ do formulado 00-30-10; T3 – 27,20 kg de Torta de filtro; T4 – 54,40 Kg de Torta de filtro; T5 – 81,60 Kg de Torta de filtro; T6 – 108,80 Kg de Torta de filtro.

Os valores relacionados ao P e ao K não apresentaram diferença estatística. Os resultados semelhantes entre esses nutrientes ocorreram provavelmente em função do resíduo possuir entre 1 e 2% de P e K (SANTOS *et al.*, 2010). Nunes Júnior (2005) afirma que a matéria orgânica da torta de filtro reduz a fixação do fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio, disponibilizando esse elemento às raízes. Além disso, a reação da matéria orgânica da torta, por permitir maior estabilidade de agregados, potencializa a absorção de outros nutrientes, otimizando a nutrição das plantas.

Os cátions Ca e Mg não apresentaram diferença estatística, nem quando em conjunto a diferença foi significativa. Esse fato se justifica também pela quantidade de Ca e Mg presentes no solo, que já era considerada alta.

Os resultados obtidos dos macronutrientes mais uma vez corroboram a viabilidade ambiental da utilização desses resíduos orgânicos no solo como fonte de nutrientes para as culturas agrícolas, como a soja, pois reduzem os impactos ambientais pela destinação inapropriada desses resíduos, acarretando em uma maior sustentabilidade na produção agrícola (MAGALHÃES, 2017).

Na Tabela 8, pode-se observar como se comportaram os micronutrientes frente aos tratamentos utilizados, sendo que de acordo com as condições deste experimento não houve diferença significativa entre os mesmos. Reis *et al.* (2006) ressaltam a importância dos

micronutrientes para a soja, uma vez que a deficiência desses elementos pode acarretar em perdas de produtividade, mesmo sendo requeridos em pequenas quantidades.

Tabela 8. Teor encontrado de micronutrientes sob os tratamentos utilizados.

Tratamento	Cu ¹	Zn ¹	Fe ¹	Mn ¹	Na ¹
	Mg/dm ³				
T1	44.29 a	23.45 a	30.76 a	92.32 a	2.72 a
T2	38.66 a	19.46 a	25.77 a	84.71 a	2.26 a
T3	41.51 a	22.56 a	30.63 a	86.46 a	3.11 a
T4	44.38 a	21.76 a	29.72 a	90.54 a	1.2 a
T5	34.51 a	18.38 a	23.62 a	82.80 a	3.43 a
T6	42.23 a	20.32 a	31.01 a	97.35 a	2.52 a
CV (%)	13.72	13.32	20.70	13.64	

¹Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Tratamentos: T1 – Testemunha; T2 – Adubação mineral com 300 Kg.ha⁻¹ do formulado 00-30-10; T3 – 27,20 kg de Torta de filtro; T4 – 54,40 Kg de Torta de filtro; T5 – 81,60 Kg de Torta de filtro; T6 – 108,80 Kg de Torta de filtro.

Não houve diferenciação estatística ($P>0,05$) para os teores de micronutrientes estudados em nenhum dos tratamentos aplicados. Assim, pode-se inferir que o suprimento dos micronutrientes podem ser realizados mediante aplicação do resíduo orgânico avaliado.

Moura Filho (2014) afirma que o emprego da torta de filtro em altas doses pode fornecer a quantidade total dos macronutrientes N, P, Ca, Mg, S e dos micronutrientes Mn, Zn, Fe, Cu e B necessários para o desenvolvimento vegetal da cultura aplicada. Ressalta-se que para as doses testadas neste trabalho não foram diagnosticadas diferenças significativas nos teores de nutrientes com a adição da torta de filtro ao solo.

6. CONCLUSÃO

- Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à germinação, inserção de vagens, número de vagens por planta, sementes por planta, peso de mil sementes e produtividade da cultura da soja.
- A altura das plantas foi influenciada positivamente pelo emprego da torta de filtro, em que o tratamento T5 (81.60 kg de torta de filtro) apresentou maior altura média de plantas.
- Com relação aos atributos químicos do solo, apenas os teores de matéria orgânica e carbono apresentaram variações significativas, sendo os maiores teores encontrados em T1, T2 e T3.
- O emprego do resíduo orgânico torta de filtro na cultura da soja mostrou-se viável para o manejo sustentável desta leguminosa, já que não influenciou de forma negativa nenhum dos parâmetros avaliados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R.P.; QUEIROZ, T.R. **Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro Paulista.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. Anais... Rio Branco, 2008. p.21.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 10004:2004. **Resíduos Sólidos Classificação**, ABNT, Brasil. 2004.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Estatística. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/estatisticas.aspx>>. Acesso em: 20 de março de 2019.
- BROCH, D. L.; PEDROSO, R. S. **Custo de produção da cultura da soja.** In: FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e produção: soja e milho 2009/2010. Maracaju, 2009. cap. 10, p. 129-131.
- BERNARDINO, C. A. R.; MAHLER, C. F.; VELOSO, M. C. C.; ROMEIRO, G. A.; SCHROEDER, P. **Torta de Filtro, Resíduo da Indústria Sucroalcooleira - Uma Avaliação por Pirólise Lenta.** Rev. Virtual Quim. 2018.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Diário Oficial. Brasília, DF, 23 de dezembro de 2010.
- BROCH, D. L.; PEDROSO, R. S. **Custo de produção da cultura da soja.** In: FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e produção: soja e milho 2009/2010. Maracaju, 2009. cap. 10, p. 129-131.
- BROCH, D. L.; PEDROSO, R. S. **Custo de produção da cultura da soja.** In: FUNDAÇÃO MS. Tecnologia e produção: soja e milho 2008/2009. Maracaju, 2008. cap.11, p. 126-130.
- CACURO, T. A.; WALDMAN, W. R. **Cinzas da Queima de Biomassa: Aplicações e Potencialidades.** Revista Virtual de Química, 2015.
- CANABRAVA, A. P. **História econômica: estudos e pesquisas.** São Paulo: UNESP, 320p., 2005.
- CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri : **Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan.** Revista Brasileira de Agrocomputação, V.1, N.2, p.18-24. 2001.
- CASTALDO J. H.; NOLL A.; TINOS A. C.; DAMY C. R. S.; SORACE M.; MARTINS A. P. C. **Filter cake enhances soil fertility and initial growth of wheat cultivated in a sandy Ultisol,** Rev. Ciências Agrárias Amazonian Journal, v. 60, n. 2, p. 166-172, abr./jun. 2017
- CASTRO, S. H.; REIS, R. P.; LIMA, A. L. R. **Custos de produção da soja cultivada sob sistema de plantio direto: estudo de multicasos no oeste da Bahia.** Ciência e Agrotecnologia, v. 30, n. 06, p. 1146-1153, 2006.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar safra 2017/2018 quarto levantamento abril/2018.** Brasília: CONAB, 2018.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar safra 2018/2019 terceiro levantamento dezembro/2018.** Brasília: CONAB, 2018.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos safra 2017/2018 décimo segundo levantamento setembro/2018.** Brasília: CONAB, 2018.

CORTEZ, L. et al. **Principais produtos da agroindústria canavieira e sua valorização.** Revista Brasileira de Energia, v.2, n.2, 2012.

DE SOUZA BARROS, Patrícia Coelho et al. **Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 1, p. 265-270, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Mapas de Solos do Estado do Paraná.** Embrapa, 2009. Disponível em: [file:///D:/Documentos/Downloads/doc96-2007-parana-final%20\(1\).pdf](file:///D:/Documentos/Downloads/doc96-2007-parana-final%20(1).pdf). Acesso em: 15 de abril de 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia de produção de soja: região central do Brasil 2004.** Londrina, 2003. 237 p. (Sistemas de produção, 4).

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Tabela de Interpretação de análise de solo e recomendação de adubação.** EMBRAPA, 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil, 2005.** Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/download/publicacao/central_2005.pdf. Acesso em: 29 de maio de 2017.

FIGUEIREDO, E. B., SCALA JUNIOR, N. **Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil.** Agriculture, v.141, n.1/2, p.77-85, 2011.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDORFER, G. H. **Efeito de Doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar.** Ciênc. agrotec., Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, maio/jun., 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n3/13.pdf> Acesso em: 02 de janeiro de 2019.

GHOSH, P. K. et al. **Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system.** European Journal of Agronomy, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 43-50, July 2009.

GONZÁLEZ, A.; NAVIA, R.; MORENO, N. **Fly ashes from coal and petroleum coke combustion: current and innovative potential applications.** Waste Management & Research, v. 27, p. 976-987. 2009.

GONZÁLEZ, L. C., DE MELLO PRADO, R., HERNÁNDEZ, A. R., CAIONE, G., & SELVA, E. P. **Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico.** Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics), v.44, n.2, p. 135-141. 2014.

HYMOWITZ, T. **On the domestication of the soybean.** Economic Botany., v. 23 p. 408-21, 1970.

Indicadores da Produção Pecuária. IBGE, 2017. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201604caderno.pdf. Acesso em: 09 de abril de 2017.

IMEA - Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Disponível em: <http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado> Acesso em: 05 de março de 2019.

ISLABÃO, G. O.; LIMA, C. L. R.; VAHL, L. C.; TIMM, L. C.; TEIXEIRA, J. B. S. **Hydro-physical properties of a typic hapludult under the effect of rice husk ash.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG, v. 40, e0150161, 2016.

LIU, M. *et al.* **Organic amendments with reduced chemical fertilizer promote soil microbial development and nutrient availability in a subtropical paddy field: the influence of quantity, type and application time of organic amendments.** Applied Soil Ecology, Amsterdam, v. 42, n. 2, p. 166-175, June 2009.

MAGALHÃES, Ludmila. **Carbono orgânico e atributos físicos do solo após a aplicação de esterco bovino.** 2017.

MOURA FILHO, Gilson *et al.* **Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em argissolos.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 18, n. 11, p. 1102-1109, Nov. 2014.

MOTA, R. P.; CAMARGO, R.; LEMES, E. M.; LANA, R. M. Q.; ALMEIDA, R. F.; MORAES, E. R. **Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybeans responses.** International Jornal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. Uberlândia, MG. V. 8. Issue 2. Junho 2019.

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

OLIVEIRA, N. D. **A cultura da cana, da degradação à conservação.** Visão Agrícola, n.1, p.80-85, jan./jun.2006.

PADUA, J. B.; DORNELES, T. M.; SILVA, L. F. D.; SILVA, I. M. D. **Análise da gestão ambiental em uma usina do setor sucroenergético no município de Dourados-MS.** Anais do Encontro Científico de Administração, Economia e Contabilidade, Ponta-Porã, MS. v. 1, n. 1, 2014.

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

REIS CARVALHO, Everson *et al.* **Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo**. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 4, 2011.

RIBEIRO, D. O. *et al.* **Comparaçao de adubaçao química com cama de frango na cultura da soja (*Glycine max*) em Latossolo vermelho amarelo distrófico no sudoeste goiano**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 5., 2009, Goiânia. Anais... Londrina: EMBRAPA Soja, 2009. 1 CD.

RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L. **Alterações na estabilidade de agregados de Latossolo e Argissolo em função do manejo, na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*)**. Revista Arvore, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1065-1071, 2014.

RODRIGUES, Taciane Costa *et al.* **Desenvolvimento Sustentável: Percepção dos Alunos do Curso de Graduação em Ciências Contábeis das Instituições Federais de Ensino Superior do Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Metropolitana de Sustentabilidade, v. 7, n. 1, p. 68, 2017.

Ronquim, Carlos César. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. In: Embrapa Monitoramento por Satélite-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E) (2010).

SANTANA, C. T. C., SANTI, A., DALLACORT, R., SANTOS, M. L., & DE MENEZES, C. B. **Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro**. Revista Ciência Agronômica, v.43, n.1, p. 22-29. 2012.

SCHNEIDER, C. F., SCHULZ, D. G., LIMA, P. R., & JÚNIOR, A. C. G. **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.08-17.2013.

SEVERINO, J. J. **Nematóides associados à cultura da cana-de-açúcar na região noroeste do Paraná**. Dissertação (Agronomia). Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2007.

SILVA, M. A. S. *et al.* **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, C.A. **Uso de resíduos orgânicos na agricultura**. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.597-624.

SPADOTTO, C. A. **Gestão de Resíduos: Realizações e desafios no setor sucroalcooleiro.**
EMBRAPA Meio Ambiente. Disponível em:
<http://webmail.cnpma.embrapa.br/down_hp/360.pdf> Acesso em: 02 de janeiro de 2019.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA. Mapas Usinas/Destilarias. São Paulo 2019.
Disponível em: <https://udop.com.br/index.php?item=mapa_unidades> Acesso em: 20 de março de 2019.

VASCONCELOS, Romero F. B. de *et al.* **Qualidade física de Latossolo Amarelo de tabuleiros costeiros em diferentes sistemas de manejo da cana-de-açúcar.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 18, n. 4, p. 381-386, Apr. 2014 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000400004. Acesso em: 25 de maio de 2017.

VAZQUEZ, G. H., BORTOLIN, R., VANZELA, L. S., DOS SB BONINI, C., & NETO, A. B. **Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta/use of organophosphated fertilizer and filter cake in plant-cane.** Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas/Brazilian Journal of Biosystems Engineering, v.9,n.1, p.53-64. 2015.

VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B. de; QUINTINO, T. A. **Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S. V. *et al.* (Org.). *Atualização em produção de cana-de-açúcar.* Piracicaba: CP 2, 2006. p. 121-138.

WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J. R. **Management considerations for organic waste use in agriculture.** *Bioresource Technology*, v. 96, n. 02, p. 215-221, 2005.