

*Segundo Urquiaga Caballero*

*Bruno José Rodrigues Alves*

*Claudia Pozzi Jantalia*

*Luis Henrique de Barros Soares*

*Robert Michael Boddey*

## **Introdução**

Agricultura é a arte da produção de alimentos com mínima perturbação do meio ambiente. Esta é a regra essencial que rege as Ciências Agrônômicas, e pela qual juram, os agrônomos, por ocasião da obtenção do título profissional. Mas por muito tempo, aliás desde quase toda a história da humanidade, o homem antigo e o moderno têm considerado os recursos naturais – incluindo o solo, suporte essencial da produção de alimentos agrícolas – como infinitos, desperdiçando seus valores e terminando na sua degradação, e na série de problemas ambientais que se refletem através do aquecimento global.

Dentre os fatores agrícolas que mais influenciam a produção de alimentos estão o solo e a água. Existe uma grande diversidade de solos, mas em todos estes a característica da fertilidade natural tem estado muito relacionada com a sua capacidade potencial de produção. Hoje em dia, ainda pode-se dizer que o desenvolvimento dos povos está diretamente relacionado com o grau de riqueza de seus solos e a disponibilidade de água. Considera-se como certeza o fato que não existem povos desenvolvidos em solos pobres; mas aceitar inteiramente esta generalização é desprezar a tecnologia que nos permite não apenas otimizar os fatores mais favoráveis, senão também controlar o impacto negativo dos fatores limitantes. Um bom exemplo disto são os solos do Cerrado, que não obstante serem naturalmente muito pobres, com adequado manejo constituem, hoje em dia, a mais importante fronteira agrícola do mundo, tendo em conta que no mundo globalizado de hoje, grande parte dos bens agrícolas produzidos no

Cerrado é distribuído através do comércio internacional. Para o Brasil a importância do Cerrado na produção de grãos, no último ano, se expressa por contribuir com 34% da produção anual em apenas 30,5% da área cultivada (IBGE, 2008).

O presente capítulo objetiva apresentar uma análise crítica de alguns fatores relacionados com o sequestro de carbono e emissão de gases de efeito estufa pelo solo como resultado do impacto de práticas de manejo do recurso solo, dentro do contexto da preservação ambiental, sem deixar de considerar o componente educacional que, no nosso entender, muito tem a ver com a formação de recursos humanos para alcançar a tão desejada sustentabilidade agrícola.

## **Agricultura e as mudanças climáticas**

A partir do estabelecimento de uma atividade agrícola, o que é considerado como um dos principais passos do homem para o desenvolvimento da humanidade, a produção de alimentos baseou-se na exploração de terras férteis. Entretanto, estas áreas tornaram-se cada vez mais escassas e esta ocupação baseou-se no desmatamento total. Com o desenvolvimento de processos tecnológicos, ocorrendo com maior intensidade nos últimos 50 anos, destacam-se tecnologias como o melhoramento genético e o uso de fertilizantes, que promoveram a conhecida “Revolução verde” (MATSON et al., 1997). Em todo este processo pouca atenção foi dada à proteção do meio ambiente.

Em virtude do desenvolvimento tecnológico na agricultura, no final dos anos 60 do século passado, quando se considerava que a fronteira agrícola do mundo tinha chegado praticamente ao seu fim, na América do Sul se descobre que os solos do Bioma Cerrados, localizados na parte central do Brasil, tinham amplas possibilidades de serem incorporados à agricultura. Abriu-se a possibilidade de uma nova fronteira agrícola, com o potencial de ser expandida para mais de 200 Mha, na sua maioria em Latossolos. Hoje em dia isso é uma realidade graças a resultados relevantes de inúmeros trabalhos de pesquisa em manejo de solos (calagem, fertilização e outros) e culturas (seleção de variedades e outros), sendo que mais recentemente foram sendo também incluídos os sistemas de preparo do solo conservacionistas (plântio direto) (ALVES et al., 2006). Tudo isso, na prática, significa uma

extensão da revolução verde, e uma demonstração de que a fertilidade natural dos solos não é mais essencial para o desenvolvimento agrícola e sim a tecnologia de manejo dos solos, criando-se fertilidade em solos cuja limitação era justamente a pobreza em nutrientes.

Ao que tudo indica, o grande erro que o homem cometeu foi considerar as terras agrícolas férteis como ilimitadas, como se os nutrientes contidos nos solos não fossem finitos. Hoje em dia, ainda nos países pobres e mesmo em países com bom desenvolvimento como o Brasil, onde grande parte dos alimentos que se consome diariamente é derivada da agricultura familiar, a produção de alimentos está baseada na exploração do baixo conteúdo dos nutrientes do solo, com nula ou mínima reposição através da fertilização. Isso contribui para degradação do recurso solo e do meio ambiente como um todo. Por isso, chama muita a atenção que algumas pessoas sem adequado conhecimento ou preparação técnica não conseguem entender que a maioria dos solos tropicais, pobres em nutrientes por natureza, somente conseguirá ser produtivo se levarmos em consideração a reposição de nutrientes através da adubação (de qualquer natureza).

De todos os nutrientes, o único que pode ser produzido no campo é o nitrogênio, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), principalmente nas leguminosas de grão (soja, feijão, amendoim, caupi e outros), leguminosas como adubos-verdes e através da FBN associada à cultura de cana-de-açúcar e pastagens, mas na maioria dos casos é necessário otimizar a FBN através do melhoramento genético das culturas e pelo uso da inoculação específica.

A baixa reposição dos nutrientes do solo leva à depleção de matéria orgânica e com isso a significativa e crescente perda de carbono para a atmosfera na forma de  $\text{CO}_2$ , principal gás de efeito estufa. Somado a isso, outros gases emitidos pelo solo como  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{CH}_4$  derivados da agricultura, também têm efeito significativo no aquecimento global (ALVES et al., 2006; BALL et al., 1999; SISTI et al., 2004). De acordo como o Painel Internacional de Mudanças Climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006) considera-se que a agricultura responde por mais de 20% do aquecimento global, fenômeno que por sua vez traz prejuízos e perdas de produção agrícola. Nesse sentido, esforços intensos vêm sendo realizados visando o desenvolvimento de técnicas que permitam não

somente uma agricultura sustentável, mas que contribua para mitigar o efeito estufa.

Deve-se destacar também que a perda da capacidade produtiva dos solos por diferentes mecanismos, chamados também de “fatores de degradação”, que em tese, significam o mesmo que perder solo por erosão ou diminuição da área agrícola, os quais devem ser evitados. O problema da degradação dos solos se iniciou na antiguidade, ou melhor, nasceu com a agricultura, com o desmatamento e o uso intensivo (ou abusivo) dos solos (OLSEN, 1981). Deve-se destacar também que hoje em dia o maior problema da degradação das terras do mundo está associado às perdas de solo por erosão (OLDEMAN et al., 1991).

A mecanização agrícola, se é certo que trouxe enorme benefício para a intensificação da agricultura, repercutindo favoravelmente na produção de alimentos, tem contribuído também para a rápida degradação do solo, quando empregada de forma inadequada. Como exemplo disto tem-se que nas zonas agrícolas temperadas a perda da MOS da camada arável foi rápida nos primeiros 25 anos de cultivo, com perdas de até 50% do carbono original (MATSON et al. 1997). Nos trópicos a situação é mais drástica, tais perdas poderiam ocorrer em 5 anos, caso as áreas de floresta nativa de Cerrado fossem substituídas pelo cultivo anual de soja sob sistema de preparo convencional do solo (SILVA et al, 1994).

Dentre as técnicas modernas disponíveis que contribuem para uma agricultura sustentável, destacam aquelas relacionadas ao manejo dos solos (calagem, fertilização e outros), o uso de sementes melhoradas, controle de pragas e doenças, irrigação, sistemas conservacionistas de manejo do solo (plantio direto ou cultivo mínimo), e rotação de culturas, onde se inclui o sistema de integração lavoura-pecuária, entre outros (URQUIAGA et al., 2005a; URQUIAGA et al., 2004; URQUIAGA; ZAPATA, 2000; STUDDERT et al., 1997).

### **Mitigação do efeito estufa: sequestro de carbono**

A partir do crescimento dos organismos no planeta, especialmente das plantas na era Paleozóica, há aproximadamente 360 milhões de anos, entre os períodos Devoniano e Carbonífero, as partículas minerais da superfície terrestre receberam aportes

crescentes de resíduos vegetais que constituíram mais tarde o húmus ou matéria orgânica do solo. Este composto orgânico, tendo como base de sua constituição o carbono, contribuiu para diminuir os altos níveis de CO<sub>2</sub> da atmosfera daqueles tempos, fenômeno que hoje é conhecido como sequestro de carbono. Desta forma, pode-se dizer que as plantas contribuíram para diminuir o chamado efeito estufa reinante. Disto deduz-se, como mencionado acima, que a influência do homem para o atual fenômeno do efeito estufa começou com o desmatamento e queima da biomassa vegetal, na procura de terras férteis para a agricultura, fenômeno agravado mais tarde com a crescente queima de combustíveis fósseis. Ou seja, com a agricultura e o uso de energia fóssil começou-se a devolver à atmosfera enormes quantidades de carbono que estava sequestrado no solo e na biomassa vegetal.

Por isso, hoje em dia, existe a crescente preocupação em se obter sistemas de manejo dentro do conceito de sustentabilidade por um lado, e pela procura de sistemas que permitam mitigar o efeito estufa, obtendo-se de fontes alternativas de energia a partir da biomassa vegetal (URQUIAGA et al., 2004). Deve-se destacar também que outros gases emitidos pelo solo, como N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub>, de efeito estufa muito superior que o CO<sub>2</sub> devem ser levados em conta no contexto global de mitigação do efeito estufa, assunto que será tratado mais adiante.

Um dos principais mecanismos de sequestrar carbono no solo é através do aumento do conteúdo de matéria orgânica no mesmo. Não se trata de depositar no solo apenas resíduos orgânicos, como bagaço de cana-de-açúcar, por exemplo, para aumentar o conteúdo de carbono orgânico do solo (COS). É necessário primeiro o adequado entendimento da natureza e composição da MOS para estabelecer os mecanismos ou estratégias para manejar adequadamente os resíduos das colheitas objetivando a construção da MOS ou para contribuir para o sequestro de COS. Neste assunto temos um grande espaço para percorrer na formação universitária, e a crítica que se apresenta é que os profissionais saem dos bancos acadêmicos com uma preparação unidirecional e especializada, quando a base deveria ser mais multidisciplinar. A especialização poderia ocorrer mais tarde. Somente devido a este problema observa-se que muitos resultados de pesquisas sobre sequestro de carbono, por exemplo, a inadequada interpretação

conduz a recomendações que no lugar de ajudar, confunde ou atrapalha o avanço do conhecimento e o desenvolvimento tecnológico.

Discutir MOS, significa referir-se indiretamente a seus principais constituintes, o C e o N orgânico. Considerando que a MOS apresenta, entre outras características, uma relação C/N estável, variando ao redor de 10 ou 12, independentemente das condições edafoclimáticas, do conteúdo de N e da natureza da vegetação, pode-se deduzir que somente será possível aumentar o conteúdo de MOS, ou o sequestro de COS, quando o sistema apresentar um balanço positivo de N, ou seja, as quantidades líquidas de N que ingressam no sistema sejam superiores à saída do nutriente com os produtos de colheita e perdas naturais de N do solo. Desta forma, pode-se dizer que, entre os principais nutrientes, o N é o elemento essencial para o sequestro de C nos solos agrícolas (JANTALIA et al., 2006, URQUIAGA et al., 2005b).

Porém, em vários trabalhos que tratam do sequestro de C no solo (LAL, 1997; SÁ et al., 2001) pouca ou nenhuma atenção foi dada a este fenômeno. Somente nos últimos anos alguns pesquisadores têm começado a dar importância ao N como elemento chave no sequestro de C no solo (SISTI et al., 2004; DIEKOW et al., 2005; CHRISTOPHER; LAL, 2007). Justamente por desconhecimento deste fenômeno é que muitos sistemas de manejo do solo, inclusive o plantio direto, onde grandes quantidades de resíduos carbonados ingressam no solo, não tem produzido os resultados de sequestro de COS esperados (JANTALIA et al., 2007; SISTI et al., 2004; URQUIAGA et al., 2005b). Baseado no balanço de N nos sistemas agrícolas, especialmente o conteúdo de N do solo, é possível prever o potencial de sequestro de C ou da MOS.

Diversos estudos vêm demonstrando que um dos principais mecanismos para incrementar o balanço positivo de N nos sistemas agrícolas, incluindo pastagens, é através da contribuição da FBN, empregando-se leguminosas como adubos verdes em rotação de culturas e sob plantio direto. Os estudos de BAYER et al. (2000), PILLON (2000) e SISTI et al. (2001) têm demonstrado que somente foi possível aumentar a quantidade de resíduos de colheita, e com isto o C e N orgânico do solo, quando na rotação de culturas incluíram-se leguminosas como adubos-verdes, que aumentaram significativamente a quantidade de N disponível. No solo, observa-se que o aumento de MOS está sempre acompanhado pelo aumento conjunto de C e N. Este

fenômeno também foi observado em solos sob pastagens consorciadas de gramíneas com leguminosas, tanto na região temperada como tropical (DIAS-ZORITA et al., 2002; STUDDERT et al., 1997; TARRE et al., 2001). Neste último caso, tudo indica que nas regiões subtropicais a FBN derivada do trevo garante, não apenas a demanda de N dos animais para a produção de carne e leite, senão também para aumentar o conteúdo de COS. Uma análise mais completa sobre a importância da FBN no sequestro de C e na preservação ambiental apresenta-se em ALVES et al. (2006) e URQUIAGA et al. (2004, 2005b).

Embora seja conhecido que outros gases de efeito estufa, inclusive mais potentes que o  $\text{CO}_2$  como são o  $\text{N}_2\text{O}$  e o  $\text{CH}_4$ , também precisam ser avaliados antes de estabelecer qualquer programa de manejo de solos orientados a diminuir ou mitigar o impacto da agricultura no aquecimento global.

O  $\text{N}_2\text{O}$  é um gás cujo potencial de efeito estufa é, em base molar, aproximadamente 300 vezes maior que o  $\text{CO}_2$ , e sua concentração natural na atmosfera era de 320 ppb e atualmente está ao redor de 370 ppb. No entanto, as principais emissões deste gás decorrem do manejo agrícola, da fertilização com nitrogênio e do preparo do solo. Em diversos trabalhos onde se avaliou a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  pelo solo na região temperada, encontrou-se que o sistema plantio direto promoveu taxas mais altas de emissão (LINN; DORAN, 1984; BALL et al., 1999; VINTEN et al., 2002), estando associadas à maior preservação da umidade do solo e disponibilidade de substratos orgânicos decomponíveis, condições básicas para a intensa atividade microbiana, que favorece a nitrificação (produção de nitratos) e a própria denitrificação (emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ ). Resulta que na região temperada os solos apresentam altos conteúdos de argilas expansivas (montmorilonita e vermiculita) com alta retenção de água, criando condições de redução química, ideal para a produção de  $\text{N}_2\text{O}$ .

Muito diferente disto, nos solos tropicais altamente intemperizados, com a fração argila rica em sesquióxidos e caulinita, de muito baixa retenção de umidade e/ou de boa drenagem, não ocorrem as condições de baixo potencial redox para a produção de  $\text{N}_2\text{O}$  (SMITH et al. 2003). Esta situação é comum nos solos brasileiros, especialmente no Cerrado. Os estudos de JANTALIA et al (2008), trabalhando num Latossolo da região de Passo Fundo (RS), avaliando diferentes rotações

de culturas e sistemas de preparo do solo (plantio direto e convencional), demonstraram que independentemente do sistema de preparo do solo e das rotações de culturas, as taxas de emissão de  $N_2O$  foram baixas (0,60 a 0,94 kg N- $N_2O$  ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), equivalentes a 24 - 80% das estimativas calculadas pela condição do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC), que considera que 1% do total do N, que ingressa no solo (adubos e resíduos), é perdido na forma de  $N_2O$ . Deve-se destacar que as taxas mais próximas das do IPCC ocorreram quando o ingresso de N ao solo foi mais alto. De qualquer maneira, pode-se afirmar que no Latossolo estudado, onde os tratamentos de manejo estiveram estabelecidos por mais de 18 anos, as estimativas de emissão de  $N_2O$  pelo IPCC foram superestimadas entre 20 e 76%. Por isso, estudos de diagnóstico do impacto da agricultura brasileira para o efeito estufa precisam ser intensificados.

No caso do metano ( $CH_4$ ), embora seja um gás cujo potencial de efeito estufa seja de 20 a 30 vezes maior que o  $CO_2$  em base molar, sua ocorrência ou impacto está mais restrita às áreas baixas e alagadas (cultura de arroz irrigado) e à influência de animais ruminantes. Deve-se destacar que em pastagens de qualidade, onde os animais alcançam o peso de abate em menor tempo, as taxas de emissão de  $CH_4$  por kg de carne também é baixo, e por isso da necessidade do manejo adequado das pastagens para diminuir o impacto da pecuária no aquecimento global.

Finalmente, deve-se destacar também que uma quantidade pequena de trabalhos tem levado em consideração as emissões de  $N_2O$  e  $CH_4$  nos estudos de balanço global da emissão de gases de efeito estufa pela agricultura, o qual parece estar associada a aparente baixa quantidade emitida, mas que em determinadas situações a emissão destes gases pode neutralizar qualquer trabalho de mitigação do efeito estufa baseado apenas nas emissões de  $CO_2$  (JANTALIA et al., 2008).

## **Agradecimentos**

Os autores expressam seus agradecimentos ao CNPq pela Bolsa de produtividade em pesquisa concedida. Também se agradece a FAPERJ e a Agencia Internacional de Energia Atômica pela ajuda recebida para o desenvolvimento de várias das pesquisas mencionadas neste trabalho.

## Referências Bibliográficas

ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas: impacto do sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. 216 p.

BALL, B. C.; SCOTT, A.; PARKER, J. P. Field N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in relation to tillage compaction and soil quality in Scotland. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.53, p. 29-39, 1999.

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

CHRISTOPHER, S. F.; LAHL, R. Nitrogen management affects carbon sequestration in North American cropland soils. **CRC Critical Review of Plant Science**, Boca Raton, v. 26, p. 45-64, 2007.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D. P.; KOGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a southern Brazil Acrisol managed under no-tilled for 17 years. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, p.87-95, 2005.

DÍAZ-ZORITA, M.; DUARTE G. A.; GROVE, J. H. A review of no-till systems and soil management for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 1-18, 2002.

LINN, D. W.; DORAN, J. W. Effect of water-filled porous space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 48, p. 1267-1272, 1984.

IBGE. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em 18 abr. 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.htm>>. Acesso em: jul. 2006.

JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Mudanças no estoque de C do solo em áreas de produção de grãos: avaliação do impacto do manejo do solo. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. (Eds.). **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 35-57.

JANTALIA, C. P.; RESCK, D. V. S. ; ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Effect of tillage intensity on carbon stocks under a soybean based crop rotation in the Brazilian Cerrado. **Soil Tillage Research, Amsterdam**, v. 95, p. 97-109, 2007.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the south of Brasil. **Nutrition Cycle Agroecosystem**, 2008. *in press*.

MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, v. 277, p. 504-509, 1997.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment. **Soil Tillage Research, Amsterdam**, v. 43, p. 81-107, 1997.

OLDEMAN, L. R.; HAKKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G. **World map of human-induced soil degradation**: an explanatory note. 2. ed. United Nations Environment Programme, Nairobi. 1991.

OLSEN, G.W. Archaeology: lessons on future soil use. **Journal of Soil Water Conservation**, v. 36, p. 261-264, 1981.

PILLON, N. C. **Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura em plantio direto**. Tese. (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul. Porto Alegre (RS), 2000.

SÁ, J. C. D. M.; CERRI, C. C.; DICK, W.A.; LAL, R.; FILHO, S. P. V.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001.

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

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

SMITH, K. A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K. E.; MASSHERDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors biological processes. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 54, p. 779-791, 2003.

STUDDERT, G. A.; ECHEVERRÍA, H. E.; CASANOVAS, E. M., Crop pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 61, p. 1466-1472, 1997.

TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; RESENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of a forage legume on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the south of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, Hague, v. 234, p. 15-26, 2001.

URQUIAGA, S., ZAPATA, F. **Manejo eficiente de la fertilización**

**nitrogenada de los cultivos anuales en América Latina y el Caribe.**

Porto Alegre: Gênese, 2000. 110p.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.; LUZIO, W.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. El Horizonte del suelo. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrition Vegetal**, Casilla, v. 5, p. 46-60, 2005a.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Manejo de sistemas agrícolas para sequestro de C no solo. In: AQUINO, A.; ASSIS, R. L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005b. p. 323- 342.

URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P. J.; SANTOS, H.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M., Importancia da FBN no sequestro de carbono no solo y en la sustentabilidad agrícola. In: AZCONEGUI, M. A. M. De; GARCÍA DE SALAMONE, I. E.; MIYAZAKI, S. S. **Biología del suelo: transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos**. Buenos Aires: Editorial Facultad Agronomía, 2004. p. 1-11.

VINTEN, A. J. A.; BALL, B. C.; O'SULLIVAN, M. F.; HENSHALL, J. K. The effects of cultivation method, fertiliser input and previous sward type on organic C and N storage and gaseous losses under spring and winter barley following long term leys. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 139, p. 231-243, 2002.