

Rotação de cultura em sistema plantio direto e preparo convencional do solo – importância da adubação verde com leguminosas no estoque de C e N do solo



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimárzio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Dietrich Gerhard Quast

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores Executivos

Embrapa Agrobiologia

José Ivo Baldani

Chefe Geral

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Rosângela Stralio
Chefe Adjunto Administrativo



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-8498

dezembro/2004

Documentos 183

**Rotação de cultura em sistema plantio
direto e preparo convencional do solo –
importância da adubação verde com
leguminosas no estoque de C e N do solo**

Cláudia Pozzi Jantalia
Bruno José Rodrigues Alves
José Eloir Denardin
Segundo Urquiaga
Robert Michael Boddey

Seropédica – RJ

2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Dejour L. de Almeida e José Guilherme M. Guerra

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2004): 50 exemplares

J18r Jantalia, Cláudia Pozzi.

Rotação de Cultura em Sistema Plantio Direto e Preparo Convencional do Solo – Importância da Adubação Verde com Leguminosas no Estoque de C e N do Solo / Bruno José Rodrigues Alves, José Eloir Denardin, Segundo Urquiaga, Robert Michael Boddey. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 18 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 183).

ISSN 1517-8498

1. Plantio direto. 2. Adubação verde. 3. Rotação de cultura. 4. Leguminosas. I. Alves, Bruno José Rodrigues. II. Denardin, José Eloir. III. Urquiaga, Segundo. IV. Boddey, Robert Michael. V. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). VI. Título. VII. Série.

CDD 631.51

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H P.; KOHHANN, R; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, V.76, p. 39–58, 2004.

SIDIRAS, N ; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.9, p. 249-254, 1985.

VALLIS, I. Soil nitrogen changes under continuously grazed legume-grass pastures in subtropical coastal Queensland. *Australian Journal Experimental Agricultural and Animal*, v.12, p. 495-501, 1972.

Autores

Cláudia Pozzi Jantalia

Eng. Agrônoma, Doutoranda do CPGA-Fitotecnia.
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ
Email claudiaps@yahoo.com

Bruno José Rodrigues Alves

Eng. Agrônomo, PhD, Pesquisador da Embrapa Agrobiologia
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ
Email: bruno@cnpab.embrapa.br

José Eloir Denardin

Eng. Agrônomo, Doutor pesquisador da Embrapa Trigo
Email: hpsantos@cnpt.embrapa.br

Segundo Urquiaga

Eng. Agrônomo, PhD. pesquisador da Embrapa Agrobiologia
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ
Email urquiaga@cnpab.embrapa.br

Robert Michael Boddey.

Químico Agrícola, PhD. pesquisador da Embrapa Agrobiologia
BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505
23851-970 – Seropédica/RJ
Email bob@cnpab.embrapa.br

FEBRAPD-FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO (Brasília, DF). Disponível em: http://www.febrapd.org.br/area_PD_Brasil_2002.htm. Acesso em: 20 dez. 2004.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p. 307-313, 1999.

KUO,S.; SAINJU, U. M. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biology and Fertility of Soils*, v. 26, p. 346-353, 1998.

LADD, J. N; OADES, J. M; AMATO, M. Distribution and recovery of nitrogen from legume residues decomposing in soils sown to wheat in the field . *Soil Biology & Biochemistry*, v.13, p. 251-256, 1981.

McKENNEY, D. J; WANG, S. W; DRURY, C. F; FINDLAY, W. I. Denitrification, immobilization, and mineralization in nitrate limited and non limited residue-amended soil. *Soil Science Society American Journal*, v. 59, p. 118-124, 1995.

MIELNICZUCK, J.; TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; PALADINI, F. L. S.; BAYER, C. Recuperação da produtividade do solo por sistemas de cultivos IN: *Curso Intensivo sobre Plantio Direto na Palha*. Fundação ABC, Ponta Grossa ,PR, 1996. p.116-123.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 17, p. 411-416, 1993.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7, p. 95-102,1983.

PILLON, C. N. Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto. Tese de doutorado, UFRGS, 232p, 2000.

5. Referências bibliográficas

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUCK, J.; FERNANDES, S. B. V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23 , p. 679-686, 1999.

ANDERSON, J. M.; FLANAGAN, P. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. IN: COLEMAN, D.C.; OADES, M; UEHARA, G. (eds). *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. University of Hawaii Press, Honolulu, 1989. p. 233-255.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*, 23: 687-694, 1999.

BAYER, C; MIELNICZUCK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 21, p. 105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 54, p. 101-109, 2000

CALEGARI A. Coberturas verdes em sistemas intensivos de produção. IN: MERCANTE F.M (Ed) *Workshop: Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária*. Ed., Dourados, MS, 2000. p. 141-153.

CONSENTINO, D.; CONSTANTINI, A.; SEGAT, M.; FERTIG, M. Relationships between organic carbon fractions and physical properties of Argentine soil under three tillage system. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, p. 981-986, 1998.

DRINKWATER, L. E; WAGONER, P.; SARRANTONIO, M. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, v. 369, p. 262-265, 1998.

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta.

O documento 183/2004 aborda a questão de rotação de cultura em sistema de plantio direto e preparo convencional do solo e discute a importância da adubação verde com leguminosas no estoque de C e N do solo.

José Ivo Baldani

Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

1. Introdução	7
2. Material e Métodos	8
2.1. Amostragem do solo	8
2.2 Cálculos do estoque de C e N do solo	9
2.3. Análise estatística	10
3. Resultados e Discussão.....	10
3.1. Teores de carbono e nitrogênio total do solo	10
3.2. Estoque de carbono e nitrogênio no solo.....	12
4. Agradecimentos	15
5. Referências Bibliográficas	16

Já no PD, a intensidade da mineralização dos restos culturais encontra-se restrita à camada mais superficial do solo. Nas camadas inferiores, o solo permanece intacto e toda a parte subterrânea das plantas será mineralizada por processos menos intensos, favorecendo assim os benefícios da rotação de plantas com diferentes qualidades de resíduos e tipos de sistema radicular. Este aspecto pode ajudar a compreender o acúmulo de C e N entre 30-70 cm obtidos sob PD nas rotações com leguminosas. Deve-se destacar que a qualidade do material vegetal depositado pelas leguminosas (parte aérea e raízes), tem grande importância neste processo de melhoria do solo, contribuindo para favorecer as condições de desenvolvimento do sistema radicular, mesmo em subsuperfície. Miyazawa et al. (1993), avaliando o efeito de diferentes resíduos orgânicos, observou que o material vegetal de ervilhaca comum contribuiu na redução da acidez do solo. Esta leguminosa também teve destaque em outros trabalhos, contribuindo para o aumento da matéria orgânica do solo (Gonçalves & Ceretta, 1999; Bayer et al., 2000), e aumentando a disponibilidade de N para a cultura do milho (Amado et al., 1999).

Os resultados deste experimento indicam que a ausência de movimentação do solo (PD) e a rotação de culturas potencializaram o acúmulo de C e N do solo. Mais do que isto, reforçam o consenso que passou a existir entre os técnicos e produtores da região Sul do Brasil, no meio da década de 80, de que a adoção da rotação de culturas, principalmente envolvendo espécies para adubação verde é uma condição necessária para o plantio direto apresentar os benefícios desejados ao sistema solo, em relação ao preparo convencional.

4. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e financiamento da Embrapa Agrobiologia, UFRRJ, CNPq, Finep, IAEA-FAO, para a realização deste trabalho.

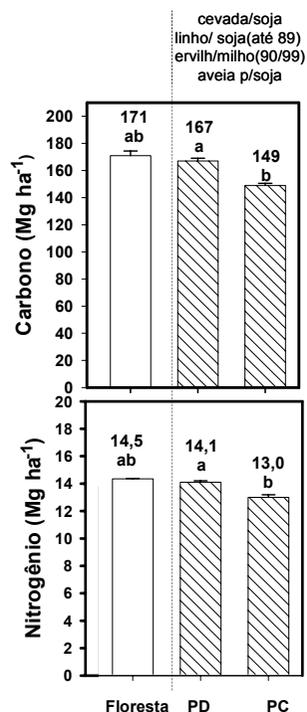


Figura 1. Estoques de C e N no perfil do solo sob tratamentos de manejo do solo e rotação de culturas, comparados com os valores observados no perfil do solo sob a floresta.

O revolvimento do solo promove a destruição dos agregados do solo (Consentino et al., 1998), e potencializa a mineralização do C e N, principalmente quando é incorporada uma quantidade significativa de compostos orgânicos pouco estáveis, principalmente de baixa relação C/N (Anderson & Flanagan, 1989), pela maior exposição dos compostos húmicos do solo a fatores bióticos (fauna do solo) e abióticos (temperatura, umidade e luminosidade). Trabalhos sobre a dinâmica de decomposição de resíduos culturais diversos (ervilhaca, milho, soja, aveia e outros) incorporados em diferentes tipos de solo demonstram que a palhada da ervilhaca apresenta rápida mineralização, mesmo quando comparado a outras leguminosas (McKenney et al., 1995; Kuo & Sainju, 1998).

Rotação de cultura em sistema plantio direto e preparo convencional do solo – importância da adubação verde com leguminosas no estoque de C e N do solo.¹

Cláudia Pozzi Jantalia
 Bruno José Rodrigues Alves
 José Eloir Denardin
 Segundo Urquiaga
 Robert Michael Boddey

1. Introdução

No Brasil, o sistema plantio direto passou a ser adotado em maior escala pelos agricultores, principalmente partir do início da década de 90. Este sistema de manejo do solo e planta é uma das alternativas disponíveis para o cultivo de grãos e visa reduzir os impactos negativos da movimentação do solo, tais como erosão e perda de matéria orgânica. Ressalta-se que o plantio direto é uma das práticas mais eficientes para conservação do solo (Mielniczuk et al., 1996). Hoje a área sob plantio direto no Brasil atinge 21 Mha (FEBRAPD, 2004).

Estudos sobre o conteúdo de matéria orgânica do solo, em áreas sob diferentes sistemas de preparo do solo e diferentes rotações de culturas, têm consistentemente demonstrado resultados positivos do plantio direto, quando as rotações de culturas incluíam plantas de cobertura, especialmente leguminosas para adubação verde (Pillon, 2000; Bayer et al., 2000; Sisti et al., 2004).

A utilização de plantas com a finalidade de promover a cobertura do solo e/ou adubação verde, tem reconhecido efeito sobre as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Miyasawa et al., 1993; Calegari, 2000). A influência positiva dos adubos verdes na

¹ Projeto parcialmente financiado pela Embrapa, Finep e IAEA-FAO.

fertilidade do solo é atribuída, principalmente, à incorporação do nitrogênio derivado da fixação biológica de N quando são utilizadas plantas da família das leguminosas, aumentando a disponibilidade de N para as gramíneas cultivadas em sucessão, que irão contribuir com maior quantidade de resíduos (Drinkwater et al., 1998).

O objetivo deste estudo foi determinar o efeito de uma rotação de culturas sob plantio direto e preparo convencional, no estoque de C e N de um Latossolo Vermelho, em um experimento de longa duração, conduzido em Passo Fundo, Rio Grande do Sul.

2. Material e Métodos

Este estudo foi realizado em um experimento desenvolvido na estação experimental da Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo (28° 15' S, 52° 24' W, altitude de 684 m). O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico com 10 g kg⁻¹ de areia grossa, 230 g kg⁻¹ de areia fina, 13 g kg⁻¹ de silte e 63 g kg⁻¹ de argila.

O experimento teve início em fevereiro de 1984. Foram avaliados dois sistemas de manejo do solo : PD - plantio direto e PC- preparo convencional do solo na semeadura das culturas de verão e inverno. A rotação de culturas no período de 1984 a 1989 foi constituída de: linho (*Linum L.*) / soja (*Glycine max*) - aveia preta (*Avena strigosa*) / soja - cevada (*Hordeum vulgare*) / soja. A partir do inverno de 1989 o sistema de rotação foi modificado para: cevada / soja – ervilhaca (*Vicia villosa*) / milho (*Zea Mays*) – aveia preta / soja.

As aplicações de adubos e corretivos basearam-se nos resultados da análise química do solo e nas recomendações para cada cultura. As parcelas experimentais foram colhidas com uma pequena colheitadeira, adaptada especialmente para pequenas áreas.

2.1. Amostragem do solo

Em maio de 1999 foram retiradas amostras compostas do solo (6 sub-amostras), nos seguintes intervalos de profundidade: 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-30, 30-40, 40-55, 55-70, 70-85 e 85-100 cm.

solo de textura média, com 63% de argila (Sisti et al, 2004), onde estimou-se uma taxa média de 1,21 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, no período.

Neste experimento, o sistema de rotação de culturas com maior diversidade de espécies em relação à sucessão trigo-soja, proporcionou estoques de C e N significativamente maiores no PD, enquanto no PC estes efeitos foram nulos. Destaca-se que esses sistemas de rotação envolveram espécies de leguminosas e gramíneas utilizadas como adubação verde e após roçadas como cobertura morta.

O efeito da leguminosa como cultura de cobertura somente foi detectado no PD; no PC os estoques de C do solo tenderam a reduzir em relação à vegetação nativa. É provável que a mecanização do solo, no preparo convencional, tenha provocado perdas de C superiores ao ganho promovido pela adubação verde, e que o N mineralizado em decorrência deste estímulo, esteja sendo perdido do sistema, diminuindo ainda mais o potencial de formação de húmus do solo.

O cultivo em rotação com diferentes espécies, com resíduos apresentando diferentes valores de relação C/N, pode minimizar a perda de N que ocorre após a intensa mineralização da palhada de baixa relação C/N (Ladd et al., 1981). A redução pode ocorrer principalmente de duas maneiras: 1- pela presença de compostos de C dos resíduos da cultura anterior, que pela atividade microbiana ocorrerá a imobilização do N em excesso, o que contribui para a formação de compostos húmicos; 2- o aproveitamento pelas plantas cultivadas do N liberado durante a mineralização dos resíduos da leguminosa (Amado et al., 1999). Contudo, nos tratamentos sob PC, os resultados sugerem que o revolvimento do solo intensificou fortemente a mineralização do N dos resíduos incorporados ao solo, anulando assim os benefícios do cultivo de culturas com diferentes qualidades dos resíduos, provocando um impacto negativo no balanço de N e C do solo.

3.2. Estoque de C e N no solo.

Quando os estoques de C e N de todo o perfil do solo (0~100cm de profundidade) nos tratamentos de sistema de manejo são comparados, torna-se possível avaliar os efeitos, após vários anos, dos dois sistemas de manejo na rotação de cultura estudada (Figura 1).

A movimentação do solo para o preparo da área para os cultivos de verão e inverno, contribuiu para intensificar os processos de perda de matéria orgânica, o que ficou demonstrado pela redução significativa no estoque de C no perfil do solo (149 Mg ha^{-1}), quando comparado com a área sob vegetação natural (171 Mg ha^{-1}) e sob PD (167 Mg ha^{-1}). O estoque de N neste tratamento foi cerca de $1,5 \text{ Mg}$ menor em relação a área sob floresta.

Outros trabalhos que calcularam os estoques de C do solo sob diferentes sistemas de preparo do solo e rotações de culturas, também mostraram um significativo efeito dos sistemas conservacionistas sobre as reservas de C do solo. Bayer e Bertol (1999) encontraram, na camada de 0 a 20 cm de um Cambissolo argiloso, uma acumulação de $8,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C, em área manejada por 8 anos sob PD, tomando como referência o solo sob preparo convencional. No solo sob preparo reduzido (escarificação e gradagem de nivelamento), estes autores observaram um acúmulo de $6,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C; considerando que os sistemas foram conduzidos por 8 anos, a taxa anual de acumulação de C no solo foi de $1,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, na área sob plantio direto, e de $0,84 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, na área sob preparo reduzido. Bayer et al (2000), após 9 anos de experimentação em um solo franco-arenoso (53% areia e 22% argila), encontraram que a rotação ervilhaca/aveia - milho – caupi, sob plantio direto, acumularam cerca de 12 Mg ha^{-1} de C no solo, numa taxa de $1,33 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, considerando a sucessão milho-aveia sob plantio convencional como referência. Em Passo Fundo, RS, a presença de ervilhaca como cultura de inverno proporcionou um acúmulo de 17 Mg ha^{-1} de C no solo, em comparação ao plantio convencional, após 14 anos da implantação do experimento em um

Também foram retiradas 3 amostras nas mesmas profundidades, no perfil de solo sob vegetação de floresta, adjacente ao experimento. Foi determinada a densidade do solo em cada intervalo de profundidade nos tratamentos de manejo do solo, utilizando-se um cilindro com volume conhecido. O solo retirado destes cilindros foi pesado após permanecer na estufa a 110°C por 72 h.

As amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm, homogêneas e foram retiradas sub-amostras, que foram moídas finamente ($<0,15 \text{ mm}$) utilizando-se um moinho de bolas. O teor de N total foi determinado em alíquotas de 1,0 g de solo, a partir de digestão semi-micro Kjeldahl com aquecimento em bloco digestor de alumínio, seguida pela destilação em um aparelho Tecator Kjeltex modelo 3100. O teor de C total foi determinado em alíquotas de aproximadamente 150 mg, utilizando-se um auto analisador de C (LECO modelo CHN 600).

2.2. Cálculos do estoque de C e N do solo

Para corrigir a compactação do solo nas áreas agrícolas, induzida pelo cultivo e tráfego de máquinas, os estoques totais de C e N do solo foram estimados sob a mesma quantidade de solo presente até 100 cm de profundidade na floresta adjacente, utilizando-se o procedimento recomendado originalmente por Vallis (1972). Com este procedimento assume-se que a compactação do solo por operações mecânicas é mais expressiva na camada superficial do perfil. Assim, os estoques de C e N do perfil sob os tratamentos são calculados subtraindo-se a quantidade extra de solo dos perfis da última camada avaliada (neste estudo, 85-100 cm).

Esta correção pode ser matematicamente expressa como:

$$C_S = \sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti} + \left[M_{Tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{Ti} - \sum_{i=1}^n M_{Si} \right) \right] C_{Tn}$$

Onde C_S é o estoque de carbono total (Mg C ha^{-1}) no solo em uma profundidade onde a massa de solo seja a mesma daquela

observada no perfil de solo utilizado como referência, $\sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti}$ é a soma do conteúdo de carbono total (Mg ha^{-1}) na camada 1 (superfície) a camada 'n - 1' (penúltima) no perfil do solo sob o tratamento, $\sum_{i=1}^n M_{Si}$ é a soma da massa de solo (Mg ha^{-1}) na camada 1 (superfície) a 'n' (última camada) no perfil do solo referência, $\sum_{i=1}^n M_{Ti}$ é a soma da massa de solo (Mg ha^{-1}) na camada 1 (superfície) a 'n' (última camada) no perfil do tratamento, M_{Tn} e C_{Tn} são respectivamente a massa de solo (Mg C Mg soil^{-1}) e concentração de carbono na última camada do perfil do solo sob tratamento.

A condição ideal para a utilização deste procedimento é aquela em que o perfil do solo utilizado como referência seja de uma vegetação nativa próxima aos tratamentos agrícolas avaliados.

2.3. Análise estatística

Os resultados de teores e estoques de C e N do solo foram analisados comparando-se os tratamentos do experimento por procedimentos padrões de ANOVA, utilizando-se o pacote estatístico MSTAT-C (Michigan State University).

3. Resultados e Discussão

3.1. Teores de carbono e nitrogênio total do solo

O solo sob floresta apresentou altos teores de C e N ($37 \text{ g C e } 3,1 \text{ g N kg}^{-1}$ de solo) na camada de 0-5 cm. Na camada de 10-15 cm de profundidade houve um declínio alcançando aproximadamente a metade destes valores (Tabela 1).

Os resultados dos teores de C e N indicam que mesmo após vários anos sob sistema plantio direto, o acréscimo nos teores de C e N em relação ao preparo convencional ocorreram na camada de 0-5

cm. A diferença oriunda dos sistemas de preparo nos teores de C e N, ou de matéria orgânica, nesta camada do perfil do solo (0-5cm) tem sido relatada desde os primeiros trabalhos com plantio direto (PD) (Muzilli, 1983; Sidiras & Pavan, 1985) e permanecendo restrita a esta profundidade ou até 10 cm, mesmo após vários anos da implantação do PD (Bayer & Mielniczuck, 1997; Bayer et al., 2000). Nas camadas entre 30 e 70 cm de profundidade também detectaram-se diferenças nos teores de C e N entre os tratamentos de manejo do solo (PD e PC). Neste estudo, o cultivo de cevada a cada três anos, com a introdução de uma leguminosa como adubo verde antecedendo o milho favoreceu positivamente o sistema plantio direto, por manter teores mais elevados dos dois elementos nas mesmas camadas do perfil do solo, em relação ao PC.

Tabela 1. Conteúdo de carbono e nitrogênio total no perfil de um Latossolo vermelho sob floresta e em diferentes tratamentos, na rotação cevada/soja-ervilhaca/milho-aveia preta/soja.

Profundidade (cm)	Conteúdo de Carbono g kg^{-1}					
	Carbono			Nitrogênio		
	Floresta	P.Direto	P.Conven	Floresta	P.Direto	P.Conven
0-5	36,8 a	22,9 b	16,4 c	3,08 a	1,9 b	1,4 c
5-10	23,9 a	17,3 b	16,3 b	1,91 a	1,5 b	1,4 b
10-15	18,7 a	15,8 b	16,3 b	1,53 a	1,3 b	1,3 b
15-20	17,7 a	15,5 b	15,5 b	1,38 a	1,3 b	1,3 b
20-30	16,2 ns	15,0 ns	15,5 ns	1,35 ns	1,2 ns	1,2 ns
30-40	13,5 ab	14,4 a	12,5 b	1,19 ns	1,2 ns	1,1 b
40-55	12,4 b	14,0 a	11,6 b	1,01 b	1,1 a	1,0 b
55-70	12,0 a	12,2 a	10,3 b	0,99 ab	1,1 a	0,9 b
70-85	10,8 ns	11,1 ns	9,5 ns	0,93 ns	1,0 ns	0,9 ns
85-100	9,8 ns	9,8 ns	8,1 ns	0,88 ns	0,90 ns	0,84 ns

Em cada camada de solo, os valores seguidos pela mesma letra não são significativamente diferentes (teste de Tukey, $p < 0,05$). ns- indica que não houve diferença significativa.