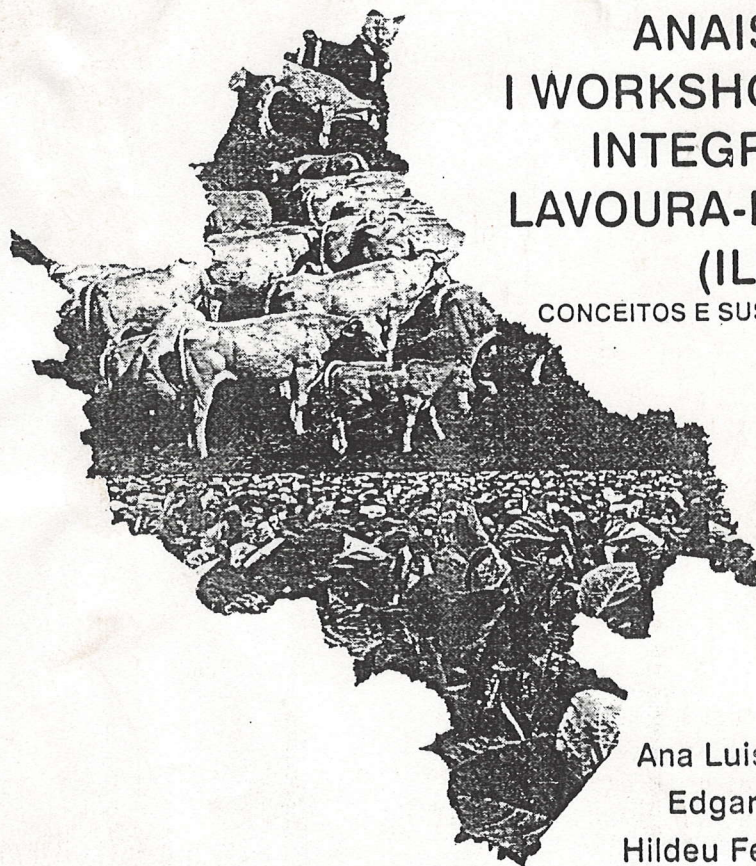




UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA

ANAI DO I WORKSHOP SOBRE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA (ILP)

CONCEITOS E SUSTENTABILIDADE



EDITORES

Vera Lúcia Banys
Ana Luisa Aguiar de Castro
Edgar Alain Collao Saenz
Hildeu Ferreira da Assunção
Marco Aurélio Carbone Carneiro

APOIO:

REALIZAÇÃO: CAJ - PPGA



ADUBOS
SUDOESTE
ADUBOS SUDOESTE LTDA.



PLANEJATO
Planejamentos, Assistência Técnica
e Topografia Ltda.



30098

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

ANAIS DO I WORKSHOP EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA:
CONCEITOS E SUSTENTABILIDADE

EDITORES

Vera Lúcia Banys
Ana Luisa Aguiar de Castro
Edgar Alain Collao Saenz
Hildeu Ferreira da Assunção
Marco Aurélio Carbone Carneiro

Jataí
2007

para Difusão de Adubos, 2004.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. London: Academic Press, 1995.

MILLER, D.E. Root systems in relation to stress tolerance. HortScience, Alexandria, v.21, n.4, p.963-970, 1986.

OLIVEIRA, E. F. Eficiência do modo de aplicação do sulfato de amônio e uréia nas culturas de milho e algodão. Cascavel, PR: Organização das Cooperativas do Estado do Paraná, 1995. 48p. (OCEPAR. Resultados de Pesquisa, 1/95).

PIMENTEL, M. S. Milho safrinha: grãos que valem ouro. Panorama Rural, v.1, p.18-24, março 1999.

RAPPAPORT, B.D.; AXLEY, J.H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. Soil Science of American Journal, v.48, p.399-401, 1984.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: INTER-RELAÇÃO fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBSC / Lavras: UFLA/DCS, 1999. p.291-309.

SANTOS, A.B.; FAGERIA, N.K.; SILVA, O.F. da; AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; MELO, L.B. de. Manejo de nitrogênio para o feijoeiro em várzeas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7., 2002, Viçosa. Resumos expandidos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p.665-667.

SANTOS, A.B.; SILVA, O.F. da. Manejo do nitrogênio. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. (Eds.). Produção do feijoeiro comum em várzeas tropicais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p.207-230.

SILVA, G.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Manejo da adubação nitrogenada no feijoeiro irrigado sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.32, n.1, p.1-5, 2002.

STONE, L.F.; SILVA, J.G.; Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.6, p.891-897, jun. 1998.

THUNG, M.; ORTEGA, J.; RODRIGUEZ, R. Respuesta y aprovechamiento del fósforo aplicado a dos profundidades y su efecto en el rendimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.). In: REUNIÓN NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia, GO. Anais. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.205. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

VIEIRA, C.; GOMES, F.R. Ensaios de adubação química do feijoeiro. Ceres, Viçosa, v.11, p.253-264, 1961.

YAMADA, T. Há déficit de mais de 1 milhão de toneladas de nitrogênio na agricultura brasileira. Informações Agronômicas, n.98, junho 2002.

YAMADA, T. Nitrogênio e o potássio na adubação da cultura do milho. Informações Agronômicas, n.78, p.14, junho 1997.

YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Informações Agronômicas, n.91, setembro 2000.

Dinâmica do carbono em sistemas de integração lavoura-pecuária

Júlio Cesar Salton

Introdução

O estoque de carbono orgânico, principal componente da matéria orgânica do solo (MOS), varia em função de sua taxa de perda, que envolve aquelas decorrentes da erosão e oxidação microbiana, e em função de sua taxa de adição por resíduos vegetais ou esterco animais. Em solos sob vegetação natural, como não há influência antrópica, o estoque de carbono orgânico é determinado, principalmente, pelas condições climáticas como temperatura e ocorrência de chuvas, e pelo tipo de solo, devido a influências destes fatores nas taxas de adição e de perda (Bayer & Michiztik, 1997).

Em solos agrícolas, além dos fatores mencionados, os estoques de matéria orgânica dependem do sistema de manejo adotado. Normalmente, a taxa de perda é diretamente relacionada à intensidade de revolvimento do solo, pelos seus efeitos na erosão hídrica e sobre fatores que afetam a atividade microbiana e exposição da matéria orgânica aos microrganismos e suas enzimas (Gregorich et al., 1995; Balesdent et al., 2000). Desta forma, solos submetidos a sistemas de preparo convencional com revolvimento do solo por gradagens, apresentam um decréscimo expressivo nos estoques de MOS. A magnitude destes efeitos depende do clima, do tipo de solo e sistemas de cultura utilizados. Em regiões tropicais as taxas de perda da matéria orgânica são até cinco vezes maiores do que em regiões temperadas (Sanderson & Logan, 1992).

Uma forma de abordar a dinâmica da MOS é considerar os fluxos de entrada e saída durante um período de tempo, sendo que a quantidade de MOS presente no solo é o resultado da diferença entre a quantidade adicionada e a quantidade perdida. Este balanço pode ser representado de forma simplificada, por um modelo unicompartimental como o proposto por Hénin & Dupuis (1945), no qual consideram-se as adições e taxas de transformação de carbono (principal componente da MOS) para um período de tempo, conforme o esquema da Figura 1 e equação (1).

Neste modelo C é a quantidade de carbono no solo em um determinado tempo t, C0 é o estoque original de carbono no solo, A a adição anual de resíduos vegetais, K1 a taxa de conversão dos resíduos vegetais em MOS (coeficiente isohumico) e K2 a taxa de mineralização da MOS.

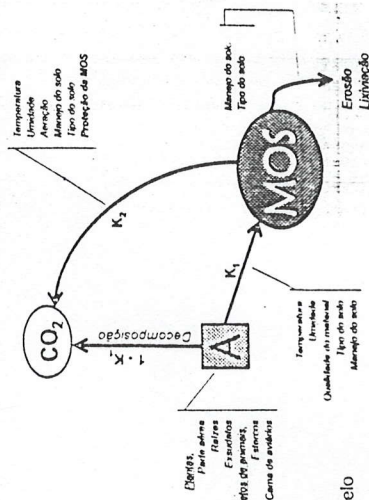


Fig. 1 - Esquema simplificado demonstrando a dinâmica do carbono no solo, adaptado do Modelo de Hénin-Dupuis (Hénin & Dupuis 1945).

$$Ct = C_0 e^{-k_2 t} + \frac{k_1 A}{k_2} (1 - e^{-k_2 t}) \quad (1)$$

Derivando-se a equação (1), obtém-se:

$$\frac{dC}{dt} = k_1 A - k_2 C \quad (2)$$

onde expressa a variação da quantidade de C no solo num dado intervalo de tempo, geralmente considerado de um ano, em função da taxa de adição () e a taxa de perda () do carbono do solo.

Assim, o aumento ou redução do estoque de carbono no solo decorrente da adoção de um determinado sistema agropecuário será correspondente ao saldo entre a entrada de C no sistema via fotossíntese ou animais, e as saídas do sistema via produtos, respiração, oxidação, fermentação, erosão, etc.

Neste sentido, a inclusão de espécies forrageiras, com elevada capacidade de produção de massa vegetal pode contribuir fortemente com o maior aporte de C para o sistema. No entanto, a existência de sistemas integrados de produção (ILP) não é suficiente para garantir saldo positivo de C no solo. Havendo excessivo pastejo da forrageira, poderá não ocorrer sobre de material vegetal senescente em quantidade suficiente para suprir a necessidade de reposição de C ao sistema. Nesta situação, é provável que o sistema apresente um balanço negativo de carbono, pois, o aporte de material orgânico ao solo (parte aérea e raízes das plantas) é dependente da forma de manejo dos animais (pressão de pastejo).

Teor de C no solo

Em experimentos conduzidos em Mato Grosso do Sul, verificaram-se expressivos aumentos no teor de MOS pelo uso de pastagens com diferenças significativas na camada mais superficial, onde os sistemas com a presença de pastagem e a vegetação natural (VN), apresentaram valores superiores aos sistemas apenas com lavouras em Plantio Direto (L-PD) e preparo convencional (L-PC). Este fato, provavelmente, está associado ao maior aporte de material vegetal pelas pastagens. Também se observa que, para todos os sistemas de produção, os teores na camada mais profunda são semelhantes, fruto do manejo empregado antes da implantação dos experimentos (Fig. 2).

Os sistemas de manejo não foram capazes de alterar os estoques de C na camada mais profunda, atuando predominantemente na superfície do solo, o que pode fortalecer a importância da senescência de folhas da pastagem como fonte de C, além daquela decorrente da morte e decomposição do sistema radicular das plantas, que se concentra nesta camada.

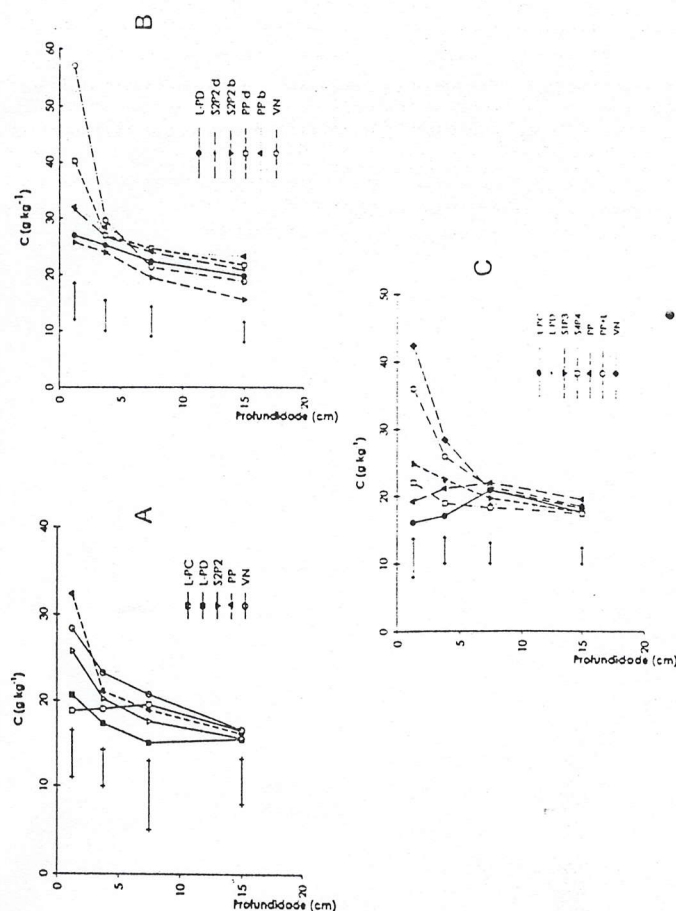


Fig. 2 - Teor de carbono orgânico em camadas de um LVdf argiloso, de Dourados, MS, submetido a sistemas de manejo durante nove anos (A), de um LVdf argiloso de Maracaju, MS, submetido a sistemas de manejo durante 11 anos (B) e de um LV de terra média, de Campo Grande, MS, submetido a sistemas de manejo durante 11 anos (C). As barras indicam o valor para DMS 5%. L-PC = lavouras em sistema convencional, L-PD = lavouras em plantio direto, S2P2 = rotação soja por dois anos/pastagem por dois anos em plantio direto, S1P3 = rotação soja por 1 ano - pastagem (B. brizantha) por 3 anos, S4P4 = rotação soja por 4 anos - pastagem (P. maximum) por 4 anos, PP = pastagem permanente, PP+L = pastagem permanente (B. decumbens) consorciada com leguminosas e VN = vegetação natural (d = B. decumbens, b = B. brizantha). Fonte: Adaptado de Salton, 2005.

Frações da matéria orgânica do solo

Uma das formas de melhor avaliar a dinâmica e a funcionalidade da MOS é através do fracionamento físico, que proporciona a quantificação da fração mais lábil, matéria orgânica particulada - MOP (fracionamento granulométrico) ou fração leve - FL (fracionamento densimétrico) e a respectiva concentração de C, que resulta na quantidade de C-MOP ou C-FL no solo e permite avaliar a eficiência dos sistemas de manejo em aportar matéria orgânica lábil ao solo. Esta fração posteriormente abasce o compartimento estável da MOS, constituída pela fração associada aos minerais ou fração pesada. Como a principal rota de entrada de C ao solo é via decomposição das raízes, em alta concentração nas camadas superficiais e dos resíduos deixados na

superfície do solo, é esperado que a maior quantidade de C-MOP esteja na camada superficial, o que foi verificado por Salton (2005), em avaliação de experimentos de longa duração em Dourados, Maracaju e Campo Grande, MS. Nestes experimentos, a concentração de C-MOP na camada superficial foi observada em todos os sistemas de manejo, com exceção do sistema L-PC que apresentou maior quantidade na camada 5 a 10 cm, devido à deposição de material oriundo da superfície que foi incorporado ao solo nesta profundidade, pela atividade das grades de discos no preparo do solo.

Em geral, entre 77 e 93% do COT foi recuperado na fração da MOS associada aos minerais do solo (C-MOM). A fração particulada (C-MOP) variou entre 7 e 23% (Fig. 3). Em Dourados, o sistema Past apresentou 6,7 Mg ha⁻¹ de C-MOP, sendo significativamente superior ao sistema Lav com 4,1 Mg ha⁻¹ de C-MOP, estando o sistema Lav-Past com 5,2 Mg ha⁻¹ em posição intermediária. Em termos proporcionais ao conteúdo total de C no solo, os sistemas de manejo apresentaram, 10%, 11% e 13%, respectivamente. Isto está, aparentemente, condizente com o aporte de resíduos na superfície do solo pelas diferentes formas de uso deste.

Em Maracaju, houve uma acentuada diferença entre o valor obtido para o sistema de referência (VN) com 10,6 Mg C ha⁻¹ e as formas de manejo com lavouras, que apresentaram os valores inferiores, variando de 4,1 Mg C ha⁻¹ para o Lav a 5,6 Mg C ha⁻¹ para o Lav-Past. A área de referência (VN) para este local apresentava vegetação de campo onde espécies gramíneas vegetavam, resultando em abundante material vegetal morto sobre a superfície. Em termos relativos, os estoques de C-MOP nos sistemas de manejo, estão coerentes com o estoque total e com o aporte de resíduos vegetais, apresentando valores de 7%, 9%, 11% e 15%, respectivamente para Lav, Lav-Past, Past e VN.

No caso do experimento de Campo Grande, os estoques de C-MOP na camada 0 a 20 cm variaram de 8,5 Mg ha⁻¹ a 11,1 Mg ha⁻¹ respectivamente, para os sistemas Past e VN. O menor estoque de C-MOP verificado para o sistema Past, pode indicar que o manejo adotado na pastagem está inadequado, pois o reduzido aporte de material vegetal ao solo, está relacionado ao pastejo acima da condição ideal, na qual não há sobra de material vegetal que permite a planta acumular reservas visando o rebrote e resulta na senescência de folhas e talos, fonte de material particulado. Embora o estoque total de C no sistema Past seja superior aos outros sistemas, o fracionamento da MOS nos permite prever que a manutenção de tal forma de manejo não será sustentável em médio prazo, pois não havendo suprimento de C ao solo (via MOP), haverá redução no estoque total de C do solo. A análise dos valores relativos de C-MOP demonstra claramente esta situação, pois enquanto os sistemas possuem entre 22 e 23% do total, o sistema Past apresenta apenas 16%.

O fracionamento da MOS possibilita avaliar a eficiência dos sistemas de manejo em aportar MO lábil ao solo, que posteriormente vai abastecer o compartimento estável da MOS, aquela associada aos minerais. É desejável que o solo apresente adequada quantidade de C-MOP pois desta forma estará garantindo fluxo de C para o solo e assim mantendo sua atividade biológica. Por outro lado, caso o solo não disponha de MO lábil em quantidade suficiente para suprir suas necessidades, os processos de oxidação da MO irão resultar em redução do estoque de C no solo, dando início a processo de perda de qualidade e degradação do solo.

Sequestro de C

A conversão de sistemas de produção apenas com lavouras, para sistema com rotação de lavouras e pastagens em PD (Lav-Past) pode proporcionar significativa

contribuição no sequestro de carbono, pois além das quantidades armazenadas no solo, deve-se considerar o volume não consumido de formas diretas e indiretas, provenientes do melhor uso de insumos industrializados (adubos, fungicidas, etc.) e menor consumo de combustível. Também deve ser considerada a ausência de perdas por erosão, maior produtividade dos cultivos (maior eficiência), melhor qualidade de forragem para os animais e consequente maior produtividade animal, com menor emissão de metano (Reid et al., 2004). No Brasil, com vastas áreas com lavouras e pastagens, a simples adoção de determinadas práticas pode significar grande quantidade de carbono retirada da atmosfera. Na hipótese de adoção do sistema de rotação soja-pastagem, em apenas metade da área cultivada com soja na Região Centro-Oeste (~10 milhões de hectares), poder-se-ia atingir cifras de 2,2 Tg de C ano⁻¹ considerando apenas a camada 0 a 20 cm (5.000.000 ha x 0,43 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹). Em outra situação possível, pode-se estimar a quantidade adicional de C incorporado ao solo através da melhoria das pastagens, que apresentam taxas de sequestro em torno de 0,8 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹ quando bem manejadas e taxa inferior a 0,4 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹ quando em degradação. Ao considerar a adoção de medidas para melhorar as pastagens (ajuste de carga e adubação) em apenas 1/3 das áreas de pastagem da Região Centro-Oeste, poderia ser atingido 6,0 Tg de C ano⁻¹ (15.000.000 ha x 0,4 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹). Desta forma, a soma destas duas situações corresponderia à expressiva cifra de 8,8 Tg de C ano⁻¹.

Práticas como o PD, rotação de culturas, uso de leguminosas, adubação e manejo de pastagens, entre outras, proporcionam efetiva contribuição para um balanço positivo de carbono. O sequestro de carbono pelos sistemas agrícolas deve ser considerado como um ganho adicional, decorrente da utilização de tecnologias adequadas cuja principal finalidade é a de produzir de forma sustentável.

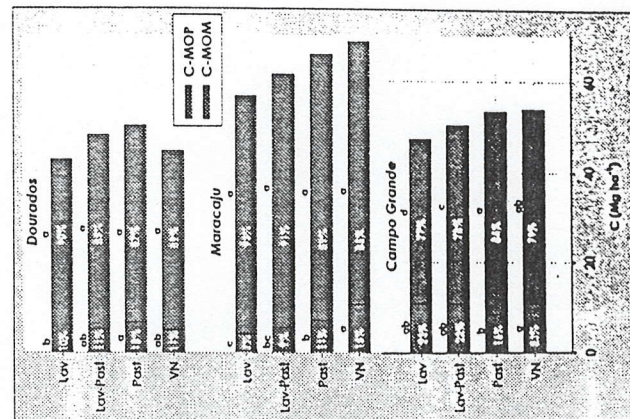


Fig. 3 - Estoques de carbono, na camada 0 a 20 cm do solo, nas frações associada aos minerais do solo (C-MOM) e na matéria orgânica particulada (C-MOP) e a proporção entre as duas frações em sistemas de manejo em experimentos de longa duração. Letras iguais sobre as barras da mesma variável indicam semelhança a DMS 5%. Fonte: Salton et al., 2005.

Referências bibliográficas

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997.
- GREGORICH, E. G.; ELLERT, B. H. MONREAL, C. M. Turnover of soil organic matter and storage of corn residue carbon estimated from natural ^{13}C abundance. *Canadian Journal Soil Science*, Ottawa, v. 75, p. 161-167, 1995.
- BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v. 53, p. 215-230, 2000.
- SANCHEZ, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soil in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Eds.) *Myths and science of soils of the tropics*. Wisconsin: Soil Science Society of America, 1992. p. 35-46. (Special Publication, 29)
- HÉNIN, S.; DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique du sol. *Annales Agronomiques*, Paris, v.15, p.17-29, 1945.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 29).
- REID, R. S.; THORNTON, P. K.; MCCRABB, G. J.; KRUSKA, R. L.; ATIENO, F.; JONES, P. G. Is it possible to mitigate greenhouse gas emissions in pastoral ecosystems of the tropics? *Environment, Development and Sustainability*, Dordrecht, v. 6, p. 91-109, 2004.
- SALTON, J. C. Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura-pastagem em ambiente tropical. 2005. 158 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.