

Protocolo para avaliar o potencial de sistemas agrícolas no sequestro de C e acúmulo de N no solo



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 303

Protocolo para avaliar o potencial de sistemas agrícolas no sequestro de C e acúmulo de N no solo

*Segundo Urquiaga
Bruno José Rodrigues Alves
Claudia Pozzi Jantalia
Beata Eموke Madari
Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado
Robert Michael Boddey*

Embrapa Agrobiologia
Seropédica, RJ
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465, km 7, CEP 23.891-000, Seropédica, RJ

Caixa Postal 74505

Fone: (21) 3441-1500

Fax: (21) 2682-1230

Home page: www.embrapa.br/agrobiologia

Comitê de Publicações

Presidente: Bruno José Rodrigues Alves

Secretária-Executivo: Carmelita do Espírito Santo

Membros: Ednaldo da Silva Araújo, Janaina Ribeiro Costa Rouws,

Luc Felicianus Marie Rouws, Luis Cláudio Marques de Oliveira,

Luiz Fernando Duarte de Moraes, Marcia Reed Rodrigues Coelho,

Maria Elizabeth Fernandes Correia, Nátia Élen Auras

Supervisora editorial: Maria Elizabeth Fernandes Correia

Normalização bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Tratamento de ilustrações: Maria Christine Saraiva Barbosa

Editoração eletrônica: Maria Christine Saraiva Barbosa

Foto da capa: Claudia Pozzi Jantalia

1ª edição

1ª impressão (2016): 50 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Agrobiologia

PROTOCOLO para avaliar o potencial de sistemas agrícolas no sequestro de C e acúmulo de N no solo. / Segundo Urquiaga et al. — Seropédica : Embrapa Agrobiologia, 2016.

23 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 303).

ISSN: 1517-8498

1. Perfil de solo. 2. Análise do solo. 3. Coleta do Solo.

4. Método. 5. Gases de efeito estufa. I. Segundo Urquiaga.

II. Bruno José Rodrigues Alves. III. Claudia Pozzi Jantalia.

IV. Beata Eموke Madari. IV. Pedro Luiz Oliveira de Almeida

Machado. V. Robert Michael Boddey. VI. Título. VII. Embrapa

Agrobiologia. VIII. Série.

CDD 631.4

© Embrapa 2016

Autores

Segundo Urquiaga

Bruno José Rodrigues Alves

Claudia Pozzi Jantalia

Robert Michael Boddey

Pesquisadores da Embrapa Agrobiologia.

BR 465, Km 7, CEP 23890-000, Seropédica, RJ.

E-mails: segundo.urquiaga@embrapa.br, bruno.

alves@embrapa.br, claudia.jantalia@embrapa.br

e robert.boddey@embrapa.br.

Beata Eموke Madari

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão.

Rodovia km 12, Av. Goiás, 462, Zona Rural,

CEP 75375-000, Santo Antônio de Goiás,

GO. E-mails: beata.madari@embrapa.br e

pedro.machado@embrapa.br.

Apresentação

O compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) foi oficializado pela Política Nacional sobre Mudança do Clima. A partir deste marco legal foram estabelecidas metas de redução para os diferentes setores produtivos que contribuem para as emissões.

Das ações elencadas no Decreto 7.390/2010 para reduzir e mitigar as emissões de GEE, bem como para promover o sequestro de carbono, várias têm relação direta ou indireta com a atividade agropecuária. É, portanto, papel primordial da Pesquisa Agropecuária desenvolver práticas, processos e insumos que reduzam as emissões e que promovam o sequestro de carbono no solo e biomassa.

A publicação “Protocolo para avaliar o potencial de sistemas agrícolas no sequestro de C e acúmulo de N no solo” apresenta uma orientação metodológica simples e direta sobre as etapas, procedimentos e cuidados que os pesquisadores devem ter ao avaliar o potencial de sequestro de carbono no solo. A partir da utilização de um procedimento padronizado será possível comparar como diferentes solos e sistemas de manejo podem contribuir para minimizar o impacto das emissões de GEE sobre o clima.

Boa leitura!

Gustavo Ribeiro Xavier
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

Sumário

Introdução	9
Seleção de áreas nos sistemas agrícolas a serem comparadas quanto ao estoque de C e N no solo	10
Procedimento de coleta de amostras de solo no campo	14
Cálculo do estoque de C e N no perfil do solo dos tratamentos em estudo	17
Comentários finais	20
Referências bibliográficas	21

Protocolo para avaliar o potencial de sistemas agrícolas no sequestro de C e acúmulo de N no solo

Segundo Urquiaga

Bruno José Rodrigues Alves

Claudia Pozzi Jantalia

Beata Eموke Madari

Pedro Luiz Oliveira de Almeida Machado

Robert Michael Boddey

Introdução

A preocupação com o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE - CO₂, CH₄ e N₂O) na atmosfera fez com que a comunidade científica quantificasse a emissão destes pelas diversas atividades antrópicas, para melhor entendimento do impacto de cada uma neste processo. Nesses levantamentos, a atividade agropecuária mundial é considerada como responsável por 25% dos GEE emitidos no planeta (IPCC, 2001), e esta percentagem também é a mesma observada no setor agropecuário brasileiro.

Os solos representam o terceiro maior compartimento de carbono (C) terrestre, por isso são crescentes os esforços em identificar práticas agropecuárias que promovam o acúmulo ou a manutenção da matéria orgânica do solo (MOS). No entanto, estudos sobre a dinâmica deste elemento são realizados, geralmente, sem levar em consideração a sua interação com outros nutrientes. Deve-se considerar que no solo, o C encontra-se em forma orgânica, formando compostos de natureza variável. Quando a MOS está estabilizada apresenta composição química relativamente estável, independente da fonte que a originou (URQUIAGA et al., 1998). Um dos nutrientes que está muito associado com o C orgânico do solo, constituindo a matéria orgânica ou húmus

do solo, é o nitrogênio (N), havendo uma relação estreita entre eles (BATJES, 1996). Esta constância está diretamente relacionada ao tipo de solo, clima e mesmo de vegetação, onde áreas sob florestas e cultivos de grãos apresentam valores de relação C/N em torno de 12, enquanto em áreas sob pastagem este valor pode ser um pouco mais elevado (BRADY, 1989; MALAVOLTA, 1990; BATJES, 1996). Na agricultura brasileira existe uma diversidade de cultivos localizados em diferentes solos e ambientes, sendo necessário identificar sistemas agrícolas que sejam mais promissores na preservação da MOS. Com estas avaliações, também espera-se contribuir para o adequado diagnóstico do impacto das diferentes regiões e para o inventário total da agricultura brasileira nas emissões de GEE.

Seleção de áreas nos sistemas agrícolas a serem comparadas quanto ao estoque de C e N no solo

Quando se deseja comparar a influência de sistemas agrícolas (ex. produção de grãos, pastagens, cana-de-açúcar ou sistemas de preparo do solo) nos estoques de MOS no perfil dos solos, é indispensável certificar-se primeiro se os sistemas (tratamentos) em estudo estão estabelecidos em um “mesmo tipo de solo”. É uma avaliação essencial, pois objetiva-se determinar o efeito de diferentes sistemas agrícolas sobre a acumulação de C no solo, sem influências de fatores que se diferenciam entre solos e que podem interferir na retenção do carbono. Uma vez as áreas estando sob o mesmo solo, será possível avaliar diferentes sistemas agrícolas estabelecidos em um único intervalo de tempo (ex. determinada rotação de culturas após 10 anos sob plantio direto ou preparo convencional), ou uma cronossequência de um determinado uso agrícola (ex. pastagem estabelecida há 2, 4 e 6 anos após a retirada da vegetação nativa).

No campo, mesmo em áreas próximas, pertencentes à mesma classificação de solo, podem existir diferenças significativas no teor de argila, na densidade, na qualidade da drenagem, profundidade, inclinação etc. Estas características influenciam significativamente na ciclagem da matéria orgânica e, portanto, nos teores de C e N do solo. Nos casos onde ocorre esta situação, os resultados dos estoques de C e N são influenciados em parte por estas diferenças e em parte pelo efeito do tratamento, dificultando a interpretação dos resultados.

Desse modo é recomendável a completa caracterização dos perfis de solo antes da implantação do experimento, onde foram estabelecidos diferentes sistemas agrícolas a serem comparados. A caracterização do solo logo no início do experimento, na maioria das vezes, não é realizada, pois muitas vezes o objetivo inicial dos estudos é relacionado a outros assuntos, como resposta agrônômica ou controle de doenças e não especificamente à avaliação do sequestro de C ou matéria orgânica do solo. Nestes casos, onde se deseja aproveitar a condução de um determinado estudo por médio e longo prazo e obter o efeito de diferentes sistemas de manejo de culturas na matéria orgânica do solo, torna-se necessária a busca pelo que seria a condição anterior, ou seja, aquela mais próxima do existente antes da instalação do experimento.

Pode-se utilizar como referência da condição original/inicial um remanescente de vegetação nativa localizado próximo ao experimento, que esteja sob o mesmo tipo de solo. Estas serão denominadas de áreas de referência, e deverão ser segmentadas a fim de se obter repetições no mesmo número que o experimento tenha. A estratégia de estabelecer estas parcelas dentro da área referência pode se dar de duas maneiras: subdividir a área em porções ou fazer um transecto, ao longo do qual são tomadas amostras em diferentes posições, obedecendo ao número de repetições do experimento.

Em situações onde não exista a presença de uma área de referência que atenda os requisitos descritos acima (remanescente de vegetação nativa, ou com o histórico bem conhecido), pode-se utilizar um dos tratamentos avaliados (preferencialmente aquele com menor massa de solo no perfil) como área de referência do estoque de MOS inicial e da quantidade total de massa de solo.

Para ajudar na seleção das áreas a serem estudadas recomenda-se a participação na equipe de pesquisa de um especialista em pedologia, que consiga definir adequadamente as áreas de estudo. A seguir estão descritos alguns critérios que devem ser levados em consideração para definir se as áreas de estudo apresentam condições para serem comparadas.

1. Características gerais da área de estudo

Primeiramente devem ser observados aspectos que possam caracterizar a uniformidade das áreas de estudo, como a fisiografia, o relevo, a drenagem, a pedregosidade, cor, etc. Deve-se considerar que muitas vezes as áreas de vegetação nativa próximas das áreas agrícolas em estudo não representam a condição original do solo, por terem sido conservadas ou não utilizadas para agricultura por limitações do solo (drenagem, pedregosidade etc.). Após esta seleção inicial das áreas de estudo deve-se realizar uma coleta inicial de amostras do perfil do solo, que seria ainda uma fase exploratória. Para esta coleta exploratória recomenda-se: coleta de três amostras compostas com trado e abertura de uma trincheira na área referência e outra em um ou dois tratamentos na área experimental conforme é descrito no item "Procedimento de coleta de amostras de solo no campo". No entanto, para reduzir os custos desta fase, a profundidade de amostragem poderá ser 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm.

2. Textura do solo

A determinação dos teores de argila, silte e areia do solo nas diferentes camadas do perfil provê uma informação importante para ajudar a identificar a similaridade das áreas a serem estudadas. A textura é uma

característica muito estável no solo e sofre pouco efeito dos sistemas de manejo, mas na determinação deve-se atentar para eventuais efeitos que os coloides orgânicos podem exercer sobre essa característica (CLAESSEN, 1997).

3. Densidade do solo

Na maioria dos sistemas agrícolas a densidade aparente do solo é alterada pelos diferentes tipos de manejo, especialmente nas profundidades entre 0 a aproximadamente 50-60 cm. Assim, atendendo a prerrogativa de estar sobre o mesmo tipo de solo, a densidade do solo nas camadas abaixo dos 60 cm de profundidade não se altera ou sofre pouca alteração, refletindo melhor a condição inicial do solo. Dessa forma, espera-se que todas as áreas a serem avaliadas, tanto sob manejo agrícola quanto em área com vegetação nativa ou possível área de referência, apresentem valores similares de densidade do solo nas camadas abaixo de 60 cm. Deve-se destacar também que para quantificar o estoque de C e N no perfil do solo é necessário determinar a densidade do solo de todas as camadas do perfil. Com os valores de densidade se determinará a massa de terra contida em cada uma das camadas do perfil do solo das áreas em estudo.

4. Composição isotópica de ^{13}C do carbono orgânico do solo

A análise da composição isotópica de ^{13}C da MOS é uma ferramenta importante na definição das áreas de estudo a serem comparadas, pois a composição de ^{13}C do C orgânico do solo reflete a composição isotópica da vegetação que a deu origem. Desta forma, os solos sob vegetação nativa têm predominância de plantas com metabolismo fotossintético C_3 (com sinal de ^{13}C variando ao redor de -28 a -32 ‰), e assim apresentarão valores de ^{13}C próximos do sinal de ^{13}C destas plantas.

Similarmente, o C orgânico do solo derivado de culturas com padrão fotossintético C_4 apresentará um sinal de ^{13}C próximo de -12 a -14 ‰. Nos estudos realizados pela Embrapa Agrobiologia, a composição de

^{13}C do carbono orgânico abaixo dos 60 cm de profundidade geralmente reflete a composição isotópica de ^{13}C do C orgânico original do solo. Por isso espera-se que o sinal de ^{13}C do C orgânico abaixo dos 60 cm do perfil do solo das áreas em estudo seja similar, e no máximo apresente menos de duas unidades por mil (0,2%) de diferença.

Deve-se destacar também que pela técnica de ^{13}C é possível determinar a fração do C orgânico do solo derivado do C nativo original e do C novo introduzido pelos resíduos de colheitas e serapilheira, especialmente das espécies C_4 nas camadas de solo de influência destas culturas.

Procedimento de coleta de amostras de solo no campo

Uma vez definidas as áreas dos sistemas a serem estudadas na fase exploratória, a tarefa a seguir será a coleta mais detalhada das amostras de solo para determinar a densidade aparente, C, N e ^{13}C dos perfis de solo.

Em cada área selecionada é necessário que a amostragem seja realizada, no mínimo, em três pontos representativos. Em geral, os estudos são feitos em parcelas experimentais relativamente pequenas, porém, para áreas maiores, mais pontos são necessários para representar a variabilidade espacial, embora reconheça-se que é um compromisso entre o ideal e o possível. É sempre importante observar o uso correto do trado e do anel, como descrito em diferentes manuais técnicos sobre coleta de solo (SILVA, 1999). Retirar a palha e resíduos vegetais da superfície do solo é essencial, porém com o cuidado de não remover o solo.

Em cada ponto, recomenda-se que a amostragem seja realizada até 100 cm de profundidade nas seguintes camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm.

Amostras indeformadas: Para realizar esta coleta é necessário abrir trincheiras, com dimensões de 50 cm a um metro de largura, dependendo do tamanho da parcela/área experimental, e de pelo menos um metro de comprimento para que seja possível alcançar um metro de profundidade. Como na grande maioria dos experimentos as parcelas são pequenas, deve-se optar por uma trincheira por tratamento e nesta trincheira retirar três repetições, utilizando-se as paredes como repetição. Caso as parcelas sejam grandes pode-se optar por três trincheiras e cada uma destas servindo como repetição. As amostras devem ser retiradas com o anel de Kopeck, de volume conhecido. A amostra da camada de 0-5 cm deve ser retirada preferencialmente com o anel na vertical, e das camadas de 5-10 cm em diante, com o anel na horizontal. Ao inserir o anel, deve-se ficar atento para evitar a compactação do solo, que uma vez detectada implica no descarte da amostra. Estas amostras devem ser levadas ao laboratório para se determinar a massa seca total de solo contida no volume do anel após secagem em estufa a 105°C por 24 horas (CLAESSEN, 1997). Posteriormente, deve ser calculada a densidade aparente para cada camada de solo pela seguinte equação:

$$D \text{ aparente} = \text{massa seca de solo (gr)} / \text{volume do anel (cm}^3\text{)} \quad (\text{equação 1})$$

Amostras deformadas: São amostras compostas de cada camada do perfil do solo, coletadas em pontos ao acaso, em cada uma das repetições dos tratamentos estabelecidos. Por exemplo, se o experimento previamente tiver quatro repetições, em cada uma serão coletadas amostras simples que irão compor uma amostra composta por repetição. Como orientação recomenda-se pelo menos a coleta de cinco amostras simples por amostra composta. Áreas sob plantio direto e pastagens exigem especial atenção e o processo de coleta pode ser realizado com trados e outras ferramentas, seguindo as recomendações descritas pela Embrapa (SILVA, 1999). O número de subamostras por amostra composta vai depender da uniformidade da área, a critério do pesquisador, mas deve ser o mais representativo possível. Para a coleta

das primeiras camadas de solo recomenda-se a utilização de pás. Nas profundidades abaixo de 20 cm as amostras podem ser retiradas com o trado holandês ou outros tipos de trado que estiverem disponíveis. Deve-se destacar que a qualidade da coleta de amostras é fundamental para este estudo e que a qualidade das análises não supera a qualidade da representatividade das amostras. Assim, a identificação adequada merece uma atenção especial no momento da coleta de amostras.

Após a coleta e identificação, as amostras devem ser secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira com malha 2 mm, passando a ser consideradas como terra fina seca ao ar (TFSA). Especiais cuidados devem ser tomados na coleta de amostras das camadas superficiais, evitando ao máximo a inclusão de raízes finas visíveis na amostra, cujos teores de C e N não compõem ainda os compostos orgânicos coloidais estáveis da matéria orgânica do solo, podendo conduzir a erros na interpretação do acúmulo de C e N do solo. Outro aspecto é verificar se a área recebeu aplicação de calcário e se existe quantidade significativa de carbonato de cálcio, principalmente em amostras de 0-10 cm. Recomenda-se antes da determinação de C, que as amostras sejam avaliadas quanto a reatividade de carbonatos minerais (CaCO_3 e MgCO_3) em meio ácido, como um indicativo de quantidades perceptíveis destes a ponto de influenciar no resultado final da análise de carbono orgânico total.

As amostras (TFSA) são submetidas à análise da textura, fertilidade e dos teores de C e N. Para fins de exatidão nas determinações de C e N totais nas amostras de solo e para fins de uniformidade metodológica, é essencial que todas as amostras sejam analisadas através da oxidação seca, empregando-se equipamento autoanalisador de C e N total (CHN). Para facilitar e aumentar a qualidade das análises de C e N total e ^{13}C pelo sistema CHN-Espectrômetro de Massa, as amostras devem ser moídas finamente (SMITH e MYUNG, 1990), o que se consegue passando as amostras por moinho de rolagem. Várias Unidades de Pesquisa da Embrapa contam atualmente com todas as facilidades para estas análises.

Cálculo do estoque de C e N no perfil do solo dos tratamentos em estudo

O total de C e N acumulado por hectare (estoque) em cada camada dos perfis do solo é calculado multiplicando-se a massa de solo contida na camada de solo (em Mg ha^{-1}) pelo teor percentual de C total e N total (em mg g^{-1}), dividido por 1000.

Como a densidade do solo na camada superficial reflete mais o tipo de manejo a que o solo está submetido (mecanização, pisoteio de animais, tráfego de máquinas etc.), a massa de solo contida nestas camadas é mais variável entre as áreas, como mencionado acima. Por isso, se os tratamentos não forem avaliados sob a mesma massa do perfil de um solo ou tratamento referência, as diferenças nos estoques de C e N do solo muitas vezes refletem mais a influência da diferença de massa do solo do que o efeito do sistema agrícola avaliado.

O total de C e N acumulado (estoque) em cada camada dos perfis do solo é calculado multiplicando-se a massa de solo contida na camada de solo pelo teor percentual de C total e N total, dividido por 100. Alguns trabalhos na literatura (VALLIS, 1972; NEILL et al., 1997) já destacavam a importância da correção por massa de solo para a comparação entre os tratamentos em estudo. Os trabalhos da Embrapa Agrobiologia neste tema (TARRÉ et al., 2001; SISTI et al., 2004), em diferentes sistemas agrícolas, determinaram que este procedimento é fundamental para o entendimento dos efeitos do manejo do solo e das culturas no estoque de C e N no perfil do solo.

Por isso, recomenda-se que as comparações entre os diferentes sistemas de manejo sejam feitas tendo como referência a massa de solo contida no perfil de uma área referência. Como geralmente nestes estudos objetiva-se determinar a influência de um sistema agrícola no sequestro de C, comparado com uma área coberta por vegetação

nativa, sempre que possível, o solo sob vegetação nativa deve ser utilizado como tratamento referência, como já foi descrito acima.

Este procedimento assume que a compactação decorrente das operações mecânicas afeta mais significativamente as camadas superficiais do perfil do solo. Assim, para ajustar-se ao perfil de solo do sistema referência, os estoques de C e N nos perfis dos sistemas agrícolas são calculados subtraindo-se da camada mais profunda (80-100 cm) o conteúdo de C e N totais contidos na massa extra de solo desta profundidade. Deve-se respeitar sempre a massa de terra do perfil do sistema referência.

Esta correção foi expressa matematicamente por Sisti et al. (2004), pela equação a seguir:

$$C_S = \sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti} + \left[M_{Tn} - \left(\sum_{i=1}^n M_{Ti} - \sum_{i=1}^n M_{Si} \right) \right] C_{Tn} \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

C_S é o estoque de C (Mg C ha^{-1}) no solo em uma profundidade onde a massa de solo seja a mesma daquela observada no perfil de solo utilizado como referência;

$\sum_{i=1}^{n-1} C_{Ti}$ é a soma do conteúdo de C total (Mg ha^{-1}) na camada 1 (superfície) até a camada 'n - 1' (penúltima) no perfil do solo sob o tratamento;

$\sum_{i=1}^n M_{Si}$ é a soma da massa de solo (Mg ha^{-1}) na camada 1 (superfície) a 'n' (última camada) no perfil do solo referência;

$\sum_{i=1}^n M_{Ti}$ é a soma da massa de solo (Mg ha^{-1}) na camada 1 (superfície) a 'n' (última camada) no perfil do tratamento e M_{Tn} e C_{Tn} são respectivamente a massa de solo e concentração de carbono na última camada do perfil do solo sob o sistema em avaliação.

A seguir, um exemplo de como calcular os estoques de C fazendo-se a correção por massa de solo.

Tabela 1. Exemplo de resultados de teor de C e densidade aparente obtidos em área de cerrado próxima a um experimento com pastagem, onde a massa de solo na profundidade de 0-40 cm foi de 4670 Mg ha⁻¹.

Cerrado área de referência				
Profundidade (cm)	C (mg g ⁻¹)	Densidade (kg dm ⁻³)	Massa de solo (Mg ha ⁻¹)	Estoque de C (Mg ha ⁻¹)
0-10	22,6	1,19	1190	26,89
10-20	19,6	1,24	1240	24,30
20-40	13,7	1,12	2240	30,69
0-40	---	---	4670	81,89

Tabela 2. Exemplo de resultados de teor de C e densidade aparente obtidos na área de experimento com pastagem, referida na tabela 1, na profundidade de 0-40 cm.

Pastagem de longa duração			Massa de solo	Massa de solo* Corrigida	Estoque de C	
Profundidade (cm)	C (mg g ⁻¹)	Densidade (kg dm ⁻³)	Calculada Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Calculado Mg ha ⁻¹	Corrigido* * Mg ha ⁻¹
0-10	22	1,1	1100	-	24,2	24,2
10-20	16,1x	1,32	1320	-	21,3	21,3
20-40	10,8x	1,33	2660	2250	28,7	24,3
0-40	---	---	5080	4670	74,2	69,8

Massa solo Pastagem – Massa solo Cerrado = 410

* A massa de solo calculada na profundidade de 0-40 cm sob pastagem foi de 5080 Mg ha⁻¹, ou seja 410 Mg ha⁻¹ a mais do que na área de cerrado na mesma profundidade. Esta quantidade “extra” é então descontada da camada de 20-40cm, que ficará com 2250 Mg ha⁻¹.

* *Resultado obtido pelo uso da equação 2.

No exercício acima, sem a correção pela massa de solo, a diferença no estoque de C contido no perfil do solo (0 – 40 cm) sob Cerrado e sob pastagem seria de $81,89 - 74,18 = 7,71$ Mg de C. Agora, tendo em consideração a massa de solo contida no perfil (0 – 40 cm) do solo Cerrado (referência), a diferença nos estoques de C muda para $81,89 - 69,8 = 12,09$. Ou seja, neste exercício, o solo sob pastagem perdeu 12,09 Mg de C comparado com o solo sob Cerrado, o que representa 56% a mais da avaliação feita sem considerar esse ajuste pela igualdade da massa de solo contida no solo da área referência.

O mesmo procedimento deverá ser seguido na determinação do estoque de N nos perfis do solo dos tratamentos em estudo.

Comentários finais

De acordo com o que foi abordado, é importante avaliar corretamente os estoques de C e N do solo, a fim de que o diagnóstico reflita de forma adequada a influência dos sistemas agrícolas sobre estes nutrientes e não a de outras causas como, por exemplo, a compactação do solo. O presente documento trata assim de questões essenciais que devem ser observadas na estimativa dos estoques de C e N, desde a escolha das áreas e sistemas a serem avaliados até a forma mais adequada de calcular os resultados.

Referências bibliográficas

BATJES, N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 47, n. 2, p.151-163, 1996.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análises de solo**. 2ª Ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climatic change 2001: scientific basis, summary, for policymakers**. Cambridge: Cambridge University Press. 2001.

MALAVOLTA, E. Pesquisa com nitrogênio no Brasil: passado, presente e perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, 1., 1990, Itaguaí. **Anais...** Itaguaí: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1990 p. 89-177, 1990

NEILL, C.; MELILLO, J.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C. C.; MORAES, J. F. L.; PICCOLO, M. C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in southwestern Brazilian amazon. **Ecological Applications**, Washington, v.7, n. 4, p. 1216-1225, 1997.

SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370 p.

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, n. 1, p. 39-58, 2004.

SMITH, J. L.; MYUNG, H. U. Rapid procedures for preparing soil and KCl extracts for 15N analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 21, p. 2273-2279, 1990.

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**, The Hague, v. 234, n. 1, p. 15-26, 2001.

URQUIAGA, S.; CADISCH, G; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M; GILLER, K. E. Influence of decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.30, n. 14, p.2099-2106, 1998.

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

Embrapa

Agrobiologia

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

