

# MANEJO DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA FLORESTA NO CENTRO-SUL DO PARANÁ

**Jonatas Thiago PIVA**

*Doutor em Produção Vegetal  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC  
Curitibanos – SC  
jonatas.piva@ufsc.br*

**Anibal de MORAES**

*Doutor em Zootecnia  
Universidade Federal do Paraná – UFPR  
Curitiba – PR*

**Jeferson DIECKOW**

*Doutor em Ciência do Solo  
Universidade Federal do Paraná – UFPR  
Curitiba – PR*

**Vanderley Porfírio da SILVA**

*Doutor em Produção Vegetal  
Embrapa Florestas  
Colombo – PR*

**Palavras-chave:** sistemas integrados, plantio direto, carbono e gases de efeito estufa.

## Introdução

Nos últimos anos tem aumentado cada vez mais o interesse da sociedade em geral em identificar estratégias de produção agropecuárias que visem o aumento da produção por área, integrada à proteção dos recursos naturais, com intuito de atender a demanda crescente por alimentos no mundo. Essas novas formas de utilização do solo, visam diminuir o impacto de degradação gerado por práticas agrícolas com uso de monoculturas, sejam agrícolas ou pastagens, e exploração convencional realizadas no Brasil até o final século passado. Dessa forma, principalmente na região Sul do país, onde se concentra boa parte da área e da produção de grãos, nas últimas duas décadas se intensificou os estudos para verificar possíveis formas de produção agropecuárias que promovam a diversificação das propriedades visando à sustentabilidade.

Entre as possibilidades de diversificação, encontram-se a integração lavoura-pecuária (ILP), e mais recentemente a integração lavoura-pecuária floresta (ILPF), que junto com outras práticas, como a rotação de culturas, plantio direto e uso de genótipos melhorados permitem maior sustentabilidade dos agroecossistemas. O termo sistemas integrados tem sido utilizado de forma

genérica para sistemas de produção em que participem atividades agrícolas, pecuárias e florestais com um mínimo de interface entre elas.

Os sistemas integrados de produção como conceito tecnológico são tão antigos quanto a domesticação dos animais e das plantas. A utilização desses sistemas podem ser observados em vários países. No Brasil, por exemplo, a ILP sempre foi bastante utilizada, em particular na abertura de fronteiras agrícolas. O que é novo, em termos mundiais e de Brasil, é a aplicação desses conceitos de ILP em sistemas de plantio direto (SPD). Embora haja muitos paradigmas a respeito da entrada de animais em áreas de sistema de plantio direto (MORAES et al., 2002), observa-se forte crescimento na adoção da tecnologia de integração, particularmente no centro-sul do país, com particularidades distintas de cada região. No Cerrado o enfoque da integração está na rotação de culturas, recuperação dos solos e de pastagens degradadas. Já no Sul do Brasil o enfoque tem sido também no manejo do solo através da rotação e diversificação, mas principalmente como alternativa de renda e utilização da terra nos períodos entre as lavouras de verão. Apesar dos diferentes enfoques, os benefícios dos sistemas integrados têm sido associados invariavelmente à redução de custos, aumento da eficiência do uso da terra, melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, redução de pragas e doenças, aumento de liquidez e de renda.

A região Sul do Brasil possui uma área cultivada anualmente com culturas de grãos, em torno de 15 milhões de ha (CONAB, 2013). Contudo, no inverno essas áreas tem uma baixa taxa de utilização, somente cerca de três milhões ha são utilizados com culturas de inverno. A questão é que cerca de 12 milhões de ha no inverno na região Sul ficam sem uso, diminuindo a renda dos produtores, criando problemas de manejo do solo, devido ao solo exposto e/ou pelo baixo acúmulo de resíduos.

Os sistemas integrados de produção do Sul do Brasil, e em especial na região centro-sul do estado do Paraná se baseiam nesse modelo de uso e manejo do solo, ou seja, as áreas que no verão são cultivadas por lavouras milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e soja (*Glycine max*), são destinadas a produção animal no inverno sob pastagens anuais de inverno, principalmente, aveia (*Avena spp.*) e azevém (*Lolium multiflorum*). No entanto, ainda existem algumas restrições, principalmente pelos produtores rurais a adoção dessas práticas, como o fato de que o animal pode ser exportador de nutrientes do sistema, ou devido ao fato de que os animais em áreas de lavoura podem afetar as características físicas do solo e/ou não proporcionar a manutenção de matéria orgânica ou cobertura vegetal após o pastejo. A pesquisa vem de encontro a esse problema e justifica o fato de que o animal no sistema tende a melhorá-lo, e que os insucessos estão baseados, principalmente, no manejo do solo através da falta de fertilização das áreas e na excessiva carga animal imposta nos períodos de pastoreio.

A utilização de sistemas integrados de produção nas mais diversas condições de solo, clima e culturas, tem despertado o interesse em diferentes linhas temáticas de pesquisa sobre esse assunto. Dentre essas, se destaca o

estabelecimento de um nível ótimo de biomassa que garanta cobertura de solo e não comprometa o desenvolvimento da lavoura. Em sistemas integrados isto não é uma tarefa fácil e, dependendo do interesse, esse nível pode ser diferente. Levando em consideração apenas a cobertura do solo no controle da erosão, a existência de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de resíduos, que correspondem a 65% de cobertura do solo, reduziu a erosão em até 90% (LOPES et al., 1987). A quantidade de resíduos sobre o solo podera determinar o sucesso dos sistemas integrados, quando se considera a produção animal, a complexidade aumenta, uma vez que a biomassa aérea define o ganho por animal e o ganho por área, por afetar a ingestão de forragem e oportunizar ao animal a possibilidade de selecionar sua dieta. A consequência dessas particularidades dos sistemas integrados em SPD é que a taxa de lotação animal utilizada é determinante tanto da produção pecuária quanto agrícola e que pode ter impactos significativos nos atributos do solo.

### **Manejo do Solo em Sistemas Integrados**

O manejo do solo é fundamental para o sucesso dos sistemas integrados de produção. A adoção de práticas como o sistema de plantio direto, cultivo em nível, manutenção de cobertura vegetal sobre o solo e a rotação de culturas, são preponderantes para a manutenção da qualidade desses sistemas. Para isso, algumas avaliações relacionadas ao uso e manejo do solo vêm sendo conduzidas no centro Sul do estado do Paraná em sistemas integrados, com o objetivo de verificar e comprovar a eficiência desses sistemas em promover o aumento de produtividade sem, no entanto, diminuir a qualidade do solo.

Nesse sentido, está sendo conduzido um experimento na UNICENTRO em Guarapuava, iniciado em 2006, onde é avaliada a influência de doses de nitrogênio aplicadas na pastagem de inverno e na cultura de verão, bem como o uso ou não do pastejo no inverno, em sistema de plantio direto. Nesse experimento, nas áreas com a implantação da ILP, os teores de matéria orgânica (MO) demonstram uma tendência de serem superiores às áreas não pastejadas nos quatro anos de avaliação de 2006 a 2009 (SARTOR, 2012), tanto em superfície como em subsuperfície do solo. Essa maior concentração em camadas mais profundas pode ser explicada pela migração em profundidade de ácidos orgânicos que pode ser intensificada pela presença de dejetos animais na área. Os teores de matéria orgânica vão sofrer influência pelo manejo imposto durante a fase pastagem, como por exemplo, ao evitar pastejos excessivos na área e, aliado a isso, a utilização de rotação de culturas no verão com inclusão de espécies que produzam altas quantidades de fitomassa, como o milho (NICOLOSO et al., 2008), proporcionaram condições para maiores concentrações de matéria orgânica no solo. Fatores que contribuem também para o melhor e maior desenvolvimento da microbiota do solo, tornado mais eficiente a ciclagem de nutrientes, podendo trazer benefícios aos sistemas produtivos.

O solo é considerado o componente dentro de um sistema de integrado que recebe e centraliza grande parte das modificações que ocorrem nesse sistema,

acumulando-as durante os anos. As propriedades físicas são consideradas boas indicadoras de diminuição da qualidade desse solo oriundo do manejo adotado, e conseqüentemente de sua degradação. As principais propriedades físicas do solo são: estrutura, agregação, densidade e porosidade. Para que o solo consiga atender as suas funções ambientais de regulador dos fluxos de água e nutrientes e mantenha a produtividade de forma sustentável, este deve ter uma estrutura em boas condições, a qual proporcionará boa infiltração de água, adequado desenvolvimento radicular, maior agregação e melhores condições de porosidade, gerando um ambiente físico-hídrico ideal para as plantas se desenvolverem.

O manejo do solo em sistemas integrados de produção deve priorizar a formação de uma estrutura com agregados maiores e com alta estabilidade. Pastagens manejadas com intensidades de pastejos moderados, podem alcançar esse objetivo, através do aumento os teores de matéria orgânica (CASTRO FILHO et al., 1991) e também pela melhor agregação do solo feita pela ação mecânica e exsudação de compostos orgânicos pelas raízes (TISDALL; OADES, 1982).

Quando os pastejos são conduzidos com intensidades muito altas, a produção de matéria verde diminui, o desenvolvimento radicular é menor, conseqüentemente a adição de matéria orgânica também diminui, refletindo num estado de agregação mais frágil. Souza (2008) avaliando o diâmetro médio ponderado de uma área de ILP sob plantio direto conduzido com diferente intensidade de pastejos, P10, P20, P30 e P40, correspondente as alturas de manejo que a pastagem foi conduzida, comparado a área sem pastejo, verificou maior diâmetro médio ponderado e conseqüentemente maior agregação na intensidade de pastejo moderado P20, comprovando ser esse manejo o mais adequado para a formação de agregados maiores e mais estáveis, pelo maior acúmulo de carbono e massa de raízes nesse tratamento.

Outra propriedade importante que tem relação direta com o manejo do solo é a densidade, que em sistemas integrados ainda é um grande paradigma para a maioria dos agricultores, devido a entrada de animais em áreas de lavoura. Manejo da pastagem com pressão de pastejo muito elevada, ou pela baixa oferta de forragem, pode ocasionar problemas de compactação, que na maioria das vezes ocorrem na camada superficial 0-5 cm e que quase sempre são revertidos pelo ciclo da cultura de verão (MARCHÃO et al., 2007). Áreas com sistemas integrados de produção, se corretamente manejadas sob plantio direto com acúmulo de matéria orgânica, podem contribuir para melhorar a densidade e a porosidade do solo. Piva (2010), avaliando diferentes sistemas de uso do solo envolvendo ILP em plantio direto cultivado com aveia no inverno e milho no verão na região de Castro-PR, não observou diferença na densidade e porosidade entre a área somente de lavoura e a área sob ILP.

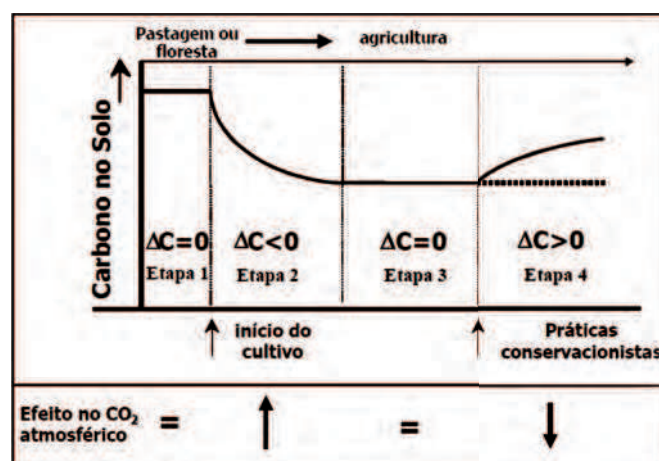
### **Acúmulo de Carbono em Sistemas Integrados**

A contribuição no aumento dos teores de carbono (C) no solo em sistemas integrados de produção sob plantio direto, foram observados em estudo realizado nos campos gerais do Paraná, localizado na fazenda modelo do IAPAR.

O experimento iniciou em 2006, comparando diferentes sistemas de uso do solo sob plantio direto: aveia e azevém para cobertura do solo no inverno e milho e soja no verão (LAV), aveia e azevém para pastejo no inverno e milho e soja no verão (ILP) e aveia e azevém para pastejo no inverno e milho e soja no verão, intercalados a fileiras de árvores (ILPF). Nesse estudo a concentração de carbono orgânico total (COT) foi maior nas camadas superiores do solo em todos os sistemas de uso e diminuiu em profundidade. Entre os sistemas, a maior concentração ocorreu no solo sob ILPF (18,9 g C kg<sup>-1</sup> solo), seguido do ILP (14,5 g C kg<sup>-1</sup> solo) e LAV (10,9 g C kg<sup>-1</sup> solo) (PIVA, 2012). Os maiores valores de COT na camada superficial em sistemas integrados de produção sob sistema de plantio direto, é devido à deposição dos resíduos das culturas que ficam sobre o solo e pelo maior aporte de resíduos na camada subsuperficial promovidos pelas raízes das pastagens e das árvores.

A dinâmica do carbono em sistemas agrícolas pode ser entendida na Figura 1, onde na etapa um, sob vegetação natural ou pastagem, o estoque de carbono no solo é elevado e está em equilíbrio. No momento que se inicia os processos de uso e preparo do solo de forma mais intensiva com manejos inadequados, começam a diminuir os estoques de carbono no solo (etapa 2). Mantendo esse sistema de manejo e uso intensivo do solo, a concentração se estabiliza em valores bem inferiores (etapa três) aos observados numa vegetação natural. A partir do momento que se inicia a implantação de sistemas de uso e manejo do solo mais conservacionista, como os sistemas integrados de produção sob sistema de plantio direto, ocorre um aumento gradual dos teores de C no solo, sendo mais evidente ao longo dos anos de implantação desses sistemas.

Atualmente é sabido que o sistema de plantio direto na palha, com rotação de culturas, têm capacidade elevada em sequestrar o CO<sub>2</sub> atmosférico, bem como, fixar esse carbono no solo (BAYER, 2004). Sendo que esse processo pode ser acelerado quando ocorre nessas áreas de plantio direto a introdução



**Figura 1.** Dinâmica do carbono em diferentes sistemas de uso e manejo do solo, e seu efeito no CO<sub>2</sub> atmosférico. Fonte: FAO, 2001.

dos sistemas integrados de produção, que aumentam a quantidade de material vegetal adicionado através dos ciclos de pastejo e rebrote, principalmente abaixo da superfície do solo, apresentando-se como boa alternativa para aumentar e manter o estoque de carbono no solo.

### **Emissão de Gases de Efeito Estufa em Sistemas Integrados**

Nas últimas décadas tem aumentado a preocupação da sociedade mundial com as mudanças climáticas ocorridas no planeta, que são decorrentes do aquecimento global. Isso se deve principalmente ao aumento na concentração dos principais gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, dentre eles destacam-se o  $\text{CH}_4$  (metano) e  $\text{N}_2\text{O}$  (óxido nitroso). Tal aumento é devido principalmente a ações antrópicas, seja de forma direta pelo aumento do uso de combustíveis fósseis, aumento da poluição industrial, aumento das queimadas, ou indiretamente pelo uso irracional dos recursos naturais.

A agricultura mundial e em especial a Brasileira tem contribuído significativamente para a emissão dos GEE. Essa emissão ocorre principalmente pela mudança de uso da terra, através dos desmatamentos e queimadas, que são realizados na abertura de novas áreas para a implantação de pastagens e culturas de grãos, e também, pela degradação de áreas já existentes, principalmente de pastagens. Desta forma, buscaram-se estratégias, dentro dos sistemas de produção agropecuários, que tenham capacidade de mitigar a emissão de GEE. Sistemas integrados sob plantio direto, além dos benefícios químicos, físicos e biológicos que proporcionam ao solo, também trazem a vantagem de ter um alto potencial em sequestrar e acumular  $\text{C-CO}_2$  no solo, como descrito anteriormente, tornando o balanço final desses sistemas favorável a mitigação dos GEE.

Como esse tema é mais recente no Brasil existem poucos estudos, principalmente no Sul do Brasil, avaliando o potencial destes em emitir ou mitigar GEE. Piva (2012) avaliando a emissão de GEE em sistemas de ILP comparados com área somente de lavoura, com doses de nitrogênio, em Guarapuava-PR, observou uma tendência de picos de emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  nas áreas sem pastejo nas maiores doses de nitrogênio. A emissão total de  $\text{N}_2\text{O}$  em  $\text{kg ha}^{-1}$  no período avaliado foi de  $0,65 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{N-N}_2\text{O}$  na área com pastejo e  $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{N-N}_2\text{O}$  na área sem pastejo. Já para as doses de nitrogênio os valores de emissão total de  $\text{N}_2\text{O}$  foram de  $0,45$ ,  $1,78$  e  $2,10 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{N-N}_2\text{O}$ , respectivamente para as doses  $0$ ,  $75$  e  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{N}$ . Uma explicação para esses menores valores de emissão total de  $\text{N}_2\text{O}$  nas áreas de ILP, é que o nitrogênio é mais dinâmico no sistema solo-planta, sendo mais cíclico do que em áreas sem pastejo. Com relação ao  $\text{CH}_4$ , esse manteve tendência de ser absorvido no solo, tendo picos de emissão logo após as adubações nitrogenadas e sendo maiores nas áreas sem pastejo. Esses resultados mostram que se corretamente manejados os sistemas de ILP sob plantio direto possuem potencial para mitigar os gases de efeito estufa.

Essa mesma tendência de maiores emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  e de menor absorção de  $\text{CH}_4$  no solo nas áreas sem pastejo no inverno, também foram observadas em outro trabalho nos campos gerais do Paraná, onde avaliou-se a emissão dos GEE



em diferentes sistemas de uso do solo: área somente de lavoura, ILP e ILPF. A emissão de  $N_2O$  foi superior na área conduzida somente com lavoura, seguido da ILP e com menor emissão a área de ILPF. Para  $CH_4$  a taxa de emissão foi negativa ocorrendo uma absorção no solo, sendo maior na área de ILPF seguida de ILP e lavoura. Esses resultados mostram o potencial que esses sistemas integrados têm em mitigar a emissão dos GEE, que juntamente com a maior capacidade em acumular carbono no solo, principalmente, pelas raízes das pastagens e das árvores, tornam potenciais drenos de  $CO_2$  da atmosfera para o solo.

Os trabalhos realizados no centro sul do Paraná mostram que o manejo do solo sob plantio direto, conduzido em sistema integrado de produção, tem capacidade em diminuir a emissão GEE, principalmente em áreas com a utilização de ILPF. No entanto, vale ressaltar que esses sistemas apresentam emissões significativas de  $N_2O$  e principalmente de  $CH_4$ , oriundos dos dejetos, que precisam ser melhor estudados e avaliados nos mais diferentes condições de manejo. Contudo, deve-se levar em consideração a quantidade de alimentos (carne, leite, etc.), que são produzidos por estes sistemas, para o cálculo do potencial de aquecimento global (PAG), além, da maior capacidade em acumular C no solo comparado a sistemas “puros” de grãos.

Uma forma mais eficiente de avaliar e comparar sistemas de uso e manejo do solo é através do PAG. O PAG representa o resultado de um balanço entre emissões de  $N_2O$  e  $CH_4$  e as remoções de GEE, através do sequestro de C, proporcionado por um determinado sistema de uso e manejo do solo. Entende-se que esse balanço é uma forma mais exata de avaliar o potencial de mitigação que um determinado sistema de uso e manejo do solo proporciona, em vez de usar somente o sequestro de carbono ou somente a emissão total de GEE, sendo expresso em C-equivalente ( $C_{eq}$ ).

Dentro dos ecossistemas terrestres o solo possui o maior reservatório de carbono, variando entre 1200 a 1600 Pg (BRUCE et al., 1999), essa dinâmica no solo é controlada pelo balanço entre a entrada, via resíduos vegetais e saída via mineralização da MO. Diante disso, as práticas culturais atuam de forma a conduzir o solo como fonte ou dreno de C- $CO_2$  para atmosfera (LAL et al., 1995). Sistemas agropecuários podem exercer um papel fundamental na mitigação dos GEE pela sua ação direta no balanço líquido entre as emissões e as remoções do solo, principalmente os sistemas integrados, por possuírem maiores aportes de resíduos e, conseqüentemente, de C principalmente nas raízes, atuando como dreno dos GEE. Assim, sistemas de produção agropecuários para serem considerados sustentáveis, devem ter a capacidade de manter e aumentar os teores de carbono no solo.

### **Bibliografia citada**

BAYER, C. Potencial de práticas agrícolas em mitigar as emissões de gases de efeito estufa para atmosfera. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15., 2004, Santa Maria. Palestras. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 1 CD ROOM.

BRUCE, J. P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; Lal, R. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservations*, 5:382-389, 1999.

CASTRO FILHO, C.; HENKLAIN, J. C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JUNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern in Brasil. *Soil & Tillage Research*, 20:271-283, 1991.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação da Safra Agrícola 2011/2012 -Levantamento - Junho/2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>>. Acesso em: 15 de Março de 2013.

LAL, R.; KIMBLE, J. M.; LEVINE, E.; WHITMAN, C. Word soil and greenhouse effect: An overview. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (Eds.) *Soils and global change*. Boca Raton: CRC Press, 1-7, 1995.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhadas uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 11:71-75, 1987.

MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JUNIOR, J. D. G.; SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 873-882, 2007.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C.F.; CASSOL, L.C. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: MELLO, N.A., ASSMANN, T.S. (Eds.). *I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil*. p.3-42. 2002.

NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M. E. Balanço de carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:2425-2433, 2008.

PIVA, J. T. **Emissão de óxido nitroso e metano em um Latossolo bruno submetido a sistemas de preparo e integração lavoura pecuária**. 2010. 57 p. (Dissertação - Mestrado), Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2010.

PIVA, J. T. **Fluxo de gases de efeito estufa e estoque de carbono do solo em sistemas integrados de produção no sub trópico brasileiro**. 2012. 96 p. (Tese - Doutorado), Programa de pós-graduação em Produção vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2012.

SARTOR, L. R. **Atributos químicos e biológicos do solo, rendimento e valor nutritivo de grãos de milho em sistema de integração lavoura-pecuária em resposta ao nitrogênio**. 2012. 102 p. (Tese - Doutorado), Programa de pós-graduação em Produção vegetal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2012.



SOUZA, E. D. **Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo.** 2008. 162p. (Tese - Doutorado). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and waterstable aggregates. Soil Journal of Soil Science, 33:141-163, 1982.