

# INFLUÊNCIA DA TORTA DE FILTRO E DA CINZA VEGETAL NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

Murilo Henrique Souza Andrade\*

Ellen de Souza do Espírito Santo Franco\*\*

## RESUMO

A torta de filtro e a cinza vegetal são subprodutos obtidos através do processo industrial de fabricação de açúcar da cana com grande potencial para serem utilizados como fertilizante no desenvolvimento da própria cultura. O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o efeito desses subprodutos nas propriedades químicas do solo e sua eficiência em período gradativo, visando a maior disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento da cana-de-açúcar. Verificou-se que a cinza vegetal possui a capacidade de neutralizar o alumínio tóxico na camada de 0 a 20 cm, aumentando o pH e a saturação de bases em curto prazo; a torta de filtro desempenha a mesma função, porém de modo gradativo. A cinza vegetal e a torta de filtro são capazes de aumentar o teor de Mg (Magnésio) no solo. A torta de filtro aplicada unicamente, ou misturada com a cinza vegetal é capaz de aumentar o teor de Cu (Cobre) no solo. Em doses maiores, a torta de filtro aliada a cinza vegetal aumenta significativamente a CTC (Capacidade de troca de cátions), a M.O (Matéria orgânica do solo), o teor de K (Potássio), P (Fósforo), Ca (Cálcio), S (Enxofre), Zn (Zinco), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e B (Boro) no solo. De modo geral, a utilização de 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro obteve os resultados mais positivos nas propriedades químicas do solo no período de 30, 90 e 150 dias após a aplicação.

**Palavras-chave:** cana-de-açúcar, subprodutos industriais, fertilizantes orgânicos.

---

\* Acadêmico do curso de Agronomia da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Vale do São Lourenço. Email: murilohenrique\_00@hotmail.com

\*\* Docente do curso de Agronomia da Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Vale do São Lourenço. Email: ellen\_ses@hotmail.com

## ABSTRACT

The filter cake and vegetable ash are by products obtained from the industrial sugar cane manufacturing process with great potential to be used as fertilizer in the development of the crop itself. The objective of this work was to evaluate the effect of these byproducts on the chemical properties of the soil and its efficiency in a gradual period, aiming at greater availability of nutrients for sugarcane development. The vegetable ash has been found to have the ability to neutralize toxic aluminum in the 0 to 20 cm layer, increasing short-term pH and base saturation; the filter cake performs the same function, but gradually. The vegetable ash and filter cake are able to increase the Mg (Magnesium) content in the soil. The filter cake applied only or mixed with vegetable ash can increase the Cu (Copper) content in the soil. At higher doses, filter cake combined with vegetable ash significantly increases CTC (Cation Exchange Capacity), MO (Organic Soil Matter), K (Potassium), P (Phosphorus), Ca (Calcium) content, S (Sulfur), Zn (Zinc), Fe (Iron), Mn (Manganese) and B (Boron) in the soil. In general, the use of 10 t ha<sup>-1</sup> of vegetable ash + 20 t ha<sup>-1</sup> of filter cake had the most positive results on soil chemical properties at 30, 90 and 150 days after application.

**Keywords:** sugarcane, industrial by-products, organic fertilizers.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil consolida-se como dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, estimando uma safra de 622,3 milhões de toneladas produzidas em uma área de pouco mais de 8,38 milhões de hectares (CONAB, 2019). O setor é conhecido por gerar grande quantidade de resíduos, devido a sua dimensão. Com isso, é essencial dimensionar a retirada dos resíduos da unidade industrial em velocidade praticamente proporcional à sua geração, pois seria impraticável o armazenamento de todos os resíduos nos períodos de produção (JENDIROBA, 2006).

A torta de filtro é um subproduto do processamento industrial da cana-de-açúcar, proveniente da filtração do caldo extraído no filtro rotativo (ALMEIDA, 1944). Por tonelada de cana moída, tem-se de 30 a 40 kg de torta de filtro, podendo conter em sua composição ótimas quantidades de cálcio, nitrogênio, potássio, fósforo e micronutrientes (PIACENTE,

2005). Nunes Júnior (2008) relata que a torta de filtro é um excelente produto orgânico para a recuperação de solos exauridos ou de baixa fertilidade.

Resultantes da incineração do bagaço da cana para gerar energia as caldeiras, as cinzas podem ser utilizadas diretamente no solo ou incrementando a composição de compostos orgânicos, por conter fósforo, potássio e magnésio (BERTONCINI, 2009). Duas importantes propriedades das cinzas são o seu pH elevado e o seu valor neutralizante, podendo ser utilizada também como elemento de correção da acidez do solo (BRUNELLI; PISANI JR, 2006). São gerados em média 2,06 kg/tonelada de cana (GURGEL, 2012).

A maioria dos solos do Cerrado brasileiro, são caracterizados pela elevada acidez e baixa saturação por bases. Devido ao baixo pH, vários nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio, encontram-se indisponíveis no solo, necessitando a correção da acidez (PANTANO et al., 2016).

O manejo da torta de filtro e das cinzas oriundas da queima do bagaço, têm contribuído para que retornem ao campo, auxiliando a lavoura quando incorporados ao solo, melhorando sua qualidade, e por conseguinte a produtividade. Desta forma, são considerados subprodutos do processo industrial e insumos agrícolas, deixando de ser considerado resíduos industriais ou efluentes (ALBUQUERQUE, 2005).

Sendo assim, esses subprodutos tornam-se uma estratégia importante de manejo ambiental e econômico, por serem insumos de baixo custo em comparação aos custos elevados dos fertilizantes convencionais (SILVA et al., 2007).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido a campo em área de produção cedida pela Usina Porto Seguro, localizada nas coordenadas geográficas 16°1'58" de latitude sul e 55°10'38" de longitude oeste no município de Jaciara-MT durante os meses de abril a setembro de 2019. O clima da região, é classificado como Aw segundo a classificação de Köppen e Geiger, com estação chuvosa de novembro a abril e inverno seco entre maio e outubro. O solo da unidade experimental foi caracterizado segundo a Embrapa (2006) como Neossolo Quartzarênico, com relevo suave ondulado e com boa drenagem.

Foram coletadas amostras para caracterização de atributos químicos (RAIJ et al., 2001) e granulometria (EMBRAPA, 2006), na camada 0-20 cm, com os seguintes resultados: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,0; MO = 15,2 g dm<sup>-3</sup>; P<sub>Mehlich</sub> = 0,9 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 0,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K = 16,2 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 0,31 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC efetiva= 5,33

cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Saturação por bases (V) = 5,82%; Saturação por alumínio (m) = 61,73%; Zn = 0,4 mg dm<sup>-3</sup>; Cu = 0,2 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 246 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 1,3 mg dm<sup>-3</sup>; B = 0,15 mg dm<sup>-3</sup>; S = 4,4 mg dm<sup>-3</sup>; 823 g kg<sup>-1</sup> de areia; 36 g kg<sup>-1</sup> de silte; e 141 g kg<sup>-1</sup> de argila.

A cultivar de cana-de-açúcar utilizada no experimento foi a RB867515 de acordo com a recomendação regional. A torta de filtro utilizada no experimento foi obtida na Usina Porto Seguro, e encaminhada para análise como fertilizante, obtendo os seguintes resultados expressos na matéria seca: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 7,3; umidade = 57,83%; MO = 62,34%; Carbono orgânico = 6,28%; Relação C/N = 3/1; N = 2,29%; P = 3,19%; K = 0,13%; Ca = 4,49%; Mg = 0,32%; S = 0,45%; Zn = 193,84 mg kg<sup>-1</sup>; Cu = 36,52 mg kg<sup>-1</sup>; Mn = 182,13 mg kg<sup>-1</sup>; B = 59,18 mg kg<sup>-1</sup>; Fe = 15.872,27 mg kg<sup>-1</sup>; CTC = 295 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>.

A cinza vegetal utilizada no experimento também foi obtida na Usina Porto Seguro e encaminhada para análise, obtendo os resultados na matéria seca: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 7,8; umidade = 17,78%; MO = 5,39%; Carbono orgânico = 1,54%; Relação C/N = 9/1; N = 0,18%; P = 0,22%; K = 0,18%; Ca = 0,24%; Mg = 0,08%; S = 0,07%; Zn = 7,04 mg kg<sup>-1</sup>; Cu = 4,86 mg kg<sup>-1</sup>; Mn = 18,46 mg kg<sup>-1</sup>; B = 68,02 mg kg<sup>-1</sup>; Fe = 9.097,09 mg kg<sup>-1</sup>; CTC = 15 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Si = 27,8%.

Foi realizado o preparo convencional do solo, com aração e gradagem antes do plantio, não sendo realizada calagem ou adubação química com outros compostos a não ser a torta de filtro e a cinza vegetal. Cada parcela constou com 2 linhas de 4m de comprimento, espaçadas em 1,5 m. Adotou-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3x2, onde o primeiro fator constou com doses de torta de filtro (0 t ha<sup>-1</sup>; 10 t ha<sup>-1</sup>; 20 t ha<sup>-1</sup>) e o segundo com doses de cinza (0 t ha<sup>-1</sup>, 10 t ha<sup>-1</sup>), com 4 repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos utilizados seguem conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no experimento.

|    |   |
|----|---|
| T1 | Testemunha  |
| T2 | 10 t ha <sup>-1</sup> de cinza vegetal  |
| T3 | 10 t ha <sup>-1</sup> de torta de filtro  |
| T4 | 10 t ha <sup>-1</sup> de cinza vegetal + 10 t ha <sup>-1</sup> de torta de filtro |
| T5 | 20 t ha <sup>-1</sup> de torta de filtro  |
| T6 | 10 t ha <sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha <sup>-1</sup> de torta de filtro |

Após 7 dias de incubação, foi realizada a distribuição da torta de filtro e da cinza vegetal nas parcelas, e incorporados em profundidade média de 20 cm com grade niveladora. Em seguida, realizou-se o plantio manual em sulcos na profundidade de 30 cm, com densidade média de 22 gemas por metro linear, por meio da distribuição de colmos “pé-com-ponta”

(sobreposição das últimas duas gemas do pé da cana com outras duas gemas da ponta de um outro colmo), cortando-os em toletes com 3 gemas e posteriormente cobrindo com uma camada de solo.

Foi realizada a amostragem de solo nos períodos de 30, 90 e 150 dias após a incorporação dos subprodutos e o plantio da cana. Os dados obtidos foram subdivididos em atributos químicos: pH em água, Saturação por bases (V), CTC efetiva, Matéria orgânica (M.O) e Alumínio (Al); macronutrientes: Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e micronutrientes: Zinco (Zn), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Boro (B); sendo submetidos a análise de variância, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através da avaliação dos efeitos da aplicação e incorporação de cinza vegetal e torta de filtro no pH em água, saturação por bases (V), CTC efetiva, matéria orgânica (M.O) e alumínio (Al) no período de 30, 90 e 150 dias após o plantio da cana-de-açúcar, demonstram-se pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, que houve diferença significativa entre as variáveis conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Atributos químicos do solo em função da adubação e correção do solo com torta de filtro e cinza vegetal no período de 30,90 e 150 dias após a incorporação e plantio.

| 30 DIAS APÓS PLANTIO  |                  |         |                                       |                      |                                       |
|-----------------------|------------------|---------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
|                       | pH               | V       | CTC                                   | M.O                  | Al                                    |
| TRATAMENTOS           | H <sub>2</sub> O | (%)     | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | (g/dm <sup>3</sup> ) | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) |
| T1                    | 3,98 c           | 5,96 d  | 5,17 d                                | 15,35 d              | 0,53 d                                |
| T2                    | 4,58 ab          | 41,60 b | 6,37 cd                               | 15,40 cd             | 0,00 a                                |
| T3                    | 4,28 bc          | 31,12 c | 7,09 c                                | 15,50 c              | 0,29 c                                |
| T4                    | 4,70 a           | 51,43 a | 9,19 ab                               | 15,73 ab             | 0,00 a                                |
| T5                    | 4,28 bc          | 39,61 b | 8,47 b                                | 15,65 b              | 0,15 b                                |
| T6                    | 4,90 a           | 55,41 a | 10,20 a                               | 15,80 a              | 0,00 a                                |
| <sup>1</sup> C.V. (%) | 3,38             | 4,97    | 7,75                                  | 0,38                 | 18,95                                 |
| 90 DIAS APÓS PLANTIO  |                  |         |                                       |                      |                                       |
|                       | pH               | V       | CTC                                   | M.O                  | Al                                    |
| TRATAMENTOS           | H <sub>2</sub> O | (%)     | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | (g/dm <sup>3</sup> ) | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) |
| T1                    | 4,00 c           | 5,95 e  | 5,16 d                                | 15,28 d              | 0,52 d                                |
| T2                    | 5,05 b           | 33,83 d | 6,46 cd                               | 15,45 cd             | 0,00 a                                |
| T3                    | 5,13 ab          | 43,37 c | 7,21 c                                | 15,55 bc             | 0,19 c                                |
| T4                    | 5,15 ab          | 53,08 b | 9,33 ab                               | 15,78 ab             | 0,00 a                                |
| T5                    | 5,28 ab          | 41,43 c | 8,62 b                                | 15,70 ab             | 0,12 b                                |

|                              |                  |         |                                       |                      |                                       |
|------------------------------|------------------|---------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| T6                           | 5,38 a           | 57,11 a | 10,36 a                               | 15,83 a              | 0,00 a                                |
| <sup>1</sup> C.V. (%)        | 2,34             | 4,41    | 7,35                                  | 0,68                 | 17,56                                 |
| <b>150 DIAS APÓS PLANTIO</b> |                  |         |                                       |                      |                                       |
|                              | pH               | V       | CTC                                   | M.O                  | Al                                    |
| TRATAMENTOS                  | H <sub>2</sub> O | (%)     | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | (g/dm <sup>3</sup> ) | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) |
| T1                           | 4,00 d           | 5,96 d  | 5,16 d                                | 15,28 c              | 0,51 b                                |
| T2                           | 5,28 bc          | 42,23 b | 6,38 cd                               | 15,40 bc             | 0,00 a                                |
| T3                           | 5,15 c           | 32,02 c | 7,14 c                                | 15,50 abc            | 0,00 a                                |
| T4                           | 5,45 b           | 52,20 a | 9,22 ab                               | 15,73 ab             | 0,00 a                                |
| T5                           | 5,28 bc          | 40,55 b | 8,54 b                                | 15,70 ab             | 0,00 a                                |
| T6                           | 5,88 a           | 56,12 a | 10,20 a                               | 15,85 a              | 0,00 a                                |
| <sup>1</sup> C.V. (%)        | 1,96             | 4,58    | 7,18                                  | 1,01                 | 22,07                                 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a probabilidade de 5%. <sup>1</sup>Coeficiente de variação. T1: Testemunha. T2: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal. T3: 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T4: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T5: 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T6: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro.

Na primeira análise, 30 dias após o plantio, os tratamentos T4 (10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro e T6 (10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro) apresentaram os melhores resultados em relação ao aumento do pH do solo; porém após 90 e 150 dias, apenas o tratamento T6 destacou-se entre os demais.

Em relação ao alumínio, o tratamento T2 (10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal), além de T4 e T6, apresentaram redução completa do teor na camada 0 a 20 cm no solo já nos primeiros 30 dias, demonstrando a capacidade da cinza vegetal de precipitar e neutralizar esse elemento, favorecendo o desenvolvimento da cultura na fase inicial e nas camadas mais superficiais do solo. Adriano et al. (1982), sugeriu que o efeito alcalinizante da adição de cinza vegetal pode ser utilizado para reduzir a acumulação de elementos potencialmente tóxicos que tenham disponibilidade dependente do pH. Ghodrati et al. (1995) descreveu que a incorporação de cinza num solo arenoso, resultaria na remoção de elementos fitotóxicos da zona da raiz das plantas. Segundo Pandey & Singh (2010), a cinza vegetal é um resíduo alcalino com alta capacidade de sorção o que torna os metais menos móveis no solo. Bonfim-Silva et. al. (2013) afirmou em seu trabalho com gramínea forrageira, que o pH do solo aumentou significativamente 30 dias após a aplicação da cinza vegetal, demonstrando sua capacidade de reduzir a acidez ativa do solo.

Já os tratamentos T3 (10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro) e T5 (20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro) apresentaram o mesmo resultado das cinzas apenas com 150 após o plantio. A torta de filtro, quando incorporada ao solo, em doses elevadas, apresenta propriedades corretivas da acidez do solo, devido aos efeitos quelantes da matéria orgânica sobre o alumínio (ROSSETTO & DIAS, 2005); porém, o tempo de neutralização do alumínio pela torta de filtro pode ser considerado

lento, o que poderia prejudicar o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes nos primeiros meses da cultura.

Em relação a saturação de bases, os tratamentos T4 e T6 apresentaram os melhores valores no período de 30 e 150 dias; podendo ser explicado no fato da neutralização do alumínio e aumento do pH, favorecendo a maior disponibilidade de cátions de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$ , aumentando as bases. Para a CTC do solo, apenas o tratamento T6 obteve valores significativos nos três períodos analisados; o mesmo ocorreu com a matéria orgânica. Segundo Korndörfer & Anderson (1997), a torta de filtro promove alterações significativas como aumento nos teores de carbono orgânico, capacidade de troca de cátions e, ainda, diminuição nos teores de alumínio trocáveis. Bissani et al. (2008) relataram que a presença de matéria orgânica na composição da torta de filtro é desejável para a melhoria da capacidade de armazenamento de água e nutrientes no sistema coloidal, principalmente nos solos de textura arenosa.

O resultado da avaliação dos efeitos da aplicação e incorporação de cinza vegetal e torta de filtro no potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) no período de 30, 90 e 150 dias após o plantio da cana-de-açúcar, mostram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, que houve diferença significativa entre as variáveis (Tabela 3).

**Tabela 3.** Macronutrientes do solo em função da adubação e correção do solo com torta de filtro e cinza vegetal no período de 30,90 e 150 dias após a incorporação e plantio.

| <b>30 DIAS APÓS PLANTIO</b> |                            |                            |   |   |                            |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|---|----------------------------|
| TRATAMENTOS                 | K<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | P<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | Ca<br>(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Mg<br>(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | S<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) |
| T1                          | 15,43 d                    | 1,05 e                     | 0,15 c                                      | 0,12 b                                      | 4,88 e                     |
| T2                          | 17,13 cd                   | 2,43 d                     | 1,75 ab                                     | 0,61 a                                      | 5,63 de                    |
| T3                          | 19,48 bc                   | 4,33 c                     | 1,60 b                                      | 0,68 a                                      | 6,43 cd                    |
| T4                          | 21,38 b                    | 5,23 b                     | 2,04 ab                                     | 0,73 a                                      | 7,88 b                     |
| T5                          | 20,85 b                    | 5,78 b                     | 1,83 ab                                     | 0,81 a                                      | 7,43 bc                    |
| T6                          | 25,90 a                    | 6,70 a                     | 2,20 a                                      | 0,83 a                                      | 11,00 a                    |
| <sup>1</sup> C.V. (%)       | 5,90                       | 8,66                       | 16,11                                       | 15,19                                       | 8,07                       |
| <b>90 DIAS APÓS PLANTIO</b> |                            |                            |   |   |                            |
| TRATAMENTOS                 | K<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | P<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) | Ca<br>(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | Mg<br>(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | S<br>(mg/dm <sup>3</sup> ) |
| T1                          | 15,28 d                    | 1,00 e                     | 0,14 c                                      | 0,12 c                                      | 4,88 e                     |
| T2                          | 20,43 c                    | 2,62 d                     | 1,82 ab                                     | 0,68 b                                      | 5,80 de                    |
| T3                          | 20,78 bc                   | 4,38 c                     | 1,78 b                                      | 0,75 ab                                     | 6,63 cd                    |
| T4                          | 23,12 b                    | 5,58 b                     | 2,13 ab                                     | 0,83 ab                                     | 8,03 b                     |
| T5                          | 22,60 bc                   | 6,45 b                     | 1,98 ab                                     | 0,80 ab                                     | 7,58 bc                    |
| T6                          | 27,75 a                    | 7,90 a                     | 2,25 a                                      | 0,89 a                                      | 11,15 a                    |
| <sup>1</sup> C.V. (%)       | 4,93                       | 8,55                       | 11,26                                       | 10,14                                       | 7,14                       |

| <b>150 DIAS APÓS PLANTIO</b> |                       |                       |                                       |                                       |                       |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                              | K                     | P                     | Ca                                    | Mg                                    | S                     |
| TRATAMENTOS                  | (mg/dm <sup>3</sup> ) | (mg/dm <sup>3</sup> ) | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> ) | (mg/dm <sup>3</sup> ) |
| T1                           | 14,98 d               | 0,95 d                | 0,18 c                                | 0,10 c                                | 4,88 d                |
| T2                           | 19,08 c               | 1,90 c                | 1,61 b                                | 0,50 b                                | 5,88 cd               |
| T3                           | 19,58 c               | 2,28 c                | 1,59 b                                | 0,62 ab                               | 6,63 c                |
| T4                           | 22,48 b               | 3,60 b                | 1,84 ab                               | 0,64 ab                               | 8,05 b                |
| T5                           | 21,40 bc              | 4,30 b                | 1,76 ab                               | 0,67 a                                | 7,73 b                |
| T6                           | 26,40 a               | 5,80 a                | 1,96 a                                | 0,70 a                                | 11,30 a               |
| <sup>1</sup> C.V. (%)        | 5,07                  | 11,31                 | 7,60                                  | 11,91                                 | 6,23                  |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a probabilidade de 5%.  
<sup>1</sup>Coefficiente de variação. T1: Testemunha. T2: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal. T3: 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T4: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T5: 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T6: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro.

O tratamento T6 proporcionou os maiores acréscimos nos teores de K, P, Ca e S no solo, nos três períodos analisados. Segundo Nunes Júnior (2005), uma dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro na base úmida ou 5 t ha<sup>-1</sup> na base seca (M.S.) pode fornecer 100% do nitrogênio, 50% de fósforo, 15% de potássio, 100% de cálcio e 50% de magnésio. Nos primeiros 30 dias, apresentou-se um alto índice de disponibilidade de Mg em todos os tratamentos, diferindo apenas do tratamento T1 (Testemunha); com 90 dias, o tratamento T6 obteve maior relevância entre os demais tratamentos; com 150 dias, além do tratamento T6, o tratamento T4 também destacou-se apresentando os melhores teores significativos de Mg no solo.

O resultado da avaliação dos efeitos da aplicação e incorporação de cinza vegetal e torta de filtro no zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e boro (B) no período de 30, 90 e 150 dias após o plantio da cana-de-açúcar, mostram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, que houve diferença significativa entre as variáveis (Tabela 4).

**Tabela 4.** Micronutrientes do solo em função da adubação e correção do solo com torta de filtro e cinza vegetal no período de 30,90 e 150 dias após a incorporação e plantio.

| <b>30 DIAS APÓS PLANTIO</b> |                       |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                             | Zn                    | Cu                    | Fe                    | Mn                    | B                     |
| TRATAMENTOS                 | (mg/dm <sup>3</sup> ) |
| T1                          | 0,25 c                | 0,25 c                | 143,00 e              | 2,80 c                | 0,15 c                |
| T2                          | 1,70 b                | 0,48 c                | 297,00 d              | 4,32 c                | 0,34 b                |
| T3                          | 1,85 b                | 0,98 b                | 424,00 c              | 5,60 bc               | 0,33 b                |
| T4                          | 2,30 b                | 1,00 b                | 553,00 b              | 11,28 a               | 0,39 b                |
| T5                          | 2,43 ab               | 1,05 ab               | 619,00 b              | 7,70 b                | 0,34 b                |
| T6                          | 3,28 a                | 1,28 a                | 699,00 a              | 13,8 a                | 0,50 a                |
| <sup>1</sup> C.V. (%)       | 21,05                 | 13,48                 | 6,66                  | 18,77                 | 9,68                  |

**90 DIAS APÓS PLANTIO**

|                              | Zn                    | Cu                    | Fe                    | Mn                    | B                     |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| TRATAMENTOS                  | (mg/dm <sup>3</sup> ) |
| T1                           | 0,23 c                | 0,25 b                | 143,00 e              | 2,80 c                | 0,15 c                |
| T2                           | 1,08 b                | 0,48 b                | 269,00 d              | 4,08 c                | 0,25 b                |
| T3                           | 1,30 b                | 0,93 a                | 383,00 c              | 5,43 bc               | 0,23 b                |
| T4                           | 1,62 b                | 0,98 a                | 501,00 b              | 11,03 a               | 0,23 b                |
| T5                           | 1,75 b                | 1,05 a                | 561,00 b              | 7,63 b                | 0,26 b                |
| T6                           | 2,55 a                | 1,15 a                | 626,00 a              | 12,75 a               | 0,37 a                |
| <sup>1</sup> C.V. (%)        | 21,12                 | 13,79                 | 6,81                  | 19,53                 | 12,23                 |
| <b>150 DIAS APÓS PLANTIO</b> |                       |                       |                       |                       |                       |
|                              | Zn                    | Cu                    | Fe                    | Mn                    | B                     |
| TRATAMENTOS                  | (mg/dm <sup>3</sup> ) |
| T1                           | 0,23 d                | 0,23 b                | 143,00 e              | 2,80 c                | 0,13 c                |
| T2                           | 0,98 c                | 0,45 b                | 247,00 d              | 4,10 c                | 0,21 b                |
| T3                           | 1,20 bc               | 0,85 a                | 358,00 c              | 5,50 bc               | 0,21 b                |
| T4                           | 1,50 bc               | 0,93 a                | 454,00 b              | 11,10 a               | 0,21 b                |
| T5                           | 1,62 b                | 1,00 a                | 519,00 a              | 7,65 b                | 0,23 b                |
| T6                           | 2,20 a                | 1,08 a                | 573,00 a              | 12,78 a               | 0,38 a                |
| <sup>1</sup> C.V. (%)        | 18,36                 | 13,61                 | 7,26                  | 18,48                 | 12,31                 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a probabilidade de 5%.  
<sup>1</sup>Coeficiente de variação. T1: Testemunha. T2: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal. T3: 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T4: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 10 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T5: 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro. T6: 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro.

De acordo com a resposta do Zn, o tratamento T6 sobressaiu-se em relação aos demais em todas as datas. Quanto ao Cu, nos primeiros 30 dias, o tratamento T6 foi superior aos demais, porém após 90 dias, os tratamentos T3, T4 e T5 e T6 não se diferenciaram significativamente. Sobre o Fe, o tratamento T6 também foi significativo após 30 e 90 dias, juntando-se ao tratamento T4 após 150 dias. Os tratamentos T4 e T6 também foram responsáveis pelo aumento significativo de Mn. Os melhores níveis de B posteriormente aos 30 dias de plantio foram observados através do tratamento T6. Segundo Mellis e Quaggio (2009), a torta de filtro disponibiliza micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu) na solução do solo capazes de atender a demanda da cana-de-açúcar.

Observou-se uma pequena diminuição nos teores de Zn, Cu e B conforme a progressão do período. Um dos principais efeitos adversos que pode limitar a aplicação de cinzas alcalinas em solos agrícolas é a diminuição da disponibilidade de micronutrientes, relacionado ao aumento do pH do solo, o que pode explicar a diminuição gradativa do Zn e do Cu. Segundo Silva et al. (1995) parte do B que é adicionado ao solo permanece solúvel e pode ser lixiviado no perfil, e também o B que não está inicialmente em solução, pode ser dessorvido e lixiviado,

favorecido por solos de textura arenosa; o que pode ter causado a diminuição no teor desse nutriente.

## **CONCLUSÃO**

Através dos resultados obtidos, conclui-se que a cinza vegetal possui a capacidade de neutralizar o alumínio tóxico na camada de 0 a 20 cm, aumentando o pH e a saturação de bases em curto prazo; a torta de filtro desempenha a mesma função, porém de modo gradativo.

A cinza vegetal e a torta de filtro são capazes de aumentar o teor de Mg no solo independente da aplicação simples ou misturada. A torta de filtro aplicada unicamente, ou misturada com a cinza vegetal é capaz de aumentar o teor de Cu no solo.

Em doses maiores, a torta de filtro aliada a cinza vegetal aumenta significativamente a capacidade de troca catiônica (CTC), a matéria orgânica, e os teores de K, P, Ca, S, Zn, Fe, Mn e B no solo.

De modo geral, a utilização de 10 t ha<sup>-1</sup> de cinza vegetal + 20 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro obteve os resultados mais positivos nas propriedades químicas do solo nos três períodos avaliados.

## REFERÊNCIAS

- ADRIANO, D.C. Cadmium availability to sundangrass grown on soil amended with sewage sludge and fly ash. **Journal of Environmental Quality**. v. 11, n. 2, p. 197- 203. 1982.
- ALBUQUERQUE, Ademir Gonçalves. Avaliação exérgica dos efluentes do processo industrial do álcool. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- ALMEIDA, JR. As tortas da usinas de Açúcar. **Brasil Açucareiro**. Rio de Janeiro. Agosto 1944.
- BERTONCINI, E. I. Geração e gestão de resíduos da indústria sucroalcooleira. **SBERA - Sociedade Brasileira dos Especialistas em Resíduos das Produções Agropecuária e Agroindustrial**, n.3, p.1, 2009.
- BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; GAINELLO, C.; TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. J. A. da; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. C. S. da. CINZA VEGETAL: Características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, Uberlândia, Set./Out, 2013.
- BRUNELLI, A. M. M. P.; PISANI JÚNIOR, R. Proposta de Disposição de Resíduo Gerado a partir da Queima do Bagaço de Cana em Caldeiras como Fonte de Nutriente e Corretivo do Solo. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 2006.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, Segundo levantamento - Safra 2019/20, n.2, v. 6, Brasília-DF, agosto de 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- GHODRATI, M. SIMS, J. T.; VASILAB, B. L. Evaluation of fly ash as a soil amendment for the Atlantic Coastal Plain: I Soyl hydraulic properties and elemental leaching. **Journal Water Soil Air Pollution**, v 81, p 349-361, 1995.
- GURGEL, M. N. A. Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado. Tese de Doutorado (Universidade Estadual de Campinas / Faculdade de Engenharia Agrícola). Campinas: SP, 2012.

JENDIROBA, E. Questões ambientais no manejo da agroindústria canavieira. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. **Atualização em produção de cana de açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006.

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugarcane residues vinasse and filter cake on sugarcane production in Brazil. **Sugar Azucar**, v.92, p.26-35, 1997.

MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A. Micronutrientes em cana-de-açúcar: a fome oculta dos canaviais. 2009 (Artigo técnico-científico). 4p. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MicroNutricana.htm>. Acesso em: 30 de outubro de 2019.

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

NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **Idea News**, v. 8, n. 92, p. 22-30, Ribeirão Preto, 2008.

PANDEY, V. C.; SINGH, N. Impact of fly ash incorporation in soil systems, **Agriculture, Ecosystems and Environment** .v.136. p. 16–27. 2010.

PANTANO, G. GROSSELI, G. M. MOZETO, A. A. FADINI, P. Sustentabilidade do uso do fósforo: Uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**. v. 39, n.6, p. 732-740, 2016.

PIACENTE, F.J. Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual De Campinas Instituto De Economia, Campinas, São Paulo, 2005. 175 f.

RAIJ, B. VAN et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

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

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; KONDO, J.I.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A. Dez anos de sucessivas adubações com boro no algodoeiro. **Bragantia**, v.54, p.177-185, 1995.

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**, v.11, n.1, p.108–114, 2007.