

RECUPERAÇÃO DO CARBONO ATRAVÉS DO SISTEMA PLANTIO DIRETO VISANDO A SUSTENTABILIDADE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Paulo Rogério Borszowski¹, Everaldo Skalinsk Ferreira¹, Márcia Liber²

¹Professor do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (paulorogério@cescage.edu.br; eskalinsk@yahoo.com.br)

²Acadêmica do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (marcialiber16@hotmail.com)

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de sequestro de C e a taxa de conversão dos resíduos culturais em C no solo, utilizando um modelo unicompartmental para estimativa dos parâmetros do balanço de C, como indicador da sustentabilidade do sistema de produção. O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Escola do CESCAGE, na safra agrícola de 2010/2011, município de Ponta Grossa, PR. O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi um arranjo fatorial 3x3 em blocos aleatorizados, com três repetições. Onde os fatores analisados foram três sistemas: (FLN); (SSD), e (SC), e três profundidades de coleta de solo para a mensuração do teor de C (0-10, 10-20 e 20-30 cm). Determinou-se os seguintes parâmetros: densidade do solo carbono orgânico e balanço de carbono. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo SISVAR 5.0, utilizando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Como resultado observou-se efeito correlativo entre os sistemas analisados (FL, SSD e SC) e também para as camadas do solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm). A interação entre os sistemas e os teores de C-OX encontrados nas respectivas camadas, mostrou-se significativo. O revolvimento do solo e a diminuição nas taxas de entrada de resíduos em áreas sob SC rapidamente diminuem os teores de C.

Palavras chave: Oxidação do C, Balanço, mitigação de C

Tema 3 – Tecnologias para redução do impacto ambiental

Abstract

The aim of this study was to evaluate the rate of C sequestration and the rate of conversion of crop residues in soil C, using a model to estimate parameters unicompartmental balance of C, as an indicator of sustainability of production. This work was carried out at CESCAGE, in 2011, Ponta Grossa, Parana. The soil was classified as Oxisol typical clay. The experimental design was a randomized 3x3 factorial arrangement. The factors analyzed were three systems: Native Forest (NLF); no tillage system (NTS), held on crop residues retained on the soil surface and Conventional System (CS), conducted by plowing for up to 20 cm depth followed two operations with harrowing) and three depths of soil collected for the measurement of C content (00-10, 10-20 and 20-30 cm). It was determined the following parameters: soil organic carbon density and carbon balance. The results were subjected to analysis of variance by SISVAR 5.0, using the Tukey test at 5% probability. As a result there was correlative effect between the systems analyzed (FL, SC, and SSD) and also for the soil layers (0-10, 10-20 and 20-30 cm). The interaction between systems and levels of C-OX found in the respective layers, proved to be significant. The soil disturbance and decreased rates of waste input in areas under SC rapidly decrease the levels of C.

Keywords: Oxidation of C, Swing, C mitigation

1 Introdução

O estoque global de carbono (C) distribui-se em quatro principais reservatórios: os oceanos, a atmosfera, os ecossistemas terrestres e as formações geológicas que contêm C fóssil e mineral, os quais estão em equilíbrio, podendo a alteração em um deles, determinar mudanças nos outros reservatórios (Lal et al., 1995). Os ecossistemas terrestres que compreendem a vegetação e o solo são considerados atualmente como um grande sumidouro de C, especialmente os solos. Há várias maneiras pelo qual o manejo apropriado da biosfera, particularmente do solo, pode resultar em significativa redução no aumento dos gases de efeito estufa (GARRITY et al., 2001).

Sistemas de manejo que aumentem a adição de resíduos vegetais e a retenção de C no solo se constituem em alternativas importantes para aumentar a capacidade de dreno de C-CO₂ atmosférico e mitigação do aquecimento global (Amado et al., 2001; Bayer et al., 2006).

O balanço de C no solo é dependente da relação entre as adições de C fotossintetizado pelas plantas (parte aérea e raízes) e as perdas de C para a atmosfera resultante da oxidação microbiana do C-orgânico a CO₂. A magnitude desses processos pode ser avaliada em experimentos pela quantificação dos estoques de C orgânico no solo, em comparação ao estoque inicial de C-solo (Costa et al., 2006). A qualidade do C da vegetação depende muito do clima (principalmente temperatura do ar e chuvas), do tipo de vegetação e da fertilidade do solo (solos férteis resultam em plantas maiores que contêm mais C a ser depositado no solo). Os processos de transformação do C são fortemente influenciados pelo clima, tipo e qualidade da matéria orgânica (M.O.) e suas associações químicas e físico-químicas com os componentes minerais do solo (MACHADO, 2005).

O preparo de solo e o manejo de culturas afetam as taxas metabólicas dos microrganismos nos processos de decomposição dos resíduos vegetais e da matéria orgânica no solo (MOS), as quais são influenciadas pela temperatura, umidade do solo (La Scala Jr. et al., 2006). Geralmente, a atividade decompositora dos microrganismos atinge valores elevados no período imediatamente posterior ao revolvimento do solo, o qual é associado às estações de temperatura mais elevada no Sul do Brasil, decrescendo posteriormente à atividade basal, devido à redução ao mínimo das frações orgânicas de fácil decomposição (Paul & Clark, 1996; La Scala Jr. et al., 2006).

Dessa forma, sistemas de manejo com menor emissão de C-CO₂ por unidade de C na MOS e em resíduos vegetais apresentam maior potencial de conservação de C no solo, em comparação com sistemas de maior emissão de C-CO₂ por unidade de C potencialmente disponível para oxidação microbiana. Em solos sob vegetação natural, a preservação da MO tende a ser máxima, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo o aporte de C nas florestas mais elevado do que em áreas cultivadas. Em áreas cultivadas, os teores de MO, via de regra, diminuem, já que as frações orgânicas são mais expostas ao ataque de microrganismos, em função do maior revolvimento e desestruturação do solo, (BATJES, 1998). O conhecimento dos estoques de C e de sua dinâmica no solo em sistemas naturais e agroecossistemas é importante no desenvolvimento de tecnologias para estabelecer sistemas sustentáveis, bem como para analisar o papel do solo como fonte ou depósito do C-CO₂ da atmosfera (Corazza et al. 1999). Neste contexto, objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de sequestro de C e a taxa de conversão dos resíduos culturais em C no solo, utilizando um modelo unicompartmental para estimativa dos parâmetros do balanço de C, como indicador da sustentabilidade do sistema de produção.

2 Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Escola do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais - CESCAGE, na safra agrícola de 2010/2011, município de Ponta Grossa,

Paraná, sob as coordenadas 25° 10'38" S de latitude e de 50° 06'53" W de longitude. O clima segundo a classificação de Köppen é subtropical úmido (cfb) mesotérmico, com verões frescos e geadas frequentes no inverno, com temperatura média de 22° C e 18 ° C, no mês mais quente e frio, respectivamente, sem estação seca definida (IAPAR, 2010). O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho (Typic Hapludox) distrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2009). O delineamento experimental utilizado foi um arranjo fatorial 3x3, delineamento de blocos aleatorizados (DBA) com três repetições. Onde os fatores analisados foram três sistemas: Floresta nativa (FLN); Sistema de Semeadura Direta (SSD), realizada sobre resíduos culturais mantidos na superfície do solo e Sistema Convencional (SC), realizado através de uma aração para atingir 20 cm de profundidade seguido de duas operações com grade niveladora) e três profundidades de coleta de solo para a mensuração do teor de C (0-10, 10-20 e 20-30 cm).

Determinação de densidade do solo: As amostras para a determinação da densidade do solo foram coletadas através da abertura de minitrincheiras com dimensões de 20 cm x 50 cm (área) x 30 cm (profundidade). Coletou-se amostras indeformadas, utilizando anéis de aço inox com diâmetro e altura de 5 cm, Blake & Hartge (1986), acoplados em um amostrador, para a introdução e retiradas dos anéis, para cada camada de solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm).

Determinação do carbono orgânico oxidável (C-ox): O acúmulo de C foi determinado após a coleta e o preparo do solo. As amostras de solo foram secas ao ar, homogeneizadas, destorroadas, passadas em peneiras de 100 mesh. Foi determinado o Carbono oxidável (C-OX) pelo método Walkley-Black (adaptado) com digestão das amostras (H₂ SO₄, 96%) e posterior titulação de oxiredução, com sulfato ferroso amoniacal Fe (NH₄)₂ (SO₄)₂ .6H₂O a 0,5 mol/L. O final da titulação é atingido, quando a coloração escura se altera para verde (Camargo, 1986; Embrapa, 1999).

Balanco de carbono: O modelo para a previsão do comportamento da matéria orgânica do solo é o unicompartimental proposto por Henin & Dupuis (1945). Este modelo é, na realidade, um balanço anual de entradas e saídas orgânicas no sistema solo, sem levar em conta a cinética intra-anual, onde: dC/dt = taxa anual de variação do carbono orgânico do solo em t ha⁻¹; A = quantidade de carbono orgânico adicionado anualmente em t ha⁻¹; K1 = coeficiente de humificação, ou seja, percentual de carbono adicionado anualmente que passa a constituir o carbono orgânico do solo; C = quantidade de carbono orgânico do solo em t ha⁻¹; K2 = coeficiente anual de perda do carbono orgânico do solo por oxidação. Tanto o incremento (K1A) como a perda anual da matéria orgânica humificada (K2C) variam de acordo com o tipo de solo, sistema de culturas e sistema de manejo utilizado.

Parâmetros adicionais para o balanço de c dos sistemas de manejo: Índice de colheita: refere-se à quantidade palhada produzida por unidade grão, expresso em Mg de palhada por Mg de grão colhido. Índice de massa seca de raiz: refere-se à quantidade de massa seca de raiz produzida por Mg de grãos, ou seja, porcentagem da produção de grãos que corresponde em massa seca de raiz. Porcentagem de carbono na palhada: refere-se ao conteúdo de C nos resíduos culturais das espécies, conforme Sá et al. (2001) e Pavei (2005). K1: refere-se ao coeficiente de humificação para o sistema de rotação de culturas envolvendo a aveia preta/milho/aveia preta/soja/trigo/soja em um experimento de longa duração na região dos Campos Gerais em um Latossolo Vermelho argiloso (Sá et al., 2001). K2: refere-se ao coeficiente de oxidação da MOS. Para o cálculo do balanço de C, foi utilizado o coeficiente proposto por Sá et al., 2006 (K2 = 0,023) em experimento de longa duração em um Latossolo Vermelho argiloso situado na mesma região climática do presente estudo. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo SISVAR 5.0, utilizando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito correlativo entre os sistemas analisados (FL, SSD e SC) e também para as camadas do solo (0-10, 10-20 e 20-30 cm). A interação entre os sistemas e os teores de C-OX encontrados nas respectivas camadas, mostrou-se significativo. O revolvimento do solo e a diminuição nas taxas de entrada de resíduos em áreas sob Sistema Convencional (SC) rapidamente diminuem a qualidade do solo (Tabela 1). O revolvimento do solo e a diminuição nas taxas de entrada de resíduos em áreas sob Sistema Convencional (SC) rapidamente diminuem a qualidade do solo (Tabela 1).

Tabela 1: Valores médios referente à Carbono Orgânico (C-OX) e Matéria Orgânica (M.O.) obtidos em diferentes sistemas: Floresta nativa (FLN), Sistema de Semeadura Direta (SSD) e Sistema Convencional (SC) em três camadas de solo distintas, Ponta Grossa, PR, 2010.

Sistema	(C-OX g kg ⁻¹)			(M.O. g kg ⁻¹)		
	Camada do solo (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
FLN	72,70 A	63,93 A	55,95 A	125,04 A	109,97 A	96,24 A
SSD	65,07 B	62,76 A	51,27 B	111,91 B	107,95 A	88,18 B
SC	17,73 C	13,50 B	11,57 C	30,50 C	23,21 B	19,89 C
C.V. (%)	3,12	2,15	2,23	4,45	5,43	3,47

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 1% ($Pr < 0,05$).

O manejo do solo com sistemas de revolvimento intenso para cultivo de culturas anuais tem acelerado o processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas dos solos nesta região (Resck, 1997). O estoque carbono apresenta rápida queda quando o solo é submetido a sistemas de preparo com intenso revolvimento (Silva et al., 1994), neste caso a utilização do Sistema Convencional (SC) durante apenas cinco anos, acarretou em uma perda de 54,97; 50,43 e 44,38 g kg⁻¹ respectivamente para as camadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm quando compara a FLN e 47,34; 49,26 e 39,70 g kg⁻¹ respectivamente quando compara ao SSD. A quantificação da M.O. foi realizada a partir do teor de C-OX, utilizando-se o fator de van Bemmelen (1,724), com base no pressuposto de que a M.O. contém 58% de carbono orgânico. A fórmula empregada foi M.O. (g kg⁻¹) = carbono (g kg⁻¹) * 1,724, (Walkley, 1934).

A recuperação do estoque de M.O. em solos agrícolas se verifica logo nos primeiros anos de adoção das práticas conservacionistas e pode se estender por décadas (Amado, 1999). Os processos de incremento do teor de M.O. e agregação ocorrem de forma interdependente resultando em gradativo aumento da qualidade do solo. Evidentemente que as condições de clima, relevo, solo, drenagem e manejo irão determinar as taxas de aumento do teor de M.O. (Amado, 1999). Com o preparo intenso do solo, visando o cultivo de culturas anuais, ocorre o rompimento dos agregados do solo, com aumento nas taxas de perda de carbono do solo e redução na taxa de adição de resíduos culturais (REICOSKY & LINDSTROM, 1993; BAYER, 1996). O preparo convencional do solo tem conduzido a uma redução média na ordem de 30 a 50% no conteúdo original de M.O. (SCHLESINGER, 1985), no estudo em análise a média de redução estimou-se em 78%.

SÉGUY et al. (2006) estimaram, em condições de clima subtropical com presença de erosão, perdas de C de 1,0 a 1,4 t ha⁻¹ ano⁻¹ verificadas principalmente na camada de 0-10 cm. POTKER (1977) estimou que em 15 anos de utilização do preparo convencional houve uma redução de 50% no conteúdo de M.O. original dos solos do Rio Grande do Sul. A intensidade da redução no estoque de carbono no solo é consequência da intensidade, profundidade e frequência de preparo, da quantidade de resíduos retornados ao solo, do tipo de solo e clima (RASMUSSEN & COLLINS, 1991). O revolvimento do solo e a diminuição nas taxas de entrada de resíduos em áreas desflorestadas rapidamente diminuem a qualidade do solo, diminuindo assim o estoque de carbono (Tabela 2).

Com a finalidade de reverter o ciclo de degradação do solo e ambiente, a partir da década de 80, iniciou-se a adoção do Sistema de Semeadura Direta (SSD). A palhada na superfície do solo em SSD promove aumento da infiltração e do armazenamento de água no solo, diminuição da temperatura superficial, aumento da atividade microbiana, e acúmulo superficial de nutrientes e de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, entre outros (Bayer & Mielniczuk, 1999). Neste contexto elaborou-se um plano de recuperação do C, calculando o balanço obtido através da conversão da área sob Sistema Convencional (Tabela 2) para Sistema de Semeadura Direta, utilizando um sistema de rotação de culturas comumente utilizado no município de Ponta Grossa – PR, evidenciando culturas de valor econômico e de alta biomassa, tabela 3.

Tabela 2: Balanço de carbono estimado pelo modelo unicompartmental (HENIN & DUPUIS, 1945) na área sob Sistema Convencional (SD) e suas respectivas culturas (1º ano, atual 2010), 2º, 3º e 4º ano progressões geradas a partir da rotação utilizada.

Ano	Cultura	Produção de Biomassa			Total anual MS entrada	Total MS entrada em 1 ano	Centrada por: Resíduos culturais	C anual entrada	A*K1 Anual	C Estoque	K2 mensuração	C*K2 (anual)	C Balanço	
		Produção	MS - aérea	MS - raiz									MS - Total	dC/dt ≠ 0
Mg ha ⁻¹														
1º ano	Milho	4,00	6,48	0,72	7,20		3,35							
	Aveia preta	0,00	2,00	0,20	2,20	9,40	1,02	4,37	0,84	16,80	0,023	0,39	0,45	
2º ano	Milho	4,00	6,48	0,72	7,20		3,35							
	Aveia preta	0,00	2,00	0,20	2,20	9,40	1,02	4,37	0,83	17,25	0,023	0,40	0,44	
3º ano	Milho	4,00	6,48	0,72	7,20		3,35							
	Aveia preta	0,00	2,00	0,20	2,20	9,40	1,02	4,37	0,83	17,69	0,002	0,04	0,79	
4º ano	Milho	4,00	6,48	0,72	7,20		3,35							
	Aveia preta	0,00	2,00	0,20	2,20	9,40	1,02	4,37	0,83	18,49	0,023	0,43	0,41	2,09

MS: Matéria seca

Tabela 3: Balanço de carbono estimado pelo modelo unicompartmental (HENIN & DUPUIS, 1945) convertendo a área de Sistema Convencional (SD) para Sistema de Semeadura Direta (SSD), incluindo sistemas de rotação de culturas comumente utilizadas no município de Ponta Grossa – Paraná.

Ano	Cultura	Produção de Biomassa			Total anual MS entrada	Total MS entrada em 1 ano	Centrada por: Resíduos culturais	C anual entrada	A*K1 Anual	C Estoque	K2 mensuração	C*K2 (anual)	C Balanço	
		Produção	MS - aérea	MS - raiz									MS - Total	dC/dt ≠ 0
Mg ha ⁻¹														
1º ano	Trigo	3,50	4,24	0,53	4,76		2,15							
	Soja	3,50	5,53	0,70	6,23	28,98	2,44	4,59	0,88	16,80	0,023	0,39	0,49	
2º ano	Aveia preta + ervilhaca	0,00	3,81	0,88	4,69		2,11							
	Soja	3,50	5,53	0,70	6,23	25,33	2,44	4,55	0,87	17,29	0,023	0,40	0,47	
3º ano	Aveia preta + ervilhaca	0,00	3,81	0,88	4,69	25,34	2,11	4,55	0,87	17,76	0,023	0,41	0,46	
4º ano	Milho	9,50	15,39	2,19	17,58		8,17							
	Trigo	3,50	4,24	0,53	4,77	57,68	2,15	10,32	1,97	18,22	0,023	0,42	1,55	2,97

Foi possível observar que em apenas quatro anos houve uma recuperação do carbono, que passou de 2,09 Mg ha⁻¹ (Sistema Convencional, Tabela 2) para 2,97 Mg ha⁻¹ (Sistema Semeadura Direta, Tabela 3). O coeficiente k1 normalmente é pouco afetado pelas práticas de manejo. No entanto, a forma de adição do C ao solo pode ter influência nos valores de k1, sendo os maiores valores observados para o C adicionado pelo sistema radicular (Bolinder et al., 1999). Neste contexto, culturas com sistema radicular abundante e agressivo, como gramíneas forrageiras perenes, que alocam uma maior fração do C fotossintetizado para as raízes do que culturas anuais (Shamoot et al., 1968), serão mais eficientes em aumentar os

estoques de C do solo. A taxa de perda da matéria orgânica (k_2) é bastante influenciada pelo revolvimento do solo, o qual estimula a ação dos microrganismos decompositores. Em um mesmo solo, o revolvimento pode duplicar o valor de k_2 em relação a um sistema de manejo sem revolvimento (Bayer et al., 2000), sendo esse efeito menos pronunciado em solos de textura argilosa e com mineralogia oxidica (Bayer, 2000).

Em síntese, um sistema de manejo que objetiva recuperar estoques de C do solo deve maximizar as entradas (k_{1A}) e minimizar as perdas (k_{2C}) anuais de C no solo. Os resultados desse estudo mostram que o SSD associado à rotação de culturas com o retorno de adequada quantidade de resíduos culturais conduz o solo a atuar mais como dreno do que como fonte de CO_2 . O acúmulo da MOS dentro de novos agregados é o primeiro passo para o sistema e constitui o componente-chave do SSD. Esse mecanismo proporciona a proteção física da MOS, que atua como agente de ligação entre os microagregados na formação de macroagregados (Six et al., 2002). O manejo da MOS deve ser considerado como a base do planejamento para o sucesso desse sistema, proporcionando maior sustentabilidade ao produtor e a sua produção de alimento.

4 CONCLUSÃO

O Sistema Convencional obteve um teor de carbono inferior ao Sistema de Semeadura Direta, devido ao menor teor de resíduos culturais e o revolvimento destes, ocasionando rápida oxidação da matéria orgânica. O Sistema de Semeadura Direta com a adequada adição de resíduos culturais é um sistema sustentável, o qual promove incremento de carbono.

5 REFERENCIAS

AMADO, T., J., C.. **Matéria Orgânica Do Solo No Sistema Plantio Direto: A Experiência Do Rio Grande Do Sul**. 1999.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. **Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental**. R. Bras. Ci. Solo, 25:189-197, 2001

BATJES, N.H. Mitigation of atmospheric CO_2 concentrations by increased carbon sequestration in the soil. **Biol. Fertil. Soils**, v.27, p.230-235, 1998.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. & DIECKOW, J. **Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till**. Soil Till. Res., 86:237-245, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & MARTIN-NETO, L. **Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO_2** . R. Bras. Ci. Solo, 24:599-607, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo**. Porto Alegre, 1996. 240p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul.

BLAKE, G.R.; HARTAGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) Methods of soil analysis. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy. pt.1: Physical and mineralogical methods, **Agronomy**, v.9, p.364-367, 1986.

BOLINDER, M.A.; ANGERS, D.A.; GIROUX, M. & LAVERDIÈRE, M.R. **Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea mays* L.)**. Plant Soil, 215:85- 91, 1999.

CAMARGO, O. A. de. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos. Campinas: IAC, 1986. 43p.

CORAZZA, E., J.; SILVA, J., E.; RESCK, D., V., S.; GOMES, A., C. **Comportamento De Diferentes Sistemas De Manejo Como Fonte Ou Depósito De Carbono Em Relação À Vegetação De Cerrado**. R. Bras. Ci. Solo, 23:425-432, 1999

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. & WOBETO, C. **Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional**. R. Bras. Ci. Solo, 27:527- 535, 2003.

EMBRAPA. **Mapa de Solos Do Paraná**. Legenda Atualizada. Rio de Janeiro. 2009, pg. 74.
EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

GARRITY, D.; FISHER, M. **Proceedings of the Workshop on Tropical Agriculture in Transition: Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions, Center for Development Research**. Bonn, Germany, 2001.

HÉNIN, S.; DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique des sols. Annales de **Agronomie**, v. 15, p.161 – 172, 1945.

IAPAR. **Agrometeorologia**. Disponível em: <http://www.iapar.br>. Acesso em: 05 mar. 2009.

LA SCALA Jr., N.; BOLONHEZI, D. & PEREIRA, G.T. **Shortterm soil CO² emission after conventional and reduced tillage of a no till sugar cane area in Southern Brazil**. Soil Till. Res., 91:244-248, 2006.

LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R., KIMBLE, J. M., LEVINE, E. AND STEWART, B. A. (ed.). **Soil management greenhouse effect**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1995. p. 293 – 307.

MACHADO, P.O. **Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global**. Quim. Nova, v. 28(2): 239-334, 2005.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2.ed. San Diego, Academic Press, 1996. 340p.

PAVEI, M.A., Decomposição de resíduos culturais e emissão de gases do efeito estufa em sistemas de manejo do solo em Ponta Grossa. 2003 - 2004, 114 p. **Dissertação de Mestrado**

em **Ecologia de Agroecossistemas** – Universidade de Sao Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2005.

PÖTTKER, D. **Efeito do tipo de solo, tempo de cultivo e da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul.** 1977. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RASMUSSEN, P.E.; COLLINS, H.P. Long-term impacts of tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. **Advances in Agronomy**, New York, v.45, p.93-134, 1991.

RESCK, D.V.S. O plantio direto como alternativa de sistema de manejo e conservação do solo e da água na região dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30. 1997, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 21p. Palestras, CD-ROM.

REICOSKY, D.C.; LINDSTROM, M.J. Fall tillage method: effect on short-term carbon dioxide flux from soil. **Agronomy Journal**, v.85, p.1237-1243, 1993.

SÁ, J.C.M., CERRI, C.C., DICK, W.A., LAL, R., VENSKE-FILHO, S.P., PICCOLO, M.C., FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.65, p.1486–1499, 2001.

SÁ, J.C.M.; SANTOS, J. B.; CARDOSO, E. G.; JUNIOR, D. S.; FERREIRA, C. F.; OLIVEIRA, A.; SÁ, M. F. M.; SEGUY, L.; BOUZINAC, S. Usos alternativos da palhada residual da produção de sementes para pastagens. In: **Perspectivas do uso da palhada no “sistema plantio direto”**. São Paulo: Embrapa, 2006. cap.10. p.193-221.

SÉGUY, L., S. BOUZINAC, AND O. HUSSON. Direct-Seeded tropical soil systems with permanent soil cover: learning from Brazilian experience. p.323-342, 2006. In N. Uphoff et al., (eds) **Biological approaches to sustainable soil systems.** Taylor and Francis Group, CRC Press Publ., Boca Raton, FL.

SCHLESINGER, W.H. Changes in soil carbon storage and associated properties with disturbance and recovery. In: TRABALHA, J.R.; REICHELE, D.E. (eds.). **The changing carbon cycle: A global analysis.** New York, 1985 p.194-220.

SHAMOOT, S.; MacDONALDS, L. & BARTHOLOMEW, W.V. **Rhizodeposition of organic matter debris in soil.** Soil Sci. Soc. Am. J., 32:817-820, 1968.

SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.541- 547, 1994.

SIX, J., C. FELLER, K. DENEFF, S.M. OGLE, J.C.M. SÁ, AND A. ALBRECHT. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils-Effects of no-tillage. **Agronomie.** v.22, p.755-775, 2002.

Walkley, A.; Black, I. A.; **Soil Sci.** 1934, 37, 29.