



Avaliação do uso da torta de filtro e *biochar* nos atributos do solo

Marcelo Rodrigo Alves

Professor Doutor, UNOESTE, Brasil
marceloalves@unoeste.br

Janardelly Gomes de Souza

Doutoranda, UNOESTE, Brasil
janardelly.jgs@gmail.com

Submissão: 04/09/2023

Aceite: 02/04/2024

ALVES, Marcelo Rodrigo; SOUZA, Janardelly Gomes de. Avaliação do uso da torta de filtro e biochar nos atributos do solo. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 20, n. 5, 2024.

DOI: [10.17271/1980082720520245269](https://doi.org/10.17271/1980082720520245269). Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5269

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Avaliação do uso da torta de filtro e *biochar* nos atributos do solo

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de torta de filtro e *biochar* nos atributos químicos e biológicos do solo. Foi instalado 2 experimentos, ambos em delineamento inteiramente casualizado, com 7 tratamentos e três repetições, compostos por: Experimento (SC) - solo sem calcário + 1%, 2% e 3% de torta de filtro (tratamentos SCTF1, SCTF2 e SCTF3, respectivamente) e, solo sem calcário + 1%, 2% e 3% de *biochar* de torta de filtro (tratamentos SCBTF1, SCBTF2 e SCBTF3, respectivamente) mais o tratamento controle (TC); Experimento (CC) - solo com calcário + 1%, 2% e 3% de torta de filtro (tratamentos CCTF1, CCTF2 e CCTF3, respectivamente) e, solo com calcário + 1%, 2% e 3% de *biochar* de torta de filtro (tratamentos CCBTF1, CCBTF2 e CCBTF3, respectivamente) mais o tratamento controle (TC). Posteriormente, foram realizadas análises de caráter químico (pH, MO, COT, NT, P, K, Mg, Ca, Al e H+Al) e biológico (respiração do solo, CBM, NBM e atividade da enzima desidrogenase). Foram feitas análises de variância e regressão linear simples (teste t a 5% de probabilidade) por meio do software R. Para comparação das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os atributos químicos do solo sofreram influência dos níveis de TF e BTF, SC e CC, apresentando maiores valores no nível de 3%. Para os atributos biológicos, o SCTF3 destacou-se.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo Industrial. Cana-de-açúcar. Pirólise. Fertilidade do Solo.

Assessment of filter cake and biochar usage on soil attributes

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the effect of different doses of filter cake and biochar on the chemical and biological attributes of the soil. Two experiments were set up, both in a completely randomized design, with 7 treatments and three replications, composed of: Experiment (SC) - soil without limestone + 1%, 2%, and 3% of filter cake (treatments SCTF1, SCTF2, and SCTF3, respectively) and, soil without limestone + 1%, 2%, and 3% of filter cake biochar (treatments SCBTF1, SCBTF2, and SCBTF3, respectively) plus the control treatment (TC); Experiment (CC) - soil with limestone + 1%, 2%, and 3% of filter cake (treatments CCTF1, CCTF2, and CCTF3, respectively) and, soil with limestone + 1%, 2%, and 3% of filter cake biochar (treatments CCBTF1, CCBTF2, and CCBTF3, respectively) plus the control treatment (TC). Subsequently, chemical (pH, OM, TOC, TN, P, K, Mg, Ca, Al, and H+Al) and biological (soil respiration, MBN, MBC, and dehydrogenase enzyme activity) analyses were performed. Variance and simple linear regression analyses (t-test at 5% probability) were conducted using the R software. For the comparison of means, the Scott-Knott test at 5% probability was used. The soil chemical attributes were influenced by the levels of TF and BTF, SC, and CC, showing higher values at the 3% level. For the biological attributes, SCTF3 was the most notable.

KEYWORDS: Industrial Residue. Sugarcane. Pyrolysis. Soil Fertility.

Evaluación del uso de torta de filtro y biochar en los atributos del suelo

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de torta de filtro y biochar en los atributos químicos y biológicos del suelo. Se instalaron dos experimentos, ambos con un diseño completamente al azar, con 7 tratamientos y tres repeticiones, compuestos por: Experimento (SC) - suelo sin cal + 1%, 2% y 3% de torta de filtro (tratamientos SCTF1, SCTF2 y SCTF3, respectivamente) y suelo sin cal + 1%, 2% y 3% de biochar de torta de filtro (tratamientos SCBTF1, SCBTF2 y SCBTF3, respectivamente), además del tratamiento control (TC); Experimento (CC) - suelo con cal + 1%, 2% y 3% de torta de filtro (tratamientos CCTF1, CCTF2 y CCTF3, respectivamente) y suelo con cal + 1%, 2% y 3% de biochar de torta de filtro (tratamientos CCBTF1, CCBTF2 y CCBTF3, respectivamente), además del tratamiento control (TC). Posteriormente, se realizaron análisis de carácter químico (pH, MO, COT, NT, P, K, Mg, Ca, Al y H+Al) y biológico (respiración del suelo, CBM, NBM y actividad de la enzima deshidrogenasa). Se llevaron a cabo análisis de varianza y regresión lineal simple (prueba t al 5% de probabilidad) mediante el software R. Para la comparación de las medias, se utilizó la prueba de Scott-Knott al 5% de probabilidad. Los atributos químicos del suelo



fueron influenciados por los niveles de TF y BTF, SC y CC, presentando mayores valores en el nivel de 3%. En cuanto a los atributos biológicos, destacó el tratamiento SCTF3.

PALABRAS CLAVE: Residuo Industrial. Caña de azúcar. Pirólisis. Fertilidad del Suelo.

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma gramínea semiperene originária do sudeste asiático e pertence ao gênero *Saccharum*, da família *Poaceae*. Ela desfruta de significativo valor econômico tanto no Brasil quanto globalmente, sendo amplamente empregada na produção de açúcar, energia elétrica e álcool (SILVA et al., 2014; SOBRINHO et al., 2019).

O Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Dados da safra 2020/2021 indicam uma produção de 658,8 milhões de toneladas, com uma área de aproximadamente 8.616,1 mil hectares destinada à cultura (CONAB, 2020; SILVA et al., 2021).

Anualmente, observa-se um crescimento no cultivo de cana-de-açúcar, resultando na expansão de áreas e, conseqüentemente, no aumento de resíduos associados a esse setor. Um exemplo notável é a torta de filtro (TF), resíduo composto pela mistura de bagaço moído e lodo de decantação, originado no processo de tratamento e clarificação do caldo da cana-de-açúcar. A produção desse resíduo varia de 30 a 40 kg por tonelada de cana moída (FRAVET et al., 2010; JUNIOR et al., 2011). Com um teor de matéria orgânica elevado, aproximadamente 85,1%, a torta de filtro pode ser uma opção valiosa para solos degradados e/ou com baixa fertilidade. Sua composição química abrange teores significativos de fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e micronutrientes (CERRI et al., 1998; NUNES JUNIOR, 2005; FRAVET et al., 2010).

Além de sua aplicação direta, a torta de filtro pode ser empregada como subproduto na produção de *biochars*, mediante conversão termoquímica. Essa prática tem despertado crescente interesse na comunidade científica em diversas partes do mundo.

Os *biochars* derivados da torta de filtro (BTF) apresentam incrementos nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, além de serem isentos de metais tóxicos. A transformação da torta de filtro em *biochar* emerge como uma opção promissora para o uso agrícola, contribuindo para a redução da perda de carbono por decomposição e alcalinização de solos arenosos ácidos (EYKELBOSH et al., 2013; BERNADINO et al., 2018; FRANCO, 2019).

A aplicação dessa técnica de manejo em solos arenosos na região do Oeste Paulista apresenta potencial para conferir benefícios ao solo, ao mesmo tempo em que pode resultar em reduções de custos associados à calagem e fertilizantes. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos de diferentes doses de torta de filtro e *biochar* nos atributos químicos e biológicos do solo, buscando determinar se o *biochar* exerce ação corretiva no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, na área experimental da Universidade do Oeste Paulista, Campus II, Presidente Prudente – SP. E tiveram duração de 12 meses, com início em dezembro de 2018 e término em dezembro de 2019.

2.2 Aquisição dos materiais

O *biochar* da torta de filtro da cana-de-açúcar foi produzido e fornecido pela empresa SPPT Ltd., localizada em Mogi Morim, no estado de São Paulo. O material foi produzido por processo de conversão termoquímica – pirólise lenta, a 400°C. Antes do processo de produção a torta de filtro foi moída e, passou por uma peneira de 2mm.

2.3 Delineamento experimental e preparo dos vasos

O solo utilizado para preenchimento dos vasos plásticos foi um Latossolo Vermelho, coletado na camada de 0-30 cm de profundidade. Antes do início do experimento em vasos, foi realizada análise granulométrica. E, mediante análise ficou evidenciado que o solo apresentava um teor de areia de 875,7 g kg⁻¹, teor de silte de 30,3 g kg⁻¹ e teor de argila de 94,3 g kg⁻¹.

Foi utilizado, para ambos os experimentos, sem aplicação de calcário (SC) e com aplicação de calcário (CC), um delineamento inteiramente casualizado, composto por 7 tratamentos com três repetições (Tabela 1). As doses de TF e BTF foram de 1, 2 e 3% em relação ao volume de solo no vaso, PVC, de 15 L. Utilizou-se um valor padrão de 10 kg (solo + TF ou BTF em cada vaso), ou seja, 9,9 kg, 9,8 kg e 9,7 kg de solo para 0,1 kg, 0,2 kg e 0,3 kg de TF ou BTF respectivamente, conforme os tratamentos.

Após o preenchimento dos vasos foi realizado, no experimento CC, a aplicação e incorporação de 10 g de calcário dolomítico com objetivo de elevar a saturação por bases para 60%, seguindo o delineamento experimental mencionado anteriormente (Tabela 1). Posteriormente, os solos foram umedecidos e permaneceram incubados por 30 dias, quando então se deu a incorporação das respectivas doses de torta de filtro e do *biochar* de torta de filtro e, permaneceram por mais 90 dias incubados. Foram realizadas ainda aplicação do equivalente a 30 kg ha⁻¹ de N, 200 kg ha⁻¹ de K₂O e 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de ureia, cloreto de potássio e superfosfato simples, respectivamente. A recomendação de adubação foi baseada nas normas do Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997) e aplicada diretamente dentro dos vasos plásticos.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos

	Tratamentos	Níveis de Aplicação de TF ou BTF
Experimento (SC)	Solo Controle – TC	-
	Solo sem inserção de calcário + Torta de Filtro – SCTF1	1 % - equivalente a 100 g ou 0,1 kg
	Solo sem inserção de calcário + Torta de Filtro – SCTF2	2 % - equivalente a 200 g ou 0,2 kg
	Solo sem inserção de calcário + Torta de Filtro – SCTF3	3 % - equivalente a 300 g ou 0,3 kg
	Solo sem inserção de calcário + <i>Biochar</i> de Torta de Filtro – SCBTF1	1 % - equivalente a 100 g ou 0,1 kg
	Solo sem inserção de calcário + <i>Biochar</i> de Torta de Filtro – SCBTF2	2 % - equivalente a 200 g ou 0,2 kg
	Solo sem inserção de calcário + <i>Biochar</i> de Torta de Filtro – SCBTF3	3 % - equivalente a 300 g ou 0,3 kg
Experimento (CC)	Solo Controle – TC	-
	Solo com inserção de calcário + Torta de Filtro – CCTF1	1 % - equivalente a 100 g ou 0,1 kg

Solo com inserção de calcário + Torta de Filtro – CCTF2	2 % - equivalente a 200 g ou 0,2 kg
Solo com inserção de calcário + Torta de Filtro – CCTF3	3 % - equivalente a 300 g ou 0,3 kg
Solo com inserção de calcário + <i>Biochar</i> de Torta de Filtro – CCBTF1	1 % - equivalente a 100 g ou 0,1 kg
Solo com inserção de calcário + <i>Biochar</i> de Torta de Filtro – CCBTF2	2 % - equivalente a 200 g ou 0,2 kg
Solo com inserção de calcário + <i>Biochar</i> de Torta de Filtro – CCBTF3	3 % - equivalente a 300 g ou 0,3 kg

Fonte: Os Autores, 2023.

Legenda: TF refere-se a "Torta de Filtro", um subproduto do processo de produção de açúcar e etanol, rico em matéria orgânica e nutrientes. BTF significa "*Biochar* de Torta de Filtro", produzido através da pirólise da torta de filtro, resultando em um material rico em carbono que pode melhorar a qualidade e fertilidade do solo. TC: Tratamento controle, onde o solo é utilizado em sua condição natural sem adições. SCTF1, SCTF2, SCTF3: Tratamentos de solo sem inserção de calcário, com adição de Torta de Filtro em diferentes concentrações. SCBTF1, SCBTF2, SCBTF3: Tratamentos de solo sem inserção de calcário, com adição de *biochar* de torta de filtro em diferentes concentrações. CCTF1, CCTF2, CCTF3: Tratamentos de solo com inserção de calcário, com adição de torta de filtro em diferentes concentrações. CCBTF1, CCBTF2, CCBTF3: Tratamentos de solo com inserção de calcário, com adição de *biochar* de torta de filtro em diferentes concentrações. Os níveis de aplicação (1%, 2%, 3%) representam a porcentagem do peso de TF ou BTF em relação ao peso do solo no vaso, equivalente a 100g (0,1 kg), 200g (0,2 kg) e 300g (0,3 kg), respectivamente.

2.4 Parâmetros avaliados

2.4.1 Análise dos atributos químicos do solo

Foram realizadas coletas de solos de cada vaso, numa profundidade de 0-10 cm, para a análise dos atributos químicos do solo (determinação dos teores de pH, teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, alumínio e hidrogênio mais alumínio), seguindo a metodologia de Raij et al.(2001). A partir desses dados, foram obtidos os valores da soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%). Também foram feitas análises de carbono (MENDONÇA; MATOS, 2017) e nitrogênio total do solo (CANTARELLA; TRIVELIN, 2001).

2.4.2 Análise dos atributos biológicos do solo

Para a realização das análises biológicas, primeiramente, o solo foi seco em bancada, ao ar livre, por 24 horas. Após este processo as amostras de solo passaram por uma peneira de 2,0 mm de malha, para então proceder com as análises de respiração basal do solo (ALEF; NANAPIERI, 1995; RODELLA; SABOYA, 1999), carbono da biomassa microbiana (FERREIRA; CAMARGO; VIDOR, 1999), nitrogênio da biomassa microbiana (TEDESCO et al., 1995), atividade enzimática da desidrogenase (VAN OS; GINKEL, 2001) e, por cálculo quociente metabólico (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

2.4.3 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância por meio do software R. Para comparação das médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Foi realizado também a análise de regressão linear, teste t a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos atributos químicos do solo

A incorporação dos materiais alteraram os atributos químicos do solo (Tabela 2). Em relação ao pH do solo verificou-se, que quando comparado ao tratamento controle (TC) apresentou significância. Os tratamentos com adição de TF e BTF (SC) evidenciaram um pH na faixa neutro/alcalino.

Para a matéria orgânica do solo (MOS), o tratamento que recebeu inserção de SCTF3 evidenciou maior valor (médio teor) e, significância comparados TC, SCTF1 e SCBTF1. No carbono orgânico total (COT) o tratamento que apresentou maior valor, comparados aos TC, foi o que tinha inserção de SCBTF3. O *biochar* é um material rico em carbono e, quando aplicado ao solo tende a ter um tempo maior de persistência comparado a biomassa (PETTER; MADARI, 2012), podendo contribuir para um maior aporte de carbono no solo e auxiliar na diminuição da perda carbono por meio da decomposição (EYKELBOSH *et al.*, 2013; BERNADINO *et al.*, 2018; FRANCO, 2019).

O nitrogênio total (NT) evidenciou, exceto para o tratamento com inserção de SCBTF1, diferenças significativas quando comparados seus valores ao TC. E, o fósforo (P), apresentou valores elevados em comparação ao TC, principalmente nos tratamentos SCTF3 e SCBTF3.

Os maiores valores, para cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V) foi obtido no tratamento com inserção de SCBTF3. Aplicação de *biochar* no solo pode aumentar o pH, a capacidade de troca catiônica e carbono orgânico, e aumentar a disponibilidade de nutrientes (TRAZZI *et al.*, 2018).

O TC apresentou maior valor apenas para acidez potencial (H+Al) e potássio (K). Nos demais atributos a TF e BTF tiveram influência significativa em relação ao TC, proporcionando um aumento dos valores. Franco (2019) e Barros *et al.* (2014) mencionam que a aplicação de torta de filtro no solo pode influenciar no aumento de alguns nutrientes (nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio) e da CTC.

Tabela 2 – Atributos químicos de solo com inserção de torta de filtro e *biochar*, sem adição de calcário

Tratamentos	pH	MOS	NT	COT	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
		g dm ⁻³	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³			%
TC	5,3b	8,7c	74,1c	3,3c	4,5e	12,1a	1,8a	8,3c	6,7b	16,8c	28,9c	57,3c
SCTF1	7,6a	12,1b	126,6b	5,7b	69,1d	7,9b	0,9b	15,1c	12,0b	28,0c	35,93c	77,8b
SCTF2	7,4a	14,4a	183,5a	8,1a	211,0b	8,6b	0,7b	41,9b	27,1a	69,8b	78,4b	89,0a
SCTF3	7,6a	17,0a	209,8a	9,8a	262,2a	8,2b	0,8b	49,2b	34,4a	84,5b	92,7b	90,9a
SCBTF1	7,7a	12,5b	72,8c	5,9b	143,23c	7,6b	1,1b	47,5b	18,4b	67,0b	74,6b	89,6a
SCBTF2	7,6a	14,4a	140,3b	9,4a	208,8b	7,2b	1,3b	54,9b	29,0a	85,2b	92,4b	92,1a
SCBTF3	7,7a	14,9a	178,0a	11,1a	236,6a	7,2b	1,2b	88,8a	36,4a	126,4a	133,6a	94,5a
CV%	1,7	11,2	12,4	16,5	13,7	6,8	19,3	22,6	20,8	19,2	17,3	3,82

Fonte: Os Autores, 2023.

Legenda: TC (Tratamento controle): solo em seu estado natural, sem quaisquer adições. SCTF1, SCTF2, SCTF3: Tratamentos de solo sem inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de torta de filtro. SCBTF1, SCBTF2, SCBTF3: Tratamentos de solo sem inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de *biochar* de torta de filtro. pH: Uma medida da acidez ou alcalinidade do solo; MOS (Matéria Orgânica do Solo em g dm⁻³); NT (Nitrogênio Total em mg kg⁻¹); P (Fósforo em mg dm⁻³); H+Al (Acidez Potencial em mmolc dm⁻³); K (Potássio em mmolc dm⁻³); Ca (Cálcio em mmolc dm⁻³); Mg (Magnésio em mmolc dm⁻³); SB (Soma de

Bases em mmolc dm⁻³); CTC (Capacidade de Troca de Cátions em mmolc dm⁻³); V (Saturação de Bases %); Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

O experimento que teve incorporação de uma dose fixa de calcário em conjunto a TF ou BTF, também evidenciou valores superiores comparados ao TC. Isso foi observado para o pH, MO, COT, NT, P, Ca, Mg, SB, CTC e V (Tabela 3).

O tratamento com adição de CCBTF3 apresentou maiores valores para NT, COT, P, Ca, Mg, SB, CTC e V. Comprovando a eficiência da aplicação do *biochar* como corretor de solos, pois nota-se que onde teve aplicação de *biochar* (CCBTF1, CCBTF2 e CCBTF3) houve redução da acidez potencial, apresentando significância dos demais tratamentos.

Outro atributo que teve um acréscimo significativo após as maiores aplicações de *biochar* (CCBTF2 e CCBTF3), foi o COT. Evidenciando que aplicação desse material pode influenciar no aumento de estoque de carbono no solo, contribuindo, desta forma, para a redução de perda desse elemento.

Tabela 3 – Atributos químicos de solo com inserção de torta de filtro e *biochar*, com adição de calcário

Tratamentos	pH	MOS	NT	COT	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
		g dm ⁻³	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³						
TC	5,3b	8,7c	74,1c	3,3c	4,5d	12,1a	1,8a	8,3e	6,7d	16,8d	28,9d	57,3c
CCTF1	7,5a	12,6b	93,8c	5,1c	106,1c	8,2b	0,7b	26,3d	15,3d	42,4d	50,5d	83,6b
CCTF2	7,7a	16,7a	135,8b	7,2b	212,1b	7,7b	0,9b	77,8b	39,1b	117,8b	125,5b	93,8a
CCTF3	7,7a	18,1a	199,2a	7,7b	250,4a	7,7b	1,3b	73,6b	47,4b	122,3b	130,0b	94,1a
CCBTF1	7,6a	13,3b	104,7c	6,7b	137,8c	7,5c	1,2b	55,4c	25,2c	81,8c	89,3c	91,6a
CCBTF2	7,7a	14,4b	152,2b	10,3a	217,7b	7,1c	1,0b	58,6c	44,2b	103,9b	111,0b	93,5a
CCBTF3	7,7a	18,0a	234,0a	11,1a	283,7a	7,1c	1,1b	123,3a	62,1a	186,5a	193,6a	96,3a
CV%	1,5	13,7	22,2	14,7	15,6	4,6	23,3	12,4	17,0	17,4	15,9	3,5

Fonte: Os Autores, 2023.

Legenda: TC (Tratamento controle): solo em seu estado natural, sem quaisquer adições. CCTF1, CCTF2, CCTF3: Tratamentos de solo com inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de torta de filtro. SCBTF1, CCBTF2, CCBTF3: Tratamentos de solo com inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de *biochar* de torta de filtro. pH: Uma medida da acidez ou alcalinidade do solo; MOS (Matéria Orgânica do Solo em g dm⁻³); NT (Nitrogênio Total em mg kg⁻¹); P (Fósforo em mg dm⁻³); H+Al (Acidez Potencial em mmolc dm⁻³); K (Potássio em mmolc dm⁻³); Ca (Cálcio em mmolc dm⁻³); Mg (Magnésio em mmolc dm⁻³); SB (Soma de Bases em mmolc dm⁻³); CTC (Capacidade de Troca de Cátions em mmolc dm⁻³); V (Saturação de Bases %); Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

Na Figura 1, nota-se que o carbono orgânico total, o nitrogênio total, o fósforo, a soma de bases e a capacidade de troca catiônica sofreram influência dos níveis de aplicação de torta de filtro e *biochar* nos tratamentos sem e com adição de calcário.

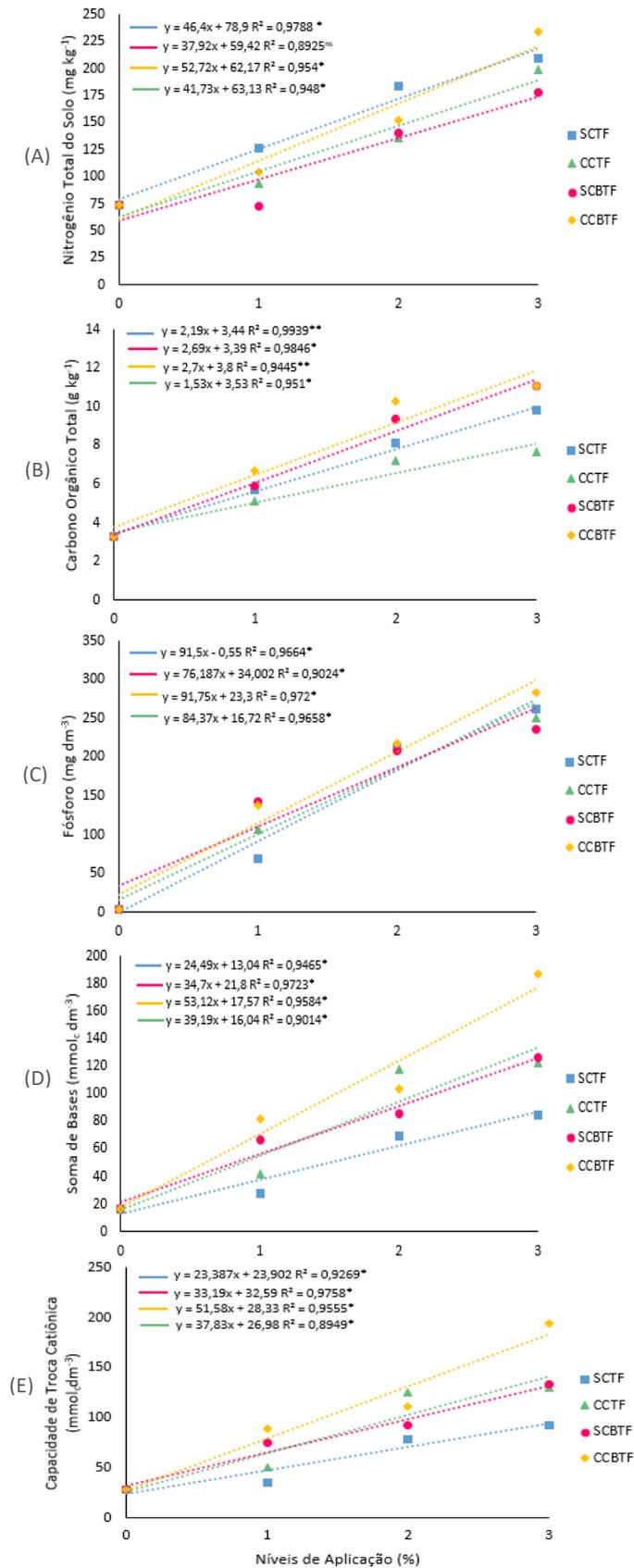
Para o N-Total os tratamentos que evidenciaram maiores valores foram SCTF e CCBTF no nível de 3% de aplicação.

O COT apresentou uma maior linearidade (R²=0,99), no tratamentos com inserção de SCTF, porém os tratamentos que evidenciaram maiores valores foram os que tinham adição de *biochar* ao nível de 3%, SC e CC.

Para o P, SB e CTC, comparando os tratamentos, SC e CC, o CCBTF ao nível de 3% destacou-se, evidenciando maiores valores. Comprovando que adição conjunta de *biochar* e calcário pode trazer benefícios ao solo.



Figura 1 – Regressão linear dos atributos químicos em função dos níveis de TF e BTF nos tratamentos SC e CC



Fonte: Os Autores, 2023.

Legenda: (A) Nitrogênio Total do Solo; (B) Carbono Orgânico Total; (C) Fósforo; (D) Soma de Bases; (E) Capacidade de Troca Catiônica. ** e * significativo a 1% e a 5 %, respectivamente, pelo teste t.

3.2 Análise dos atributos biológicos do solo

Os tratamentos com adição de TF diferiram significativamente do TC, apresentando maiores valores de respiração basal (Tabela 4). Esses valores podem estar relacionados a uma maior atividade microbiana, distúrbio ecológico ou um alto nível de produtividade do ecossistema (ISLAM; WEIL, 2000; TU; RISTAINO; HU, 2006; SOUZA, 2021).

O tratamento com SCTF3 evidenciou um valor de 425,32 mg kg⁻¹ para o carbono da biomassa microbiana (CBM), podendo estar indicando uma maior imobilização de carbono nesse tratamento. E, diferiu significativamente dos demais tratamentos.

Já para o nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) os maiores valores foram 29, 8 e 23,3 mg kg⁻¹, SCTF2 e SCTF3, podendo indicar uma maior imobilização de nitrogênio e, apresentaram significância do TC.

Na atividade da enzima desidrogenase observou-se diferença significativa entre os tratamentos. O SCTF3 apresentou maiores valores para essa enzima. A desidrogenase está relacionada a células metabolicamente ativas na decomposição microbiana e na matéria orgânica do solo (BALOTA et al., 2013; GADJA; PRZEWLOKA; GAWRYJOLEK, 2013; SOUZA, 2021).

Tabela 4 – Atributos biológicos de solo com inserção de torta de filtro e *biochar*, sem adição de calcário

Trat.	Respiração	qCO ₂	CBM	NBM	Desidrogenase
	mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹	mg C-CO ₂ kg ⁻¹ BMS-C h ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg TTF g ⁻¹ solo h ⁻¹
TC	5,7b	0,044a	214,5b	11,5c	2,8c
SCTF1	13,4a	0,042a	214,5b	17,7c	4,4b
SCTF2	14,1a	0,032a	254,0b	29,8a	4,8b
SCTF3	14,1a	0,029a	425,3a	23,3b	6,0a
SCBTF1	11,3a	0,039a	260,5b	15,1c	2,9c
SCBTF2	14,1a	0,045a	204,9b	6,44d	2,8c
SCBTF3	15,9a	0,035a	177,8b	12,7c	2,6c
CV%	19,4	18,5	12,9	19,6	13,7

Fonte: Os Autores, 2023.

Legenda: TC (Tratamento Controle): solo em seu estado natural, sem quaisquer adições. SCTF1, SCTF2, SCTF3: Tratamentos de solo sem inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de torta de filtro. SCBTF1, SCBTF2, SCBTF3: Tratamentos de solo sem inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de *biochar* de torta de filtro. qCO₂ (Quociente Metabólico); CBM (Carbono da Biomassa Microbiana); NBM (Nitrogênio da Biomassa Microbiana). Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo Teste Scott-knott (p<0,05).

Nos tratamentos com adição de calcário (Tabela 5), o CCTF2 e CCBTF1 evidenciaram maiores valores para CBM. No NBM, nota-se um aumento, comparado ao controle nos tratamentos com CCTF1, CCBTF1 e CCTF2. Para a atividade da enzima desidrogenase, os tratamentos que tinham aplicação de torta de filtro apresentaram significância dos demais e, maiores valores. O qCO₂ não apresentou significância para os tratamentos.

Tabela 5 – Atributos biológicos de solo com inserção de torta de filtro e *biochar*, com adição de calcário

Trat.	Respiração	qCO ₂	CBM	NBM	Desidrogenase
-------	------------	------------------	-----	-----	---------------

	mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹	mg C-CO ₂ kg ⁻¹ BMS-C h ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	µg TTF g ⁻¹ solo h ⁻¹
TC	5,6c	0,044a	214,5b	11,5b	2,8b
CCTF1	10,3b	0,037a	158,1c	22,4a	4,5a
CCTF2	16,0a	0,037a	265,5a	16,3a	4,7a
CCTF3	17,2a	0,035a	168,9c	7,8b	5,1a
CCBTF1	17,0a	0,039a	261,9a	20,8a	2,6b
CCBTF2	12,3b	0,047a	223,6b	8,6b	2,4b
CCBTF3	15,3a	0,035a	173,4c	9,5b	2,0b
CV%	12,7	15,4	11,6	25,7	13,6

Fonte: Os Autores, 2023.

Legenda: TC (Tratamento Controle): solo em seu estado natural, sem quaisquer adições. CCTF1, CCTF2, CCTF3: Tratamentos de solo com inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de torta de filtro. CCBTF1, CCBTF2, CCBTF3: Tratamentos de solo com inserção de calcário, com níveis variados (1%, 2% e 3%, respectivamente) de *biochar* de torta de filtro. qCO₂ (Quociente Metabólico); CBM (Carbono da Biomassa Microbiana); NBM (Nitrogênio da Biomassa Microbiana). Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo Teste Scott-knott (p<0,05).

4 CONCLUSÃO

Os atributos químicos do solo sofreram influência dos níveis de aplicação de torta de filtro e *biochar* nos tratamentos sem e com adição de calcário, SCTF3, CCTF3 e CCBTF3, apresentando maiores valores no nível de 3%.

A atividade da biomassa microbiana e enzimática do solo apresentou alterações com inserção de torta de filtro e *biochars* nos tratamentos sem adição de calcário, com destaque para o tratamento SCTF3. Já para os tratamentos com adição de calcário, CCTF2 e o CCBTF1 destacaram-se em relação ao CBM, NBM e respiração. Podendo indicar uma maior atividade da biomassa microbiana. E, para a enzima desidrogenase, os tratamentos com adição TF, evidenciaram maiores valores.

De maneira geral pode-se concluir que o *biochar* pode agir como corretor de solos, visto que onde havia inserção BTF, tanto para os tratamentos SC e CC, a acidez potencial estava reduzida.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. London: **Academic Press**, p.576, 1995

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.

BALOTA, E. L. et al. Enzimas e seu papel na qualidade do solo. In: ARAUJO, A. P.; ALVES, B. J. R. Tópicos em ciência dos solos. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, p.189-250, 2013.

BARROS, P. C. S.; COSTA, A. R.; SILVA, P. C.; COSTA, R. A. Torta de filtro como biofertilizante para produção de mudas de tomate industrial em diferentes substratos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 9, n. 1, p. 265 - 270, 2014.

BERNADINO, C. A. R.; et al. Torta de Filtro, Resíduo da Indústria Sucroalcooleira - Uma Avaliação por Pirólise Lenta. **Revista Virtual de Química**, v.10, n.3, 2018.

CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O. Determinação de nitrogênio total em solo e determinação de nitrogênio inorgânico em solo pelo método da destilação a vapor. In: RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001.

CERRI, C. C.; et al. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 1., características físicas e químicas. **STAB: Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.6, n.1, p.34- 37, 1988.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar – safra 2020/2021 [Internet]**. Brasília: Conab, 2020. (Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar; vol. 7, no. 4). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>.

EYKELBOSH, A. J.; et al. Efeito do biocarvão da torta de filtro de cana-de-açúcar na qualidade do solo, retenção de água e efluxo de CO₂ ⁽¹⁾. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2013.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4, dez/1999

FRANCO, M. H. R. Biochar e fertilizantes especiais no crescimento inicial da cultura do milho.100f. **Tese** (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019.

FRAVET, P. R. F.; et al. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, 2010.

GADJA, A. M.; PRZEWLOKA, B.; GAWRYJOLEK, K. Changes in soil quality associated with tillage system **Applied. International Agrophysics**, v. 27, p. 133- 141, 2013.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture, Ecosystem Environment**, Amsterdam, v. 79, 2000

JÚNIOR, A. B. A.; et al. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro¹. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.

MENDONÇA, E. de SÁ.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: métodos de análise. 2 ed. Viçosa, Minas Gerais, 2017.

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

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n. 7, p. 761-768, 2012.

RAIJ, B. VAN. et al (Ed.). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: **Instituto Agronômico**, 2001.

RAIJ, B. Van *et al.* (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: **Instituto Agronômico**, 1996. (Boletim Técnico, v.100).

RODELLA, A. A.; SABOYA, L. V. Calibration of conductimetric determination of carbon dioxide. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.2059-2060, 1999.

SILVA, C. P.; et al. Condições de trabalho no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil e repercussões sobre a saúde dos canavieiros. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 46, p.1-16, 2021.



SILVA, M. A.; et al. Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p. 241-249, 2014.

SOBRINHO, O. P. L.; et al. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v.12, n.4, p.1605-1625, 2019.

SOUZA, J. G. Interações entre resíduos orgânicos e adubações nitrogenadas no cultivo da *Urochloa brizantha* cv. Marandu e nos atributos do solo. 206f. **Dissertação** (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2021.

TEDESCO, M. J. et al. Análise de solos, plantas e outros materiais. 2. ed., Porto Alegre: **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TRAZZI, P. A. et al. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, 2018.

TU, C.; RISTAINO, J.B.; HU, S. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. **Soil Biol. Biochem.**, v.38, p.247-255, 2006.

VAN OS, G. J.; GINKEL, J. H. Suppression of Pythium root rot in bulbous Iris in relation to biomass and activity of the soil microflora. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 11, p. 1447-1454, 2001.