

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

Assesment of the use filter pie and biochar in the attributes soil

Evaluación del uso de la torta de filtro y biocarbón sobre los atributos del suelo

Marcelo Rodrigo Alves

Professor Doutor, UNOESTE, Brasil
marceloalves@unoeste.br

Janardelly Gomes de Souza

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

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 1 - 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); Experimento 2 - 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). 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. Pírolise. Fertilidade do Solo

ABSTRACT

The objective of the presente work 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 carried out, both in completely randomized design, with 7 treatments and three replications, consisting of: Experiment 1 – soil with limestone + 1%, 2% and 3% of filter cake (treatments CCTF1, CCTF2 and CCTF3, respectively) and, limestone soil + 1%, 2% and 3% filter cake biochar (treatments CCBTF1, CCBTF2 and CCBTF3, respectively); Experiment 2 – lime-free soil + 1%, 2% and 3% filter cake (SCTF1, SCTF2 and SCTF3, respectively) and, lime-free soil + 1%, 2% and 3% filter cake biochar (treatments SCBTF1, SCBTF2, and SCBTF3, respectively) plus the control treatment (TC). Subsequently, Chemical (pH, MO, COT, N-Total, P, K, Ca, Mg, H+Al) and biological analyzes (soil respiration, CBM, NBM and dehydrogenase enzyme activity) were carried out. Analysis of variance and simple linear regression (T Test at 5% probability) were performed using the R software. To compare means, the Scott-Knott test at 5% probability was used. The Chemical attributes of the soil were influenced by the levels of TF and BTF, SC, and CC, presenting higher values at the 3% level. For biological attributes, SCTF3 stood out.

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

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 instaló dos experimentos, ambos en un diseño completamente aleatorio con 7 tratamientos y tres repeticiones, compuestos por: Experimento 1 - suelo con caliza + 1%, 2% y 3% de torta de filtro (tratamientos CCTF1, CCTF2 y CCTF3, respectivamente) y suelo con caliza + 1%, 2% y 3% de biochar de torta de filtro (tratamientos CCBTF1, CCBTF2 y CCBTF3, respectivamente); Experimento 2 - suelo sin caliza + 1%, 2% y 3% de torta de filtro (tratamientos SCTF1, SCTF2 y SCTF3, respectivamente) y suelo sin caliza + 1%, 2% y 3% de biochar de torta de filtro (tratamientos SCBTF1, SCBTF2 y SCBTF3, respectivamente) más el 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 con 5% de probabilidad) mediante el software R. Para la comparación de medias, se utilizó la prueba de Scott-Knott con un 5% de probabilidad. Los atributos químicos del suelo fueron influenciados por los niveles de TF y BTF, SC y CC, presentando valores más altos en el nivel del 3%. En cuanto a los atributos biológicos, el SCTF3 se destacó.

PALABRAS CLAVE: Residuo Industrial. Caña de azúcar. Pírolisis. 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), um 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 na 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 10g 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 e filtro e então, 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 1	Solo puro – 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 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
Experimento 2	Solo puro – TC	-
	Solo com inserção de calcário + Biochar de Torta de Filtro – CCBTF1	1 % - equivalente a 100 g ou 0,1 kg
	Solo com inserção de calcário + Biochar de Torta de Filtro – CCBTF2	2 % - equivalente a 200 g ou 0,2 kg
	Solo com inserção de calcário + Biochar de Torta de Filtro – CCBTF3	3 % - equivalente a 300 g ou 0,3 kg
	Solo sem inserção de calcário + Biochar de Torta de Filtro – SCBTF1	1 % - equivalente a 100 g ou 0,1 kg
	Solo sem inserção de calcário + Biochar de Torta de Filtro – SCBTF2	2 % - equivalente a 200 g ou 0,2 kg
	Solo sem inserção de calcário + Biochar de Torta de Filtro – SCBTF3	3 % - equivalente a 300 g ou 0,3 kg

Fonte: Os Autores, 2023.

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 Raji 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; NANIPIERI, 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 (MO), 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 (N-Total) 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

Trat.	pH	MO	N-Total	COT	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
		g dm ⁻³	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mmol _c 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	236,6 ^a	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. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo Teste 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, N-Total, P, Ca, Mg, SB, CTC e V (Tabela 3).

O tratamento com adição de CCBTF3 apresentou maiores valores para N-Total, 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 nas 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

Trat.	pH	MO	N-Total	COT	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
		g dm ⁻³	mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----mmol _c 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. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo Teste Scott-knott (p<0,05).

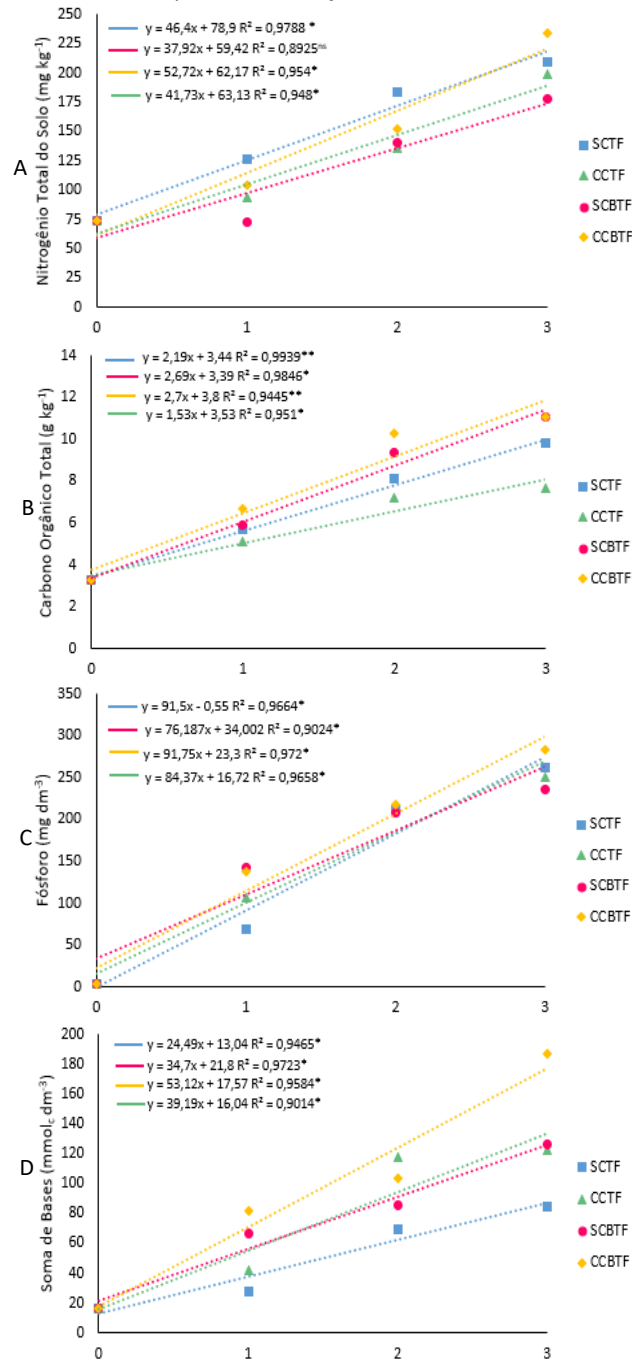
Na Figura 1, nota-se que o carbono orgânico total, o nitrogênio total, o fósforo, a soma de bases e a capacidade de troca catiônica sofreram influência dos níveis de aplicação de torta de filtro e *biochar* nos tratamentos sem e com adição de calcário.

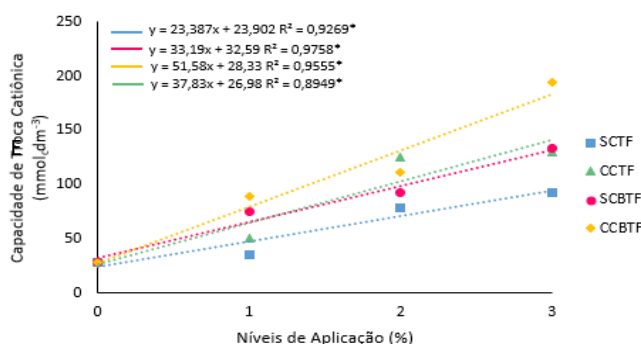
Para o N-Total os tratamentos que evidenciaram maiores valores foram SCTF e CCBTF no nível de 3% de aplicação.

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 S (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		CBM	NBM	Desidrogenase
	mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo h ⁻¹	qCO ₂ mg C-CO ₂ kg ⁻¹ BMS-C 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. 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. 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 sem 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.

E, 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.; NANPIERI, 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 Agrônomo de Campinas, 2001.

CERRI, C. C.; et al. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 1., características físicas e químicas. **STAB: Açúcar, Álcool 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 Agrônomo**, 2001.

RAIJ, B. Van *et al.* (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 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.