

Comparação entre metodologias para cálculo do índice de manejo de carbono do solo em São Luís-MA.

Diana Signor⁽¹⁾; Carlos Eduardo Pellegrino Cerri⁽²⁾.

⁽¹⁾ Pesquisadora; Embrapa Semiárido; Petrolina, Pernambuco; diana.signor@embrapa.br; ⁽²⁾ Professor; Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo; cepcerri@usp.br.

RESUMO: Utilizar o índice de manejo de C (IMC) é mais eficiente para avaliar a sustentabilidade de usos ou manejos do solo do que considerar as alterações nos teores total de C no solo. O objetivo desse trabalho foi comparar os IMCs de diferentes usos da terra calculados com a partir dos teores de C lábil determinados por duas metodologias: oxidação da amostra com $K_2Cr_2O_7$ e fracionamento físico da matéria orgânica do solo. Os usos avaliados foram: vegetação nativa, vegetação secundária, fruticultura, horticultura, pastagem melhorada, pastagem degradada e agricultura anual. Com exceção da área de fruticultura, o método da oxidação superestimou os valores de IMC em todos os usos. O IMC calculado pelo fracionamento físico foi mais preciso e permitiu observar melhor as diferenças entre os usos avaliados. Devido à qualidade dos resultados, à praticidade, à não geração de resíduos perigosos e à maior segurança para o usuário, recomenda-se o uso do C lábil obtido no fracionamento físico da matéria orgânica para cálculo do índice de manejo de C do solo.

Termos de indexação: C lábil do solo, fracionamento físico da matéria orgânica.

INTRODUÇÃO

Alterações na matéria orgânica do solo (MOS) podem ser medidas através de mudanças no conteúdo total de C no solo, em suas frações químicas, físicas ou em combinações destas (Blair et al., 1997). Entretanto, o uso do conteúdo total de C tem um valor limitado já que pequenas mudanças são difíceis de serem detectadas (Blair et al., 1995). Em função do cultivo agrícola, as formas lábeis de C no solo podem diminuir ou aumentar em intensidades muito maiores que o conteúdo de C total ou que as formas não lábeis, sendo, portanto, o indicador mais sensível da dinâmica de C em determinado sistema (Blair et al., 1997).

O conteúdo de C lábil em determinada área pode ser interpretado em combinação com dados de um solo tomado como referência (geralmente não cultivado), desenvolvido sob a mesma condição climática e sob solo com a mesma mineralogia daquele da área de interesse, para calcular um índice de manejo de carbono (IMC). Esse índice

representa uma medida da sustentabilidade relativa de diferentes sistemas e pode ser usado para comparar as mudanças que ocorrem nos conteúdos de C lábil e C total em decorrência de práticas agrícolas (Blair et al., 1997).

Várias metodologias podem ser usadas para a determinação dos conteúdos de C lábil e não lábil em amostras de solo e, conseqüentemente, para o cálculo do IMC. Blair et al. (1995) propuseram a determinação do C lábil do solo através da oxidação por $KMnO_4$ 333 mmol L^{-1} e o cálculo do teor de C não lábil pela diferença entre o C total e o C lábil da amostra. Chan et al. (2001) sugeriram uma modificação nesse método e propuseram que se faça a determinação de quatro frações de C com diferentes labilidades por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ em diferentes níveis de acidez. Dieckow et al. (2005) e Vieira et al. (2007) sugeriram que a fração leve da MOS, obtida por fracionamento físico, seja utilizada para representar o C lábil do solo no cálculo do IMC, porque esta fração possui reduzido tempo de ciclagem no solo (Lisboa et al., 2009) e reflete diretamente a quantidade de material depositado no solo (Vergutz et al., 2010).

O objetivo desse trabalho foi comparar o IMC calculado a partir de duas metodologias para determinação do teor de C lábil do solo (oxidação do C por $K_2Cr_2O_7$ em diferentes níveis de acidez e fracionamento físico da matéria orgânica do solo) em solos sob diferentes usos em São Luís-MA.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de São Luís-MA, onde o clima é tropical, quente e úmido, com temperatura média de 32°C e precipitação anual de 2.326 mm. Foram avaliados diferentes usos da terra, sob Latossolo Amarelo (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos): vegetação nativa (floresta), vegetação secundária (capoeira), pastagem melhorada (capineira), pastagem degradada, fruticultura, horticultura e agricultura anual. A vegetação nativa representa a vegetação original da área, sendo considerada referência para as comparações com os demais usos.

Em cada área foi alocado um transecto de 300 metros de comprimento, ao longo do qual foram coletadas cinco amostras de solo compostas (duas

amostras simples) (0-10 cm de profundidade). Essas amostras foram utilizadas para as determinações dos teores de C total, C lábil e fracionamento físico da MOS. As características físicas e químicas dos solos avaliados são apresentadas na **tabela 1**.

Os teores totais de C foram determinados por combustão seca. O teor de C lábil foi determinado por oxidação de 0,5 g de solo (tamizado a 0,5 mm) com 10 mL de dicromato de potássio ($0,167 \text{ mol L}^{-1}$) em diferentes níveis de acidez (Chan et al., 2001). A análise foi realizada em triplicata e cada subamostra recebeu 5 mL (fração 1), 10 mL (fração 2) ou 20 mL (fração 3) de ácido sulfúrico concentrado. Os teores de C foram determinados por titulação com sulfato ferroso amoniacal ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$), utilizando como indicador difenilamina sulfonato de bário. O C lábil corresponde à fração 1 e o C não lábil é obtido por diferença entre o C total e o C lábil.

Para o fracionamento físico da MOS, uma suspensão contendo 20 g de solo (terra fina seca ao ar) e 70 mL de água foi submetida a 15 minutos de dispersão em aparelho ultrassônico (Sonics Vibracell). Após a dispersão, as amostras foram separadas, por peneiramento úmido (Christensen, 1992), em frações com as seguintes classes de tamanho: 53 a 2000 μm e menor que 53 μm . A fração com tamanho entre 53 e 2000 μm foi separada por flotação em água em fração orgânica e fração mineral. Após a separação, as frações foram secas em estufa com circulação de ar (45°C), pesadas e moídas em gral de porcelana e os teores de C foram determinados por combustão seca.

O IMC foi calculado de duas formas distintas: (i) considerando o C lábil como a fração oxidada por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em meio pouco ácido (Chan et al., 2001); (ii) considerando o C lábil como a fração da MOS com tamanho entre 53 e 2000 μm (Dieckow et al., 2005; Vieira et al., 2007).

Nos dois casos, o IMC foi calculado por: $\text{IMC} = \text{índice de compartimento de C (ICC)} \times \text{índice de labilidade (IL)} \times 100$. Neste cálculo, $\text{ICC} = \text{teor de C na amostra (g kg}^{-1}\text{)} / \text{teor de C na área de referência (g kg}^{-1}\text{)}$; $\text{IL} = \text{labilidade do C na amostra (Lam)} / \text{labilidade do C na área de referência (Lref)}$; $\text{L} = \text{C lábil} / \text{C não lábil}$ (Blair et al., 1995).

Os resultados dos IMCs obtidos por oxidação (IMC_{ox}) e pelo fracionamento físico (IMC_{fr}) foram submetidos à análise de variância pelo método de Kruskal-Wallis (teste não paramétrico), com comparação de médias pelo teste de Bonferroni (Dunn) a 5% probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os IMCs obtidos por oxidação e pelo fracionamento físico da MOS são apresentados na **figura 1**. Em ambos os casos, como preconiza o método proposto por Blair et al. (1995), o IMC da área de vegetação nativa foi 100%.

Com exceção da área de fruticultura, nos demais usos o IMC_{ox} foi maior que o IMC_{fr} . Vieira et al. (2007) explicam que o fracionamento físico separa a matéria orgânica que não está ligada à fração mineral (fração leve), enquanto o fracionamento químico pode atacar também parte da fração orgânica ligada aos minerais (fração menor que 53 μm), superestimando a quantidade de C lábil no solo e o IMC. Além disso, em todos os usos, o erro-padrão da média foi maior quando o IMC foi calculado pelo método de oxidação com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Esse comportamento faz sentido se considerarmos que uma porção desconhecida e variável do C não lábil pode estar sendo quantificada como C lábil quando se usa o método de oxidação por $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.

Quando o IMC foi determinado pelo método de oxidação, as áreas de pastagem melhorada e horticultura apresentaram os melhores desempenhos, porém não diferiram estatisticamente das áreas de vegetação nativa, agricultura anual e vegetação secundária (**Tabela 2**). Os menores IMCs foram observados na pastagem degradada e na fruticultura. Contudo, esses valores foram estatisticamente semelhantes aos IMCs de vegetação nativa, agricultura anual e vegetação secundária.

O IMC_{fr} discriminou melhor as diferenças entre os usos da terra avaliados nesse estudo. O maior IMC ocorreu na área de vegetação nativa, seguido pela área de pastagem melhorada (**Tabela 2**). Em seguida, vieram os IMCs de horticultura e vegetação secundária, que foram estatisticamente semelhantes entre si. Os menores IMCs foram observados nas áreas de agricultura anual e pastagem degradada, refletindo a menor quantidade e qualidade (menor conteúdo de C lábil) dos resíduos adicionados pelas culturas nessas áreas.

Nossos resultados confirmam as observações de Diekow et al. (2005) e Vergutz et al. (2010), que afirmam que, na comparação da sustentabilidade da MOS em diferentes sistemas de manejo, o IMC calculado a partir da fração leve da MOS é melhor que o IMC calculado com o C lábil obtido por oxidação com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Todavia, em ambos os casos o IMC é um índice relativo da labilidade do C no solo e permite uma avaliação comparativa dos sistemas de manejo (Vieira et al., 2007). Dessa forma, o IMC deve ser considerado apenas como um indicador da qualidade do solo e não como um

índice de qualidade do solo, porque vários outros fatores além da labilidade do C interferem na qualidade do solo (De Bona et al., 2008).

Tabela 1 – Comparação de médias (média ± erro-padrão) entre os índices de manejo de carbono obtidos por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ e pelo fracionamento físico da matéria orgânica do solo sob diferentes usos da terra em São Luís-MA. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (Dunn) a 5% de probabilidade

	Oxidação com $K_2Cr_2O_7$		Fracionamento físico	
	Média	Letra	Média	Letra
Vegetação Nativa	100,00	AB	100,00	A
Vegetação Secundária	89,85±21,29	AB	37,53±2,46	CD
Fruticultura	59,49±14,20	B	47,50±10,11	BC
Horticultura	139,58±45,01	A	39,21±6,66	CD
Pastagem Degradada	62,80±10,65	B	28,91±4,10	D
Pastagem Melhorada	143,21±31,21	A	57,83±4,71	B
Agricultura Anual	94,81±33,48	AB	30,81±4,26	D

CONCLUSÕES

Nos solos avaliados nesse estudo, o método da oxidação superestima o conteúdo de C lábil no solo e o IMC em comparação com o fracionamento físico da MOS.

O uso do C lábil obtido no fracionamento físico da MOS gera IMCs com menor variação que os IMCs obtidos por oxidação, permitindo também observar melhor as diferenças entre os usos avaliados.

Devido à facilidade metodológica em relação ao método de oxidação com $K_2Cr_2O_7$ e à não geração de resíduos, sugere-se utilizar o C lábil obtido no fracionamento da MOS para calcular o IMC.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), à Embrapa Cocais e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ/USP).

REFERÊNCIAS

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil Carbon Fractions Based on their Degree of Oxidation, and the

Development of a Carbon Management Index for Agricultural Systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, 46:1459-1466, 1995.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; SINGH, B.P. et al. Development and use of a carbon management index to monitor changes in soil C pool size and turnover rate. In: CADISCH, G.; GILLER, K. E., ed. *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. London: CAB International, 1997. p. 273-281.

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

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science*, 20: 1-90, 1992.

DE BONA, F.D.; BAYER, C.; DIECKOW, J. et al. Soil quality assessed by carbon management index in a subtropical Acrisol subjected to tillage systems and irrigation. *Australian Journal of Soil Research*, 46: 469-475, 2008.

DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H. et al. Carbon and nitrogen stocks in physical fractions of a subtropical Acrisol as influenced by long-term no-till cropping systems and N fertilisation. *Plant and Soil*, 268: 319-328, 2005.

LISBOA, C.C.; CONANT, R.T.; HADDIX, M.L. et al. Soil carbon turnover measurement by physical fractionation at a forest-to-pasture chronosequence in the Brazilian Amazon. *Ecosystems*, 12:1212-1221, 2009.

VERGUTZ, L.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R. et al. Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvipastoril com eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 43-57, 2010.

VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A. et al. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 96: 195-204, 2007.

Tabela 2 – Caracterização química e física de solos sob diferentes usos da terra avaliados nesse estudo

Uso da terra	Areia	Silte g kg ⁻¹	Argila	pH (água)	P mg dm ⁻³	K	Na	Ca c molc dm ⁻³	Mg	Al	H+Al
Vegetação nativa	884,6±11,7	34,4±5,2	81,0±9,4	4,5±0,03	5,3±1,7	0,06±0,017	0,06±0,010	0,5±0,1	0,8±0,1	1,6±0,04	13,1±1,2
Vegetação secundária	834,8±6,3	28,6±1,0	136,2±6,0	4,4±0,04	6,2±1,0	0,06±0,007	0,03±0,002	0,5±0,1	0,8±0,2	1,3±0,10	10,6±0,8
Fruticultura	912,4±5,2	27,4±2,7	60,0±6,1	4,9±0,10	11,0±2,1	0,09±0,01	0,05±0,01	0,9±0,1	1,0±0,2	0,5±0,02	5,9±0,7
Horticultura	833,8±9,6	32,4±3,1	133,4±9,5	5,5±0,10	61,2±21,9	0,10±0,04	0,05±0,01	0,8±0,2	0,6±0,2	0,5±0,10	6,1±0,6
Pastagem degradada	866,2±6,7	27,8±4,5	105,8±9,4	4,9±0,07	4,5±1,1	0,03±0,003	0,02	0,8±0,2	0,7±0,3	0,7±0,10	8,4±0,8
Pastagem melhorada	803,6±25,4	35,2±1,5	161,0±25,7	5,2±0,10	12,6±5,1	0,07±0,006	0,03±0,002	2,1±0,2	1,3±0,1	0,2±0,02	7,3±1,2
Agricultura anual	827,0±4,8	27,2±5,1	145,8±5,2	5,2±0,10	10,7±3,2	0,07±0,008	0,02±0,002	1,2±0,1	0,9±0,2	0,2±0,02	9,5±0,7

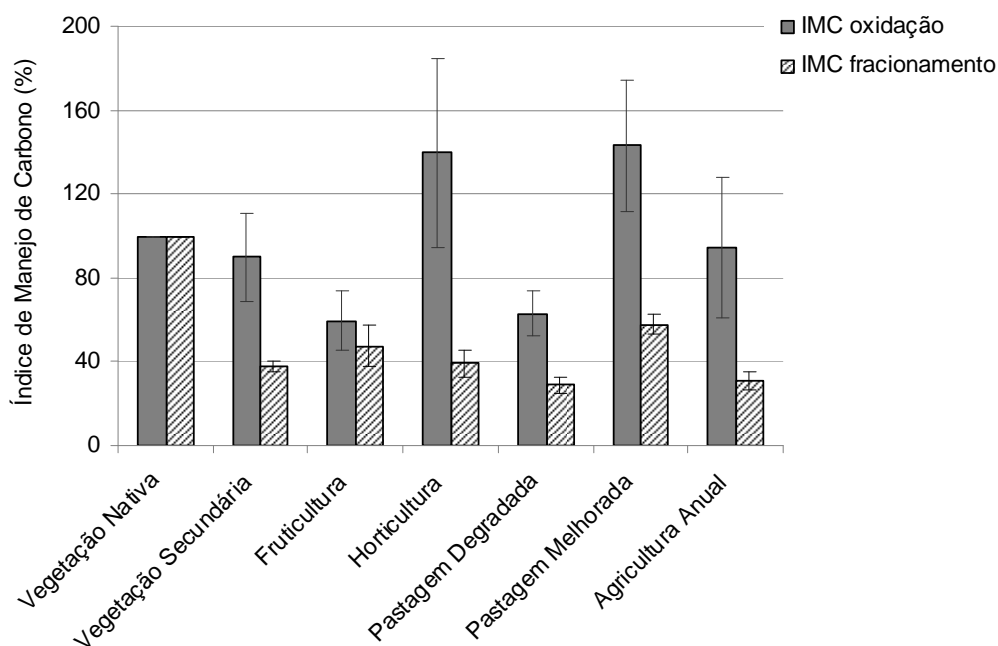


Figura 1 - Índices de manejo de carbono do solo calculados a partir dos resultados obtidos por oxidação da amostra de solo com $K_2Cr_2O_7$ e pelo fracionamento físico da matéria orgânica do solo. Barras verticais indicam o erro-padrão da média