PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Técnicas de análise de carbono no solo

Erika Maria de Lima Celegato Teixeira*[1]; Keila Maria Roncato Duarte[2]; Valdinei Tadeu Paulino[2]

[1] Mestranda, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, Nova Odessa, SP, e-mail: eritalia@hotmail.com;

[2] Pesquisadores, Instituto de Zootecnia. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Nutrição Animal e Pastagens. Rua Heitor Penteado, 56, Nova Odessa, SP 13460-000, *e-mails: keila@iz.sp.gov.br; paulino@iz.sp.gov.br

Email para correspondência: keila@iz.sp.gov.br

Resumo

A crescente preocupação com o desenvolvimento de uma agricultura e pecuária sustentável, respeitando ou tentando diminuir os efeitos das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem gerado a busca por tecnologias aplicadas no sistema produtivo, seja de grãos ou de carne. No caso do solo, estes gases vem do preparo da terra, que propicia a redução da matéria orgânica do solo pelo rompimento dos agregados e aumento da oxidação do carbono orgânico em CO_2. A dinâmica do N no solo que é influenciado pelo uso de plantas fixadoras de nitrogênio e das adições de adubo nitrogenado mineral e o metano, que é oxidado a CO_2 pela microbiota

em condições anaeróbias. Para medir estas constantes, descrevemos nesta revisão os diferentes métodos utilizados para quantificação de carbono no solo, como ferramentas imprescindíveis ao monitoramento das condições do solo bem como a adoção de um manejo sustentável.

Palavras-chave: carbono no solo, manejo animal, gases de efeito estufa

Techniques for Soil Carbon analysis

Abstract

The increase of the concern about development of an agriculture and maintainable livestock, respecting or trying to reduce the effects of the greenhouse effect (GEE) gas has been generating the search for applied technologies in the productive system, as grains or meat. In the case of the soil, these gas come from the soil preparation which provides organic matter reduction in the soil through breaking clusters and to increase oxidation of the organic carbon into CO_2. The dynamics of N in the soil is influenced by the use of nitrogen fixation plants and by additions of mineral nitrogenous fertilizers and the methane, that CO_2 is rusted by the microbiota in anaerobic conditions. To measure these constants we described in this review, different methods used for carbon quantification in the soil, as imperative tools to supervise the soil conditions as well as the adoption of a maintainable handling system.

Keywords: soil carbon rate, animal management, green house gases

Introdução

Tem sido crescente a preocupação mundial em relação às mudanças no clima do planeta, decorrentes principalmente, das emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). Com a revolução industrial nos últimos 200 anos houve um aumento significativo dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, principalmente o CO_2. Globalmente, as

queimas de combustíveis fósseis e a produção de cimento constituem as maiores fontes, responsáveis por 66% dos GEE. A agricultura (20%) e a mudança do uso da terra (14%) completam o total das emissões antrópicas (IPCC, 2001).

No Brasil, a contribuição do GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis, agricultura e mudanças no uso da terra apresentam padrões diferentes daqueles observados globalmente. Aqui, a mudança no uso da terra e a agricultura são responsáveis por mais de dois terços das emissões de gases provenientes do processo de desmatamento. (Fearnside, 2000), assim o Brasil passa da 17ª para a 5ª posição na relação dos países que mais emitem.

A contribuição da agricultura à emissão de CO_2 é decorrente do preparo do solo com arado e grade que propicia a redução da matéria orgânica do solo pelo rompimento dos agregados e aumento da oxidação do carbono orgânico em CO_2. A emissão de N_2O na agricultura está relacionada com a dinâmica do N no solo, o qual sofre influencia do uso de plantas fixadoras de nitrogênio e das adições de adubo nitrogenado mineral. O CH_4 é oxidado a CO_2 pela microbiota em condições anaeróbias, os quais usualmente atuam como um dreno deste gás sob vegetação natural e tem essa capacidade diminuída quando sofre processo de degradação (Moiser *et al.*, 1991; Lessard *et al.*, 1994; Kessavalou et al., 1998).

O solo tem um papel fundamental no processo de emissão e seqüestro de carbono (C). Dados do ultimo relatório do painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC, 2007), globalmente há duas a três vezes mais carbono nos solos, em relação ao estocado na vegetação e cerca do dobro em comparação com a atmosfera. Portanto manejos inadequados podem mineralizar a matéria orgânica do solo e transferir grandes quantidades de GEE para a atmosfera (Polwsan, 2005). Existe uma diferença no estoque e sequestro de C no solo. Enquanto o estoque está

relacionado com a diferença entre dois manejos ou sistemas agrícolas, o sequestro inclui a diferença de estoques, como também as variações nas emissões de CH_4 e N_2O, uma vez que o computo do CO_2 está embutido na diferença dos estoques de C no solo.

Os resultados obtidos em pesquisas mostram que as pastagens bem manejadas apresentam aumento dos estoques de C nos solos em função do tempo de implantação das gramíneas. Valores na ordem de 0,4 a 0,6 Kg C m^{-2} ano^{-1} tem sido relatados para a camada 0-30 cm de profundidade do solo em pastagens bem manejadas (Cerri *et al.*, 1999; Cerri *et al.*, 2006).

Em contrapartida, há poucas informações com relação às variações dos resultados dos estoques de C quando as pastagens são mal manejadas. Outro fator importante refere-se às incertezas nas estimativas das proporções entre as áreas de pastagens bem e mal manejadas. Esse aspecto e importante para as estimativas dos ganhos ou perdas de C nos solos sob pastagens no estado de São Paulo e do Brasil.

Há um possível aumento no estoque de C no solo sob pastagem quando comparamos aos solos de florestas, mas essa situação não e totalmente positiva em relação aos GEE, quando se contabiliza a perda da biodiversidade e armazenamento de água no solo. E imprescindível a recuperação de pastagens degradadas, para que parte do C-CO_2 emitido volte a se fixar ao sistema solo via fotossíntese, como também pode atuar na diminuição do impacto negativo sobre o meio ambiente em escala local e regional.

Técnicas para mensurar o carbono no solo

1. Determinação do Carbono orgânico

Neste procedimento, a amostra é tratada com um forte oxidante (K_2 Cr_2 O_7 – dicromato de potássio) em meio a uma solução acida, para permitir uma oxidação quantitativa do carbono orgânico. Walkey e Black (1934)

propuseram uma metodologia em que a amostra recebe uma Solução K_2 Cr_2 O_7 e, em seguida, H_2SO_4 concentrado. A hidratação do acido sulfúrico, adicionado no recipiente que continha amostra e a solução de dicromato de potássio, faz com que a temperatura da mistura final se eleve e auxilia na oxidação. O dicromato não reagido é quantificado, através de titulometria, usando-se sulfato ferroso amoniacal (solução de Mohr). Embora esta metodologia tenha larga utilização o Brasil, pela rapidez e praticidade na obtenção dos resultados, estes devem ser multiplicados por um fator (~1,3) para compensar a oxidação incompleta do carbono orgânico em razão da baixa temperatura fornecida (Nelson e Sommers, 1982). Outra metodologia, muito semelhante á anterior quanto ao processo de oxidação, é a de Mebius modificada, descrita por Nelson e Sommers (1982) e recomendada para análise de rotina pela sociedade americana de ciência do solo Neste método, o procedimento assemelha-se ao de Walkley e Black (1934) mas a amostra colocada junto a mistura de H_2SO_4 e K_2 Cr_2 O_7 é posta em ebulição, sob refluxo, durante 30min. O aquecimento fornecido ao sistema possibilita a oxidação total do carbono e, com isso, a obtenção de resultados mais exatos e precisos, tomando como padrão os métodos de combustão via seca e úmida (Nelson e Sommers, 1982; Yeomans e Bremner, 1988). Embora mais exato, este método exige um material especial, o que causa certa rejeição em sua utilização. Dessa forma, Yeimans e Bremenr (1988) modificaram o método com o intuito de torná-lo prático, principalmente para laboratórios. Esta metodologia foi testada em vários solos típicos de clima temperado e, no trabalho de Dias *et al.* (1991), em solos do Brasil. Em ambos os estudos, a metodologia mostrou boa exatidão e precisão, aliadas à praticidade, em comparação com outras metodologias.

Esse método permite a realização de mais de 100 análises por dia, o processo de aquecimento permite a oxidação total do carbono, produzindo resultados com alta exatidão e precisão (Dias *et al.*,. 1991).

2. Fracionamentos da matéria orgânica

Desde o conhecimento de que os restos vegetais alteravam sua composição bioquímica durante o processo de degradação (Kononova, 1966), muitos estudos têm sido conduzidos no sentido de caracterizar o produto desta degradação ou seja, o húmus do solo (Dabin, 1976; Turcheneck e Oades, 1979; Beyer, 1993). Contudo, o húmus do solo possui uma infinidade de substâncias, pertencentes às mais variadas funções químicas, com estruturas desde as mais simples até as extremamente polimerizadas. Outra característica está em relação ao estádio de decomposição da matéria orgânica, pois, no solo, pode-se considerar a existência de certo gradiente entre formas que ainda guardam características fortes do material original até os mais avançados estádios de decomposição.

Com base na solubilidade em álcali ou ácido, o húmus do solo é dividido em três frações:

1 ácidos húmicos, que são solúveis em meio alcalino diluído, porem precipitam com a acidificação deste meio;

2 Ácidos fúlvicos, que ainda permanecem solúveis com a acidificação do meio alcalino; e

3 Humina, que não se solubilizar em meio alcalino ou ácido. Como revisado por Stevenson (1982), esta três frações são quimicamente semelhantes, diferenciando no peso molecular, no teor de alguns elementos, como o nitrogênio e no conteúdo de grupos funcionais, alem dos ácidos fúlvicos possuírem menor peso molecular, porem maior teor de grupos funcionais contendo oxigênio (CO_2, H, OH, C= O) por unidade de peso. Características importantes dos compostos húmicos são a alta resistência à degradação microbiana, a capacidade de formar complexo com íons metálicos e substancias orgânicas não húmicas (açucares, ácidos graxos, proteínas,

pesticidas, herbicidas, etc.) solúveis e insolúveis em água e de interagir com minerais de argila no solo.

A separação granulométrica do solo da matéria orgânica associada à fração textural é um procedimento que pode ser associado aos métodos químicos. Através deste procedimento, a matéria orgânica ainda não humificada, presente na fração superior a 50um, pode ser separada. Segundo este método, a matéria orgânica de um solo correspondente a todo o material orgânico que passa na peneira de 200um, sendo chamada matéria orgânica leve o material de degradação incompleta, contido na fração acima de 50um (McDonagh, 1993).

No método modificado de Dabin (Cerri *et al.*, 1990), usado nos laboratórios do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP, Piracicaba, SP), adota-se um fracionamento mais detalhado da matéria orgânica, no qual se obtém, ao fim da extração, uma fração hidrossolúvel e frações de ácidos húmicos e fúlvicos com diferentes graus de interação com o solo.

Os ácidos fúlvicos e húmicos podem ser purificados para minimizar o conteúdo de cinzas e de moléculas orgânicas de baixo peso molecular. Um processo de purificação especifica para ácidos húmicos envolve o tratamento com uma solução de HCL e HF. Os ácidos fúlvicos podem ser purificados por repetidas passagens em resinas de troca catiônica na forma H.

3. Análise de Carbono na espectroscopia no infravermelho

Nas últimas décadas a espectroscopia em infravermelho próxima (NIRS) se tornou um dos métodos dominantes para análise de produtos agrícolas como forragens e grãos , nas quais grande número de amostras deve ser analisado (Mittelmana *et al.*, 2005). Recentemente a espectroscopia em infravermelho média, transformada de Fourier com refletância difusa (DRFTS) também tem sido considerada útil em análises quantitativas de tais produtos. (Reeves e Delwiche, 1997). Embora o uso

dessas técnicas espectroscópicas para a análise de, por exemplo, fibras e proteínas em forragens e grãos tenham sido estudadas há décadas, o interesse em aplicá-las para estudos quantitativos de características e propriedades dos solos é bastante recente (McCarty *et al.*,2002; Madari *et al.*, 2006). Isto se deve provavelmente à implementação, em 2008, do Protocolo de Quioto (KyotoProtocol..., 2004) que vem estimulando a construção de inventários nacionais de carbono do solo e motivando a implementação de projetos que promovam o acúmulo de carbono (C) em ecossistemas terrestres (Machado, 2002).

3.1 Espectroscopia no infravermelho médio transformado de Fourier com reflectância difusa (DRIFTS)

As amostras são medidas usando um equipamento Digilab (Bio-Rad, Randolph, MA) FTS-7000 espectrômetro de infravermelho transformada de Fourier, equipada com *beamsplitter* de KBr e com detector DTGS. Os espectros são coletados na região 4000 - 400 cm-1 (2500 - 25,000nm) com resolução de 4 cm-1 e 64 varreduras co-adicionadas por espectro. As amostras de solo são moídas, passadas conforme descrito para CT e os espectros são obtidos sem diluição em KBr (Reeves, 2003). Utiliza-se o acessório "Pike Autodiff" para reflectância difusa que permite a medição automática de 60 amostras. Como referência basal é utilizada brometo de potássio (KBr).

3.2 Espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS)

As amostras são medidas usando o equipamento Digilab (Bio-Rad, Randolph, MA) FTS-7000 espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier, equipada com *beamsplitter* de quartzo e detector InSb refrigerado com nitrogênio líquido. As amostras são escaneadas na região 9091 - 4000 cm-1 (1100 - 2500 nm) com resolução de 4 cm-1 e 64 varreduras co-adicionadas por espectro. As amostras de solo são moídas e

passadas em peneira conforme descrito para CT e os espectros são obtidos usando o acessório "Pike Autodiff" para reflectância. Como referência basal é utilizado enxofre (S).

3.3 Análises convencionais de carbono do solo Carbono total (CT)

O material de solo (terra fina seca ao ar – TFSA) de cada amostra selecionada é seco a 65 °C e moído para passar numa peneira de 80 mesh (0,177 mm). O teor de CT das amostras é determinado por combustão a 925 °C (Nelson e Sommers, 1996) utilizando o equipamento Perkin Elmer CHNS/O Series II 2400 Analyzer (Perkin Elmer Life and Analytical Sciences, Inc. Boston, MA, EUA).

3.4 Carbono orgânico (CORG)

Trata-se do método mais comumente usado em laboratórios de solo no Brasil para a determinação de carbono no solo com diversas variações do método Walkley-Black. O método é preferido devido à reação ácida dos solos e às altas taxas de lixiviação que predominam sob clima tropical. Conseqüentemente, a maior parte do CT está em forma orgânica e, na maioria dos casos, a parte predominante do CORG pode ser medida via oxidação com dicromato de potássio.

4. Métodos para quantificação da biomassa microbiana do solo

A biomassa microbiana do solo (BMS) é o principal componente, que regula a ciclagem de nutrientes, o fluxo de energia, a produtividade das plantas e dos ecossistemas. Portanto, sua quantificação é de grande importância para estudos sobre a melhoria ou perda da qualidade do solo. Para quantificação da BMS muitas e diversificadas técnicas foram criadas. Nos métodos pioneiros contavam-se células microbianas pela observação direta de lâminas de solo ao microscópio. Foram introduzidas, posteriormente, melhorias como o uso de corantes vitais e o cálculo da biomassa através do volume celular e da densidade média das estruturas

vivas. Outros métodos, baseados na extração e determinação de algum componente celular específico (ácido murâmico para bactérias, quitina para fungos e ATP para a biomassa total, entre outros) surgiram em grande número. Entretanto, atualmente, os métodos da respiração induzida pelo substrato, da fumigação-incubação e da fumigação-extração são os mais utilizados para a quantificação da BMS (Cardoso, 2004).

4.1 Fumigação-extração

Carbono da biomassa microbiana

Como alternativa promissora à técnica de fumigação incubação, Vance *et al.* (1987a) propuseram a substituição da incubação por uma extração do carbono da biomassa, que é igualmente liberado pela ação do agente fumigante clorofórmio. Segundo esses autores, a biomassa microbiana é proporcional ao aumento de carbono orgânico que se torna extraível do solo após uma fumigação. Convém ressaltar que a correção da umidade do solo para 40% da sua capacidade desnaturação é parte do procedimento metodológico, quando da preparação das amostras de solo para fumigação (Grisi, 1997), o que é adotado também no método de fumigação-incubação. A fumigação do solo com o clorofórmio rompe as células microbianas liberando o constituinte microbiano para o solo e permitindo assim sua extração (Frighetto, 2000). O carbono representa cerca de 47% do peso seco da célula microbiana. Em termos de procedimento, a amostra é dividida em sub-amostras que sofrerão extração imediata (o controle, sem fumigação) ou fumigação seguida de extração. O extrato da amostra não-fumigada contém somente a matéria orgânica extracelular e o extrato fumigado contém ambos, matéria orgânica intracelular (biomassa) e matéria orgânica extracelular (Hofman e Dusek, 2003). O material celular liberado pelo rompimento das células microbianas é recuperado com um extrator fraco como o K_2SO_4 0,5 M (Tate *et al.*, 1988) logo após a fumigação, eliminando-se os dez dias de incubação do método anterior e a determinação do carbono nos extratos fumigado e não-fumigado é feita por

dicromatometria a partir da retirada de uma alíquota do extrato (Vance *et al.*, 1987a; De-Polli e Guerra, 1999).

Numa modificação do procedimento de fumigação-extração originalmente proposto, o analisador de carbono Dohrman DC-180 é utilizado para quantificação do C extraído (Wu *et al.*, 1990; Aoyama *et al.*, 2000; Hargreaves *et al.*, 2003), ou o analisador de C solúvel Shimadzu TOC-5000A (Bailey *et al.*, 2002; Zimmermann e frey, 2002). A biomassa, representada pelo carbono microbiano, pode ser estimada pela relação B = CE x 2,64 ou B = CE/ 0,38, onde CE representa o carbono extraído do solo fumigado menos o carbono extraído do solo controle (Pfenning *et al.*, 1992), sendo 2,64 ou 0,38, o fator kCE para conversão do carbono extraído em biomassa microbiana (Vance *et al.*, 1987b). Este último valor de kCE encontra-se no intervalo proposto (0,33 ±0,08) por Sparling e West (1988) para solos minerais com baixo pH e menos de 10% de carbono orgânico, recomendação correntemente utilizada (Tate *et al.*, 1988), inclusive em solos do Brasil para os quais o fator kCE não foi determinado (De Polli e Guerra, 1999). Os procedimentos para execução da técnica de fumigação-extração foram explicados detalhadamente por De-Polli e Guerra (1999) e Frighetto (2000). Na etapa de fumigação, Ferreira *et al.* (1999) utilizaram a irradiação do forno de microondas em substituição ao clorofórmio, e concluiu que a irradiação durante dois minutos foi suficiente para estimar o C, e também o N, presente na biomassa microbiana nos procedimentos de incubação e extração. Na fase de pré-condicionamento, para estimar o C e o N da BMS, Roy e Sing (2003) deixaram as amostras de solo com umidade em recipiente fechado, e com o CO_2 removido, por sete dias em temperatura ambiente, sendo o mesmo aberto diariamente por alguns minutos para aeração.

Conclusão

Embora as metodologias existentes sejam várias e com diferentes abordagens e, considerando que a área de solo sob uso econômico no Brasil

(ex. lavoura, pastagens e florestas) é de 236,1 milhões de hectares, grandes esforços têm sido realizados na procura de métodos que sejam facilmente adaptáveis à maioria dos laboratórios de análise do solo, sem que ocorra perda de precisão e exatidão dos resultados como também as análises tenham baixo custo. Com esta vasta extensão de terras agricultáveis e novos territórios sendo demarcados, faz-se necessário um planejamento para o uso racional e sustentável, no qual a quantificação do carbono é de extrema validade na determinação da qualidade e uso da terra.

Referencias Bibliográficas

BEYER, L. Estimation of soil organic matter composition according to a chemical separation of litter and humic compounds. **Commu.Soil Plant Anal.**, p 221-226, 1993.
CARDOSO, M. O. Método para quantificação de Biomassa microbiana do solo: Agropecuária Técnica, v.25, n. 1. p. 1-12, 2004.
CERRI, C.C.; FEIGL, B.; PICCOLO, M.C. Manual de aula prática. Piracicaba: CENA, 1990. 78p.
DABIN, B. Methode d' extraction et de fracctionnement des matières humique du sol. Application à quelques etudes pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. **Cah. Ortstom,ser pedol**., v. XIV, p. 287-297, 1976.
DIAS, L.E. et al. Comparação de diferentes métodos de determinação de carbono orgânico em amostras de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 141-144 1991.
DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.de A.; CAMARGO, F.A.de O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: **Gênesis**, 1999. p.389-412.

CERRI C.C. et al . Carbon stocks in soils of the Brazilian Amazon. En: R. Lal, J.M. Kimble e B.A. Stewart (edts.). *Global Climate Change and Tropical Ecosystems*. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, 1999. 33-50 pp.

CERRI C.E.P.M. et al 2006. Simulating soil organic carbon changes in eleven land use change chronosequences from the Brazilian Amazon with RothC and Century models. **Agr. Ecosyst. Environ**., 122: 46-57.

FEARNSIDE P.M., 2000. Greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region. pp. 231-249 En: R. Lal, J.M. Kimble e B.A. Stewart (edts.). *Global Climate Change and Tropical Ecosystems*. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, 231-249 pp.

FRIGHETTO, R.T.S. XVII. Análise da biomassamicrobiana em carbono: método de fumigação extração. In: FRIGHETTO, R.T.S., VALARINI, P.J. (Coords). Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.157-166. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 21).
GRISI, B.M. Metodologia da determinação de biomassa microbiana de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.8, n.2, p.167-172, 1984.

TEIXEIRA, E.M.L.C., DUARTE, K.M.R. e PAULINO, V.T. Técnicas de análise de carbono no solo. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 19, Ed. 124, Art. 839, 2010.

IPCC. 2001. *Climate change 2001: the scientific basis.* Third Assessment Report. www.ipcc.ch/press/pr.htm

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

KESSAVALOU, A.; MOISER, A.R; DORAN, J.W.; DRIJBER, R.A.; DREW,J.L;HEINEMYER, O. fluxes of carbon dioxide, nitrus oxide, and methane in Grass sod and winter wheat-fallow tillage management. Journal of Environmental Qualitty, Madison, v.27, p.1094-1104, 1998.

KYOTO Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1997. Disponível em: <http://www.un.org/ millennium/law/xxvii-23.htm

KONONOVA, M.M. Soil organic matter. Enisford: Pergamom, 1996. 544p.

MACHADO, P. L. O. de A. **Mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL):** funcionamento, pontos críticos e possibilidades para algunssistemas agrícolas no Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.28 p. (Embrapa Solos. Documentos, 41).
MADARI, B. E.; REEVES, J. B. III; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; TORRES, E.; MCCARTY, G.W. Mid- and nearinfrared pectroscopic assessment of soil compositional parameters nd structural indices in two Ferralsols. **Geoderma**, Amsterdam, v.136, n. 1/2, p. 245-259, Dec. 2006.

MCCARTY, G. W.; REEVES, J. B., III.; REEVES, V. B.; FOLLETT, R. .; KIMBLE, J. M. Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance pectroscopy for soil carbon measurement. **Soil Science Society ofAmerica Journal**, Madison, v. 66, n. 2, p. 640-646, Mar./Apr. 2002.

MCDONAGH, J.F. Nitrogen benefits from legumes to eroppin systems in Northeast Thailand Wye: wye College, 1993. 236p. (tese de Doutorado).

MITTELMANN, A.; SOUZA SOBRINHO, F. de; OLIVEIRA, J. S. e; ERNANDES, S. B. V.; LAJÚS, C. A.; MIRANDA, M.; ZANATTA, . C.; MOLETTA, J. L. Avaliação de híbridos comerciais de milhopara utilização como silagem na Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, anta Maria, v. 35, n. 3, p. 684-690, maio/jun. 2005.

MOISER,A.; SCHIMEL, D.; VALENTINE,D.; BRONSON, K. PARTON, W. Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. Nature, London, v. 350, n.28 p. 330-332. 1991.

NELSON, D. W.SOMMERS, L.E. Total carbon organic carbon and organic matter. In: PAGE. AL Miller, R.H.; kEEneY, D. R. eds. Methods of soil analylis: Chemical and microbiologica p´roperties. Madison American Society of Agronomic, 1982. p539-570.

POLWSON, D.S. Will soil amplify climate change/ **Nature**, v.433, p.204-205, 2005.

YEOMNAS, J. C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Commun. Soil Plant anal., v. 19, p 1467-1476, 1988.