



Frações Oxidáveis do Carbono em Solo Cultivado com Milho após Aplicação de Adubos Fosfatados e Resíduos Orgânicos⁽¹⁾

Uemeson José dos Santos⁽²⁾; Aline Oliveira Silva⁽³⁾; Gustavo Pereira Duda⁽⁴⁾; Arnaldo Joaquim de Souza Junior⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES.

⁽²⁾ Estudante de Mestrado em Produção Agrícola, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; uemeson.jose@hotmail.com ⁽³⁾ Estudante de Doutorado em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras-UFLA; Lavras, MG; alineoliveirasilva6@gmail.com. ⁽⁴⁾ Professor Associado da Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; gpduda@gmail.com. ⁽⁵⁾ Estudante de Graduação em Agronomia, Unidade Acadêmica de Garanhuns-UFRPE; Garanhuns, PE; arnaldojoaquimsj@gmail.com.

RESUMO: A matéria orgânica do solo (MOS) constitui um atributo indicativo da qualidade do solo podendo ser dividida em compartimentos como os lábeis e os estáveis, que servem de ferramenta para avaliação qualitativa deste. O objetivo dessa pesquisa foi verificar o efeito da aplicação de adubos fosfatados com amendoim forrageiro ou esterco bovino sobre os teores de COT e as frações oxidáveis do carbono em Neossolo Regolítico cultivado com milho. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na UFRPE-UAG (Garanhuns, PE) com delineamento experimental inteiramente casualizado com 18 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram constituídos de Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofosfato de Yorin + Esterco bovino (TF+EB). O teor de COT no solo teve um aumento nos tratamentos combinados com resíduo orgânico. O fosfato de gafsa e o esterco bovino apresentaram fração com maior labilidade.

Termos de indexação: amendoim forrageiro, fósforo, esterco bovino.

INTRODUÇÃO

O carbono orgânico total apresenta-se como um indicador chave na qualidade do solo, posto que altos índices desse atributo estão atrelados as melhorias no fornecimento de nutrientes para as plantas, além dos benefícios na estrutura do solo e nos processos biológicos, aumentando a

biodiversidade e a atividade microbiana (Yang et al., 2012).

Os níveis de COT no solo revelam o equilíbrio a longo prazo entre entrada e saída desse elemento, estando a entrada envolvida com a quantidade de resíduos orgânicos como fertilizantes e adubação adicionados ao solo (Lemke et al., 2010).

O carbono possui duas frações principais: uma lábil e uma estabilizada (Haynes, 2005). Em que a primeira é mais rapidamente afetada pelo manejo em matéria orgânica. A oxidação dessa fração liga-se ao fluxo de CO₂ do solo para a atmosfera, influenciando consideravelmente a ciclagem de nutrientes e os seus resultados na produtividade e na qualidade do solo (Chan et al., 2001; Mandal et al., 2007). Essa fração foi preconizada por (Haynes, 2005) como um indicador precoce dos efeitos dos sistemas de manejo e cultivo sobre a qualidade do COT. Enquanto que a fração estabilizada está ligada a maior parte do COT estável no solo, não sendo as práticas de manejos portanto, causadoras de prejuízos ao seu conteúdo (Haynes, 2005).

As frações de carbono oxidáveis no solo baseiam-se na separação de quatro frações denominadas F1, F2, F3 e F4, que correspondem a diminuição do grau de oxidação das concentrações 3, 6, 9 e 12 mol L⁻¹ de ácido sulfúrico respectivamente (Chan et al., 2001). As frações F1 e F2 relacionam-se com a disponibilidade de nutrientes e formação de macroagregados, tendo a fração F1 maior labilidade (Maia et al., 2007). Enquanto que a fração F3 e F4 estão associadas com a estabilidade química e massa molar, proveniente da transformação e humificação da matéria orgânica do solo.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de adubos fosfatados e amendoim forrageiro nos teores de carbono orgânico total e nas frações oxidáveis de carbono em um Neossolo regolítico cultivado com milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UFRPE-UAG no Agreste do estado de Pernambuco, que possui



um clima predominantemente tropical chuvoso com verão seco. O solo utilizado no experimento foi retirado de uma área sob cobertura natural de floresta xerófila, localizada no município de São João-PE, classificado como Neossolo Regolítico distrófico típico. Foi coletado a uma profundidade de 0-0,20 m, posto para secar ao ar, peneirado em malha de 4 mm e distribuído em vasos de 7 kg.

A caracterização química foi realizada de acordo com a embrapa (2009), pH (4,85); Ca^{2+} (0,8); Mg^{2+} (0,45); Al^{3+} (0,3); K^{+} (0,14); Na^{+} (0,1) e $\text{H} + \text{Al}$ (1,88) todos em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, enquanto P (1,55) mg Kg^{-1} .

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com 18 tratamentos e 4 repetições. A dose de fosfato utilizada foi a de 80 kg de $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ conforme a recomendação do Instituto Agronomico de Pernambuco (IPA, 2008), para o tipo de solo e o teor de P apresentado no solo.

Os tratamentos foram: Solo (controle - SOLO); Fosfato de Araxá (FA); Fosfobahia (FB); Fosfato de Gafsa (FG); Superfosfato Simples (SS); Termofosfato de Yorin (TF); Amendoim forrageiro (AF); Fosfato de Araxá + Amendoim forrageiro (FA+AF); Fosfobahia + Amendoim forrageiro (FB+AF); Fosfato de Gafsa + Amendoim forrageiro (FG+AF); Superfosfato Simples + Amendoim forrageiro (SS+AF); Termofosfato de Yorin + Amendoim forrageiro (TF+AF); Esterco bovino (EB); Fosfato de Araxá + Esterco bovino (FA+EB); Fosfobahia + Esterco bovino (FB+EB); Fosfato de Gafsa + Esterco bovino (FG+EB); Superfosfato Simples + Esterco bovino (SS+EB); Termofosfato de Yorin + Esterco bovino (TF+EB).

As porcentagens de P_2O_5 em água de todas as fontes de fosfato utilizadas, que foram determinadas: FA 25,96 % de P_2O_5 ; FB 32,15 5 % de P_2O_5 ; FG 29,61 de P_2O_5 %; SS 18,02 de P_2O_5 %; TF 20,94 de P_2O_5 %. Nos resíduos foram determinados sua relação C:N, por meio da determinação dos teores de C e N, obtidos por combustão seca, em analisador elementar Perkin Elmer CNHS/O 2400, foram respectivamente 13,22:1 e 11,5:1 para amendoim forrageiro e esterco bovino. Os fosfatos naturais e os resíduos orgânicos foram aplicados e misturados ao solo de forma uniforme, de maneira a permitir o máximo de contato com o solo.

O milho (variedade 1058) foi semado em três sementes por vaso, sendo feito o desbaste aos 15 DAS (dias após a semeadura). A adubação com N e K foi realizada com base nos resultados da análise química do solo e na recomendação de adubação para a cultura, fracionada em duas etapas no início do primeiro cultivo, e no início do segundo cultivo

(IPA, 2008), utilizando-se uréia e cloreto de potássio como fontes. As plantas foram irrigadas uma vez ao dia, com água destilada, considerando a capacidade de pote do solo.

Aos 45 DAS às plantas de milho foram cortadas e o solo coletado para análise do fracionamento do carbono. Quantificou-se o carbono orgânico total (COT) segundo Yeomans & Bremner (1988), também fracionou-se o carbono orgânico do solo em quatro frações (Chan et al., 2001), quanto ao grau de oxidação: Fração 1 (F1): C oxidado por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em meio ácido com 3 mol L^{-1} de H_2SO_4 ; Fração 2 (F2): diferença entre o C oxidado por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em meio ácido com 6 e 3 mol L^{-1} de H_2SO_4 ; Fração 3 (F3): diferença entre o C oxidado por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em meio ácido com 9 e 6 mol L^{-1} de H_2SO_4 ; Fração 4 (F4): diferença entre o C oxidado por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em meio ácido com 12 e 9 mol L^{-1} de H_2SO_4 .

Análise estatística

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise da variância, as médias foram separadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5%. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa de estatística Sisvar (Ferreira, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos teores de COT, observa-se (**Tabela 1**) que há uma leve tendência de aumentos nos tratamentos combinados com amendoim forrageiro ou com esterco bovino, sendo o fosfato bahia associado ao esterco bovino que apresentou melhor resultado, seguido pelo fosfato de gafsa e amendoim forrageiro, com teores de 18,65 e 17,98 g kg^{-1} respectivamente. O esterco bovino aplicado isoladamente expressou um teor abaixo dos demais tratamentos. Andreola et al. (2000) verificaram que plantas de cobertura (aveia preta e nabo forrageiro) quando associados à adubação orgânica elevaram os teores de COT, enquanto fertilizante mineral e organomineral tiveram uma influência à redução, como observado nesse experimento a adição de material orgânico gerou melhorias significativas no teor de COT no solo.

Os maiores teores de C da fração F1 são encontrados nos tratamentos com fosfato de gafsa, fosfato bahia e esterco bovino. Loss et al (2010) afirmam que o fracionamento do carbono orgânico indica maiores teores na fração F1 em virtude de um maior aporte de matéria orgânica via resíduos vegetais, não corroborando com os resultados encontrados nesse trabalho, onde os tratamentos com o resíduo de amendoim forrageiro obtiveram resultados mais baixos.

Para a fração F4 verifica-se que o fosfato de



gafsa e o esterco bovino obtiveram os menores teores (6,05 e 4,77 g kg⁻¹) respectivamente, sendo ao mesmo tempo uma fração de maior labilidade (F1) e de menor resistência (F4).

Com relação ao IMC verifica-se (**Tabela 1**) que todos os tratamentos com exceção apenas do tratamento com fosfato de Araxá, apresentaram eficiência no manejo adotado, sendo o fosfato de gafsa e o esterco bovino os que melhor se destacaram. Valores que seguem também para a labilidade (L) e para o índice de labilidade (IL).

Por ser considerado uma fração lábil, respondendo prontamente aos sistemas de manejo e possuindo uma taxa maior de constituintes orgânicos, as mudanças nos estoques e nas frações de carbono no solo podem ser percebidas geralmente a curto prazo, comparando com o carbono orgânico que possui alterações mais lentas (Heide et al., 2009). Quando esse carbono está ligado aos minerais do solo, essa fração torna-se mais estável, não respondendo de imediato as alterações de práticas de manejo, onde pode ser observado nos tratamentos com fosfato de gafsa e esterco bovino (**Tabela 1**). Essa menor alteração é conferida deste possuir menor ciclagem, devido a seu avançado grau de humificação e estabilidade, uma vez que está ligada a fração mineral do solo, localizado no interior de microagregados e maior recalctrância química em virtude da sua composição (Salton et al., 2005, Heide et al., 2009), refletindo diretamente na labilidade destas frações.

CONCLUSÕES

Os tratamentos combinados proporcionaram aumento no teor de COT.

A aplicação de fosfato de gafsa e esterco bovino apresentou uma fração de maior labilidade, porém de baixa resistência do C no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao Programa de Pós Graduação em Produção Agrícola (UAG-UFRRPE).

REFERÊNCIAS

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; MENDONÇA, E. S.; OLSZEWSKI, N. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 24: 609- 620, 2000.

CAVALCANTI, F. J. A. et al. Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª

aproximação. 3ª Ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, 2008. 212p.

CHAN, K. Y.; BOWMAN, A.; OATES, A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Paleustalf under different pasture leys. Soil Science, 166: 61-67, 2001.

EMBRAPA. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa, 2009. 627p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Rev. Symp. (Lavras), 6: 36- 41. 2008.

HEIDE, D.M.; VITORINO, A.C.T.; TIRLONI, C. & HOFFMANN, N.T.K. Frações orgânicas e estabilidade dos agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico sob diferentes usos. R. Ci. Agr., 51:143-160, 2009.

LEMKE, R.L., VANDENBYGAART, A.J., CAMPBELL, C.A., LAFOND, G.P., GRANT, B. Crop residue removal and fertilizer N: effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. Agriculture, Ecosystems and Environment 135:42–51. 2010.

LOSS, A.; PEREIRA, G.M.; SCHULTZ, N.; dos ANJOS, L.H.C.; SILVA, E.M.R. Quantificação do carbono das substâncias húmicas em diferentes sistemas de uso do solo e épocas de avaliação. Bragantia, 69: 913-922, 2010.

MAIA, S. M. F. *et al.* Organic carbon pools in a Luvisol under agroforestry and conventional farming systems in the semi-arid region of Ceará, Brazil. Agroforestry Systems, 71:127-138, 2007.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; BOENI, M. & CONEILÃO, P.C. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. Dourados, Embrapa Agropecuária do Oeste, 2005. 58p.

YANG, X.; REN, W.; SUN, B.; ZHANG, S. Effects of contrasting soil management regimes on total and labile soil organic carbon fractions in a loess soil in China. Geoderma, 177–178:49-56, 2012.

YEOMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 19: 1467-1476. 1988.



Tabela 1: Carbono orgânico total e frações oxidáveis do carbono em Neossolo regolítico cultivado com milho sob diferentes fontes de fósforo e amendoim forrageiro.

TRAT	F1	F2	F3	F4	COT	ICC	L	IL	IMC
Solo	2,59 a	1,95 b	1,97 c	8,54 b	15,05 c	1,0 f	0,21 b	1,00 a	100 a
FA	2,07 a	3,17 c	2,60 c	8,71 b	16,58 d	0,54 c	0,14 a	1,52 b	83,51 a
FB	2,74a	1,46 b	2,01 c	7,77 b	13,98 b	0,46 b	0,24 b	2,59 c	120,56 a
FG	4,80 e	0,71 a	2,49 c	6,05 a	14,06 b	0,46 b	0,52 e	5,58 e	260,19 d
SS	2,40 a	3,06 c	1,33 b	8,09 b	14,91 c	0,49 b	0,19 a	2,04 b	101,80 a
TF	2,81 b	2,65 c	2,23 c	8,18 b	15,90 c	0,52 c	0,21 b	2,29 c	121,70 a
AF	3,19 b	1,42 b	0,17 a	9,63 c	14,42 c	0,47 b	0,28 c	3,05 d	145,53 b
FAAF	3,11 b	1,57 b	2,27 c	10,32 c	17,29 c	0,57 d	0,22 b	2,35 c	134,81 b
FBAF	3,41 c	1,87 b	2,42 c	9,92 c	17,63 d	0,58 d	0,24 b	2,56 c	150,30 b
FGAF	2,48 a	2,76 c	2,57 c	10,16 c	17,98 e	0,59 e	0,16 a	1,71 b	101,92 a
SSAF	3,19 b	2,95 c	2,34 c	7,06 b	15,55 c	0,51 c	0,26 c	2,77 c	142,84 b
TFAF	3,56 c	2,21 c	1,26 b	10,28 c	17,32 d	0,57d	0,26 c	2,77 c	159,27 b
EB	4,01 d	0,78 a	2,16 c	4,77 a	11,73 a	0,38 a	0,52 e	5,58 e	216,20 c
FAEB	2,59 a	1,87 b	1,30 b	7,72 b	13,48 b	0,44 b	0,24 b	2,53 c	113,49 a
FBEB	4,20 d	1,46 b	1,93 c	11,05 c	18,65 e	0,61 e	0,29 c	3,10 d	191,66 c
FGEB	3,97 d	1,27 b	1,63 b	8,80 b	15,68 c	0,52 c	0,34 d	3,62 d	188,82 c
SSEB	3,86 d	1,87 b	1,71 b	8,28 b	15,73 c	0,52 c	0,32 d	3,47 d	181,13 c
TFEB	3,37 c	1,53 b	2,15 c	9,97 c	17,04 d	0,56 d	0,24 b	2,64 c	149,48 b
CV (%)	12,30	25,62	28,03	12,17	5,07	4,37	16,34	16,6	15,85

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre os tratamentos avaliadas pelo teste de Scott-Knott a 5%.

CV= coeficiente de variação. Solo= Controle; AF= Amendoim forrageiro; FA= Fosfato de Araxá; FB= Fosfobahia; FG= Fosfato de Gafsa; SS= Superfosfato Simples; TF= Termofosfato de Yorin; FA+AF= Fosfato de Araxá+Amendoim forrageiro; FB+AF= Fosfobahia+Amendoim forrageiro; FG+AF= Fosfato de Gafsa+Amendoim forrageiro; SS+AF= Superfosfato Simples+Amendoim forrageiro; TF+AF= Termofosfato de Yorin+Amendoim forrageiro; FA+EB= Fosfato de Araxá+Esterco bovino; FB+EB= Fosfobahia+Esterco bovino; FG+EB= Fosfato de Gafsa+Esterco bovino; SS+EB= Superfosfato Simples+Esterco bovino; TF+EB= Termofosfato de Yorin+ Esterco bovino; EB= Esterco bovino