

# 1. Coleta de amostras do solo na agricultura de baixo carbono

---

Ademir Fontana  
Manuel Claudio Motta Macedo  
Wenceslau Geraldes Teixeira  
Fabiano de Carvalho Balieiro  
Júlio César Salton  
Michely Tomazi  
Roberto Giolo de Almeida  
Alexandre Romeiro de Araújo  
Josiléia Acordi Zanatta  
Patrícia Perondi Anção Oliveira

## 1. Introdução

Para compor este capítulo, tomou-se como base o estudo e a pesquisa com cultivos em monocultivo de pastagens ou culturas anuais, o Protocolo para quantificação dos estoques de carbono do solo da Rede de Pesquisa *Pecus* (Oliveira, 2014) e cultivos consorciados ou integrados com arbustos e/ou árvores, o Protocolo para avaliação do estoque de carbono e de nitrogênio do solo em sistemas florestais - Projeto Saltus (Zanatta et al., 2015).

Outros protocolos também foram consultados, como o de medição, monitoramento, relato e verificação (*Measurement, monitoring, reporting and verification - MRV*) da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e a metodologia para sistemas aprimorados de uso agrícola da certificadora Verra (*Verified Carbon Standard - VCS Methodology*) (FAO, 2020; Verra, 2023).

Tanto para o Brasil quanto em nível global, os protocolos são desenvolvidos e aplicados à escala de propriedades rurais, visando à avaliação e certificação de projetos com manejo sustentável do solo (*Sustainable Soil Management - SSM*).

A definição de áreas homogêneas e, dentro destas, a definição de faixas permanentes para avaliação e monitoramento garantem a menor variabilidade e a menor influência de fatores externos às práticas ou tecnologias preconizadas.

A coleta de amostras, considerando os diferentes componentes ou estratos vegetais e também a presença de materiais grossos resistentes ou endurecidos, reforça o cuidado com o isolamento de fatores que podem gerar inconsistências e incertezas.

Ademais, a observação dos cuidados para a coleta de amostras, para a obtenção da densidade do solo, bem como para o C e a granulometria são fundamentais para a garantia de amostras representativas e confiáveis.

## 2. Planejamento

### 2.1 Definição da época para a coleta

Deve-se escolher a época de maior umidade no solo (não encharcado) e, se possível, ao final da estação chuvosa, pois facilita a coleta das amostras, principalmente em regiões com estações secas pronunciadas e bem definidas, como os biomas Cerrado e Caatinga.

A coleta deve ser realizada antes de qualquer operação de aporte de materiais ou resíduos orgânicos na superfície do solo e/ou revolvimento do solo, com ou sem a aplicação de calcário ou outro material que contenha carbono (C). Para uma mesma área, não se deve mudar a época do ano para a amostragem e avaliação.

Quando efetuado o revolvimento do solo, e sem a aplicação de calcário, a coleta deve ser realizada após 90 dias. O revolvimento do solo modifica as condições de transformação da matéria orgânica e, sobretudo, incorpora palha ou resíduos ao solo.

Para a condição com revolvimento do solo e aplicação de calcário, a coleta deve ser realizada após 1 ano. O calcário, seja naturalmente presente no solo, originado da decomposição de rocha, seja incorporado ao solo como condicionador, tem em sua composição C, que pode ser contabilizado conjuntamente ao C de origem orgânica, dependendo do método utilizado para a sua determinação. Saliencia-se que há métodos que possibilitam eliminar o C oriundo de calcários e outras formas minerais, os quais não serão abordados neste trabalho.

Para áreas com aplicação de esterco ou outro material oriundo de compostagem, a coleta deve ser realizada após 1 ano. Esses materiais têm grande quantidade de C, interferindo fortemente no cálculo de seu estoque até a profundidade de 20 cm.

## 2.2 Delimitação de áreas homogêneas

As áreas homogêneas devem ser delimitadas no local de interesse para a avaliação do C e poderão englobar mais de um piquete ou talhão, ou qualquer outra forma de divisão. Esses mesmos critérios são utilizados

nas áreas de “referência” ou “linha de base” (explicado no item 2.4), que são tomadas para comparações.

Uma área homogênea é obtida pela menor variação do relevo (forma, posição na encosta e exposição ao sol) (Figura 1.1), sendo ainda estratificada pela variação da classe de solo e ou grupo textural (Figura 1.2), sistemas de cultivo ou culturas, arranjos de cultivo (anuais, pastagens, árvores ou arbustos, sistemas integrados), histórico de cultivo, estado das culturas e manejo (Figura 1.3). Também são separadas as áreas com irrigação, especialmente aquelas por aspersão ou inundação.

Não há limite de tamanho para estas áreas, desde que sejam tratadas como homogêneas a partir da avaliação e espacialização das características anteriores.

## 2.3 Definição dos componentes ou estratos vegetais

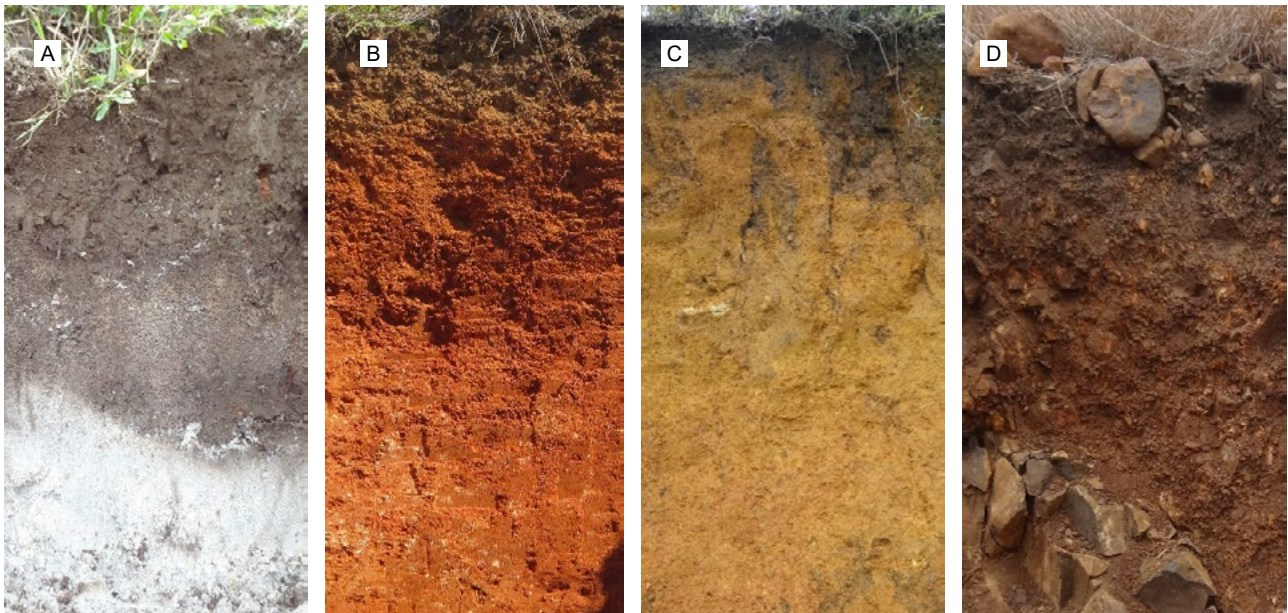
Como há grande influência dos arranjos produtivos no estoque de C no solo, as áreas de intervenção ou interesse (áreas cultivadas) devem ser estratificadas pelos diferentes componentes ou estratos vegetativos.



Foto: Claudio Lucas Capeche.

**Figura 1.1.** Paisagem com diferentes formas de relevo: (A) plano e baixada, (B) colina, (C) morro, (D) montanha.





Fotos: Ademir Fontana.

**Figura 1.2.** Tipos de solo possíveis em cada forma de relevo: (A) plano e baixada, (B) colina, (C) morro, (D) montanha.

### 2.3.1 Único componente ou estrato

São áreas com monocultivos (Figura 1.3A e 1.3C), como as lavouras anuais, pastagens, cana-de-açúcar, frutíferas, cafezal, floresta natural ou plantada (espécies comerciais).

Nesta situação, inclui-se o sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) em suas diferentes fases de cultivo (Figura 1.3C).

### 2.3.2 Diversos componentes ou estratos

São áreas com diferentes componentes ou estratos (Figura 1.3B), como os cultivos consorciados ou integrados. Na condição de renques, linhas ou dispersas com árvores ou arbustos, de espécies nativas ou exóticas, frutíferas.

Incluem-se os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) ou agrossilvipastoril,



**Figura 1.3.** Visão de área experimental avaliada como homogênea em termos de solo e relevo: pastagem contínua (A), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (B) e Integração Lavoura-Pecuária (C).

Fonte: Google Earth (2023).



Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou silvipastoril, ou Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou agroflorestal, bem como aqueles definidos como Sistemas Agroflorestais (SAFs).

## 2.4 Definição das áreas de referência ou linha de base

Os teores e estoques de C destas áreas são utilizados como referência para o monitoramento da evolução após a aplicação de determinada tecnologia ou prática agropecuária em área próxima ou contígua. Essas áreas também podem e devem ser utilizadas para a correção do estoque de C pela equivalência da massa, conforme o item 3.2 do Capítulo 2.

As áreas de referência ou linha de base podem ser: i) áreas com vegetação natural preservada, preferencialmente contíguas às áreas sob cultivo; ou ii) áreas na condição anterior (tempo zero) à aplicação de práticas ou tecnologias que preconizam o aumento do C no solo. Há protocolos ou programas de certificação que aceitam áreas de referência ou linha de base em até certa distância. A certificadora Verra, por exemplo, aceita a distância de até 250 km (Verra, 2023).

Deve-se manter os critérios relacionados à semelhança com a área de interesse agropecuária, conforme critérios das áreas homogêneas definidas anteriormente no item 2.2.

Para cada propósito ou intenção, deve-se observar qual será a base de referência ou linha de base (*baseline scenario - BS* ou *business-as-usual - BAU*).

## 2.5 Organização dos materiais

Entre os materiais necessários, lista-se: enxada, baldes (7 a 10 L), trados (holandês, rosca), coletor tipo sonda, pás, luvas, cavadeiras, fita métrica ou trena, facas, espátulas, tesouras, martelo ou marreta, castelinho/batedor para coleta de amostras indeformadas, anéis de metal (com volume de 100 cm<sup>3</sup> e/ou 300 cm<sup>3</sup>), sacos plásticos (15 × 20 cm e 20 × 30 cm), canetas, barbante, prancheta, ficha de campo e GPS. O anel de 100 cm<sup>3</sup> deve ter 5 cm de altura e o de 300 cm<sup>3</sup>, entre 5 e 10 cm de altura.

Para se determinar a densidade do solo em solos soltos (arenoso ou recém-revolvido) ou que apresentem materiais grossos, conforme especificado no item 4.4.2, além dos materiais anteriores, acrescenta-se inicialmente 50 kg de areia limpa (lavada) (diâmetro de 0,80 a 0,25 mm), funil e régua (mínimo 30 cm).



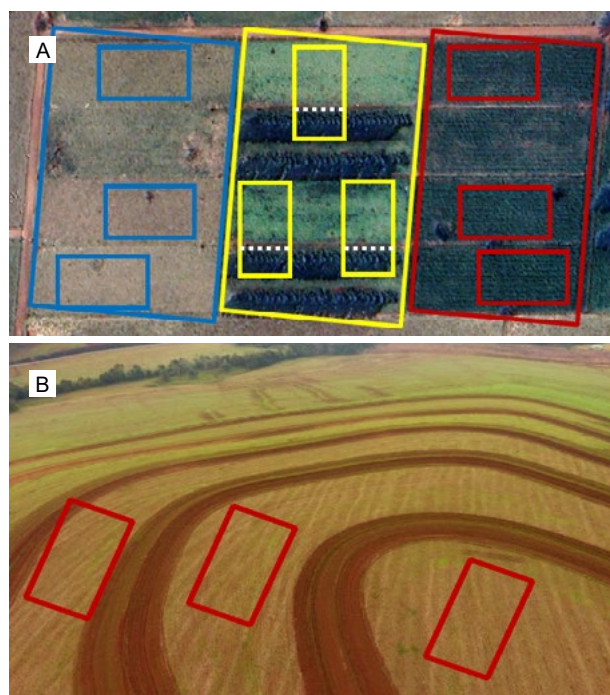
Fotos: Ademir Fontana

**Figura 1.4.** Relação de alguns materiais necessários para a coleta. (A) Faca, marreta, castelinho/batedor, anel, fita métrica/trena; (B) Trado holandês, pá, pá reta ou de corte.

## 3. Preparação

### 3.1 Demarcação das faixas representativas nas áreas homogêneas

Em cada área homogênea, conforme definição do item 2.2, marcar faixas georreferenciadas com precisão mínima de 1 m e conforme exemplos a seguir na Figura 1.5.



Fotos: Ademir Fontana (A) e Michely Tomazzi (B).

**Figura 1.5.** Faixas representativas distribuídas nas áreas homogêneas. A) linha pontilhada na área com faixas de árvores demonstra o limite para coleta de cada cultivo com base na projeção da copa; B) distribuição das faixas em área com terraços ou curvas de nível.

As faixas serão permanentes para as coletas em todas as fases de monitoramento, estudo ou qualquer outra avaliação do solo ou vegetação.

Evitar as bordas das áreas em pelo menos 15 metros, pois essa posição tem grande perturbação. Da mesma forma, é importante a alocação aleatória das faixas dentro de cada área.

Para a definição das faixas representativas, tomaram-se os estudos de Bowman et al. (2002) e Stolbovoy et al. (2007), que são a base dos protocolos adotados pela União Europeia e da rede de pesquisa ligada ao Agricultural Research Service, que estuda o efeito estufa na agricultura e na pecuária pela GRACEnet dos Estados Unidos (Estados Unidos, 2024).

De acordo com o tamanho da área homogênea, o número e o tamanho de cada faixa representativa são definidos pelos seguintes critérios:

- a) Área homogênea de até 5 ha: mínimo de 3 faixas de 50 x 50 m.
- b) Área homogênea entre 5 a 10 ha: mínimo de 4 faixas de 50 x 80 m.
- c) Área homogênea entre 10 a 25 ha: mínimo de 5 faixas de 100 x 100 m.
- d) Área homogênea entre 25 a 50 ha: mínimo de 8 faixas de 100 x 100 m.
- e) Área homogênea maior que 50 ha: fracionar para incluir no critério "d".
- f) Áreas homogêneas menores que 3 ha: tamanho das faixas pode ser reduzido ou ajustado (largura e comprimento), desde que contemple todos os estratos ou componentes.
- g) Áreas com limitação de formato (ex. curvas de nível/terraços, áreas estreitas): delimitar as faixas dentro do espaço possível, desde que contemple todos os estratos ou componentes.

### 3.1.1 Georreferenciamento da área de interesse, faixas e pontos de coleta

A marcação de coordenadas geográficas e a obtenção de polígonos das áreas homogêneas, assim como das faixas representativas, contribuem para o reconhecimento ao longo do tempo.

Também é possível marcar cada ponto de coleta para obtenção da densidade do solo e amostras para C e granulometria, visando a coleta na mesma posição ao longo do tempo.

### 3.2 Ficha de descrição geral

Como itens para descrição de cada área homogênea, sugere-se:

- a) Nome do proprietário.
- b) Número ou código da área.
- c) Data.
- d) Localização: município, estado e coordenadas geográficas.
- e) Histórico de cultivo na linha do tempo.
- f) Cultura anterior e tempo de cultivo.
- g) Cultura atual e tempo de cultivo.
- h) Práticas de adubação e calagem: tipo, frequência e quantidade.
- i) Sistema de manejo: sistema de plantio direto, cultivo convencional, cultivo mínimo (semeadura direta - pousio).
- j) Arranjo produtivo agrícola: anual, perene ou integrado.
- k) Sistema de pastejo: contínuo, rotacionado ou alternado.
- l) Pastagem: implantada, recuperada ou degradada
- m) Resíduo vegetal: mantido ou removido.
- n) Espécie e raça animal.
- o) Tipo de exploração animal: corte: cria, recria, engorda ou recria e engorda; leiteira.
- p) Irrigação: tipo e quantidade.
- q) Outras informações relevantes, conforme o objetivo ou necessidade.

Para o caso de projetos que serão certificados, recomenda-se observar junto às certificadoras a lista completa de itens necessários, uma vez que pode haver a necessidade de detalhamento de alguns itens, como: histórico de uso e/ou cultivo/práticas, classes do relevo e solo, tipo de vegetação natural, clima (chuva e temperatura), dentre outros, pois algumas dessas informações requerem a linha de base na condição mínima de anos antes da intervenção (série temporal anterior ao início do projeto e das avaliações).

### 3.3 Cálculo da proporção dos componentes ou estratos

Nas áreas consorciadas ou integradas, como definido no item 2.3.2, deve-se determinar ou estimar em cada faixa representativa a proporção ocupada por cada componente ou estrato.

O valor proporcional de cada componente ou estrato será utilizado no cálculo final do estoque total de C (item 3.3 do Capítulo 2).

### 3.3.1 Cultivos com linhas ou renques de árvores ou arbustos

Delimitar pelo limite da projeção da copa e obter a área total das linhas ou renques de árvores ou arbustos. Na sequência, calcular a proporção ocupada pela linha ou renque de árvores ou arbustos em relação à área total da faixa representativa.

$$PEA = (\text{área total} - \text{área de árvores}) / \text{área total}$$

$$PENA = 1 - PEA$$

em que:

*PEA* = proporção do estrato arbóreo

*PENA* = proporção do estrato não arbóreo

### 3.3.2 Árvores ou arbustos isoladas

Determinar pelo limite da projeção da copa a área de cada árvore e obter a área total de árvores ou arbustos. Na sequência, calcular a proporção ocupada pelas árvores ou arbustos em relação à área total da faixa representativa.

$$PEA = (\text{área total} - \text{área de árvores}) / \text{área total}$$

$$PENA = 1 - PEA$$

em que:

*PEA* = proporção do estrato arbóreo

*PENA* = proporção do estrato não arbóreo

## 3.4 Definição da espessura das camadas do solo

São camadas padrões as profundidades de 0–10, 10–20, 20–30 e 30–40 cm. É opcional a divisão da camada 0–10 cm nas camadas de 0–5 e 5–10 cm, ou de outras camadas. Também é opcional coletar até 100 cm de profundidade, com as camadas de 40–60, 60–80 e 80–100 cm.

No caso das marcas conceito carne carbono neutro (CCN) e carne baixo carbono (CBC), coleta-se nas camadas 0–20 e 20–40 cm, as quais são aplicadas para fins de análise da fertilidade do solo.

A divisão da camada de 0–10 cm nas camadas de 0–5 cm e 5–10 cm aumenta a sensibilidade nas comparações do estoque de C no solo entre diferentes usos, coberturas ou manejos. A coleta em maior profundidade permite ampliar a avaliação da capacidade do solo em estocar carbono.

Para qualquer intenção ou propósito das avaliações, as camadas de solo devem atender às exigências dos programas. Vários programas aplicam bônus nas pontuações para projetos de baixa emissão de C que efetuam avaliações de camadas mais profundas ou a subdivisão.

## 4. Procedimento

### 4.1 Marcação das minitrincheiras

Em todas as faixas representativas, são demarcados locais para a abertura das minitrincheiras para a coleta de amostras da densidade do solo (Ds) (amostras indeformadas), as quais são pontos de referência para a coleta, no entorno, de amostras para determinação de C total, C org e granulometria (amostras deformadas).

O local a ser demarcado em cada faixa representativa é definido a seguir, conforme cada tipo de cultivo.

#### 4.1.1 Monocultivos

##### a) Culturas anuais ou pastagens

Marcar a minitrincheira no ponto central da faixa representativa. Esta situação se aplica também para áreas de vegetação campestre, pastagem natural ou campo limpo.

##### b) Árvores

Marcar a minitrincheira na parte central da faixa representativa e entre as linhas de árvores ou arbustos. Na área de vegetação natural florestal ou arbustiva, escolher uma posição representativa, evitando posicionar embaixo de copas isoladas.

#### 4.1.2 Cultivos consorciados ou integrados

Na parte com culturas anuais ou pastagens, seguir o item 4.1.1a. Na parte com árvores em linhas duplas ou mais linhas, marcar a minitrincheira na parte central entre as linhas de árvores. Se for linha simples, marcar a minitrincheira entre as árvores.

## 4.2 Cuidados e observações

Os cuidados e observações devem ser seguidos tanto para a marcação e abertura das minitrincheiras quanto para a coleta de amostras para a análise de C e granulometria.

#### 4.2.1 Áreas perturbadas

Evitar proximidades de cercas, bebedouros, cochos, manobras de equipamentos e máquinas, deposição e carregamento de fertilizantes, formigueiros, cupinzeiros e outras situações ou condições que não fazem parte do cultivo ou manejo.



Evitar as faixas de enleiramento ou montes de destoca ou arranquio de pedras, uma vez que há acúmulo de diversos materiais.

Caso tenha ocorrido incêndio ou queimadas, avaliar a amostra de solo quanto à presença de carvão anotando o volume (%) após a separação manual. O C presente neste componente será quantificado, sobretudo, no método do C total.

#### 4.2.2 Presença de materiais grossos resistentes ou endurecidos

Anotar a quantidade, bem como a profundidade de ocorrência de materiais grossos resistentes ou endurecidos, como cascalhos e calhaus de diferentes naturezas, tais como quartzo, fragmentos de rocha e petroplintita (nomes comuns: canga, laterita, piçarra, couraça ou carapaça) (Figura 1.6).

Na sequência, determinar o volume ocupado por esses materiais para a ponderação no cálculo do estoque de C (itens 3.1 e 3.2 do Capítulo 2).

A obtenção do volume é descrita nos itens 4.3.2 (Capítulo 1), 2.1.1b (Capítulo 2) e 2.2.1b (Capítulo 2).



**Figura 1.6.** Diferentes tipos e posição de ocorrência de materiais grossos resistentes ou endurecidos na minitrincheira. (A) Fragmentos de rocha de diversos tamanhos (cascalhos e calhaus); (B) nódulos de petroplintita.

#### 4.2.3 Locais com grande quantidade de serapilheira

A serapilheira inclui material orgânico (folhas, flores, sementes, frutos, galhos, restos de insetos) presente na superfície do solo em diferentes graus de decomposição (Figura 1.7).

Para a coleta de amostras de solo para determinar a Ds, C e granulometria, esta camada deve ser removida manualmente de forma cuidadosa.



**Figura 1.7.** Disposição de serapilheira na superfície do solo. A) Área com árvores em floresta, B) Área com pastagem.

#### 4.3 Coleta de amostras para análise da densidade do solo

Após a demarcação, são abertas as minitrincheiras conforme orientações constantes nos itens 4.1.1 e 4.1.2 em cada faixa representativa.

Suas dimensões variam em função das camadas definidas no item 3.4. A dimensão da minitrincheira será de 30 cm x 50 cm para coleta de amostras de solo até a camada de 40 cm de profundidade e de 50 cm x 110 cm para a coleta de solo até 100 cm de profundidade.

Deve-se manter limpos pelo menos 3 lados ou paredes desde a superfície (Figura 1.8). Caso o solo esteja muito seco e duro, umedecer a área de 1 m<sup>2</sup>, aguardar a percolação por aproximadamente 24 horas e, posteriormente, abrir a minitrincheira.



**Figura 1.8.** Limpeza das paredes da minitrincheira para a coleta das amostras de solo.



### 4.3.1 Solo sem material grosso ou solto

Delimitar as camadas de acordo com as espessuras definidas no item 3.4. Retirar a camada de serapilheira (folhas, galhos e matéria orgânica em decomposição) da superfície com cuidado para não revolver o solo (Figura 1.9).

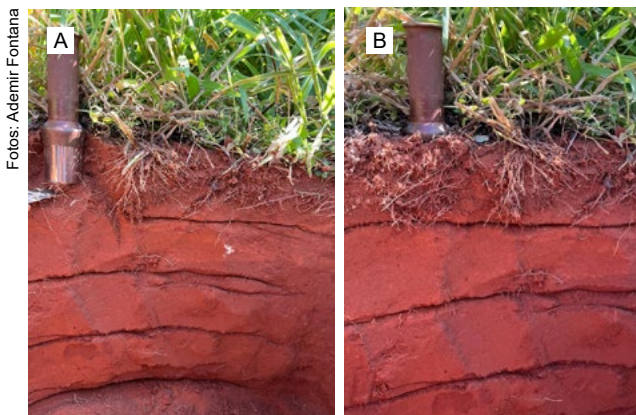


Foto: Ademir Fontana

**Figura 1.9.** Marcação das camadas com trena ou fita métrica na minitrincheira para a coleta da densidade do solo.

O volume mínimo de solo por camada deve ser próximo de 300 cm<sup>3</sup>. Para obter esse volume com anéis de 100 cm<sup>3</sup>, coletar três anéis para cada camada, sendo 1 anel para cada uma das três paredes da minitrincheira, enquanto que, para o anel de 300 cm<sup>3</sup>, coletar 1 anel de cada camada na parede mais representativa do perfil.

Para a coleta, colocar o anel volumétrico acoplado ao castelinho/batedor, preferencialmente na posição vertical, e introduzir ao solo com o auxílio de uma marreta, batendo suavemente com golpes paralelos à direção da inserção dos cilindros. O anel deve ser inserido até que o meio do cilindro fique centralizado em cada camada (Figura 1.10).



Fotos: Ademir Fontana

**Figura 1.10.** Coleta de amostra com anel volumétrico para a densidade do solo. (A) Inserção do anel até o centro da camada selecionada (0–10 cm), (B) Retirada do anel com castelinho.

Na sequência, escavar no entorno do anel sem perturbar o solo que já está dentro do cilindro (Figura 1.10). Em seguida, retirar o excesso de solo da parte externa do anel, com o auxílio de uma faca e espátula.

A faca é utilizada para cortar o solo ao redor do anel e a espátula para colocar na parte inferior do anel, evitando perdas de parte da amostra. No caso da existência de raízes no cilindro, não puxar, mas usar uma tesoura afiada para cortar as raízes.

Após a retirada do anel, realizar a limpeza de todos os lados com auxílio de faca e pano úmido, retirando o excesso de solo das extremidades do anel. Também as raízes devem ser aparadas rente ao anel com uma tesoura. Após a limpeza de todos os lados do anel, deve-se garantir que o anel esteja completamente cheio (Figuras 1.11A e 1.11B).

Posteriormente, transferir todo o solo contido no anel para um saco plástico, identificando o ponto (piquete, gleba ou faixa) e a camada na parte externa do saco com fita (caneta permanente) e colocando dentro do saco etiqueta de papel grosso (Figura 1.11C e 1.11D).



Fotos: Ademir Fontana

**Figura 1.11.** Amostra de solo no anel para a densidade do solo. (A) Limpeza do anel, (B) Anel pronto, (C) Retirada da amostra de solo, (D) Sacos com as amostras de solo de cada camada.



A presença de raízes grossas e/ou outros materiais grossos endurecidos na amostra deve ser avaliada considerando a sua ocorrência na área.

Em geral, as amostras com raízes grossas são descartadas, buscando outro local para inserir o anel, enquanto, os demais materiais serão separados e determinado o volume por eles ocupado conforme orientações a seguir no item 2.1.1 b (Capítulo 2).

#### 4.3.2 Solo com material grosso ou solto

O método da escavação é recomendado para solos com grande quantidade de materiais grossos, conforme definido no item 4.2.2, ou solos soltos (arenosos ou recém-revolvidos) de acordo com o item A3.7 da FAO (2019, 2020). Este método pode ser visualizado no vídeo do canal LabGeo UFSCar no YouTube. No caso de solos com materiais grossos, uniformizar o solo de forma plana em cada camada definida no item 3.4.

Quando o volume de materiais grossos estiver entre 15% e 30%, abrir um buraco com volume mínimo de 400 cm<sup>3</sup>, para solo com 30% a 50% de materiais grossos, o volume deve ser de 700 cm<sup>3</sup>, e para solos com mais de 50% de materiais grossos, o volume deve ser de 1.000 cm<sup>3</sup>.

Para solos soltos, após a alocação das minitrincheiras, uniformizar o solo de forma plana em cada camada definida no item 3.4 e abrir um buraco de no mínimo 400 cm<sup>3</sup> de volume.

Em ambas as condições descritas acima, retirar o solo escavado e colocá-lo em um saco plástico para determinar a massa seca, conforme item 2.1.1b (Capítulo 2).

Pesar até 2 kg de areia limpa, seca e fluida (areia padrão com tamanho de partícula uniforme e diâmetro entre 0,80 mm e 0,25 mm) em uma balança semianalítica com duas casas de precisão.

Na sequência, colocar a areia em uma proveta volumétrica, anotar o volume e obter a densidade da areia:

$$\text{Densidade da areia (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{\text{massa da areia (g)}}{\text{volume da areia (cm}^3\text{)}}$$

Diante do buraco aberto, completar a areia já pesada anteriormente até o limite superior, utilizando uma régua, gabarito de madeira ou outro material resistente.

Após completar o buraco com a areia, pesar a areia não utilizada e calcular a massa de areia utilizada para encher o buraco:

$$\text{Areia utilizada (g)} = \text{massa areia total (g)} - \text{massa areia não utilizada (g)}$$

Na sequência, calcular o volume da amostra de solo, que será utilizado no cálculo da densidade do solo (Ds) no item 2.1.1b (Capítulo 2):

$$\text{Volume total da amostra (cm}^3\text{)} = \frac{\text{areia utilizada (g)}}{\text{densidade da areia (g cm}^{-3}\text{)}}$$

### 4.4 Coleta de amostras para análise de carbono e granulometria

A coleta das amostras de solo será realizada em todas as faixas representativas, tanto nas camadas já delimitadas na minitrincheira utilizada para a coleta da Ds (visa aproveitar este ponto que já está aberto e é central na área), quanto no seu entorno.

#### 4.4.1 Coleta das amostras na minitrincheira

Em cada minitrincheira demarcada para a amostragem da Ds, conforme especificado no item 4.1, e em todas as camadas definidas no item 3.4, retirar uma amostra de solo deformada nas mesmas paredes que foram coletadas amostras para a Ds, utilizando-se uma faca ou espátula.

Colocar em um balde identificado com a espessura de cada camada. Iniciar a coleta do solo das camadas inferiores para o topo, evitando assim a contaminação das amostras.

#### 4.4.2 Coleta das amostras no entorno da minitrincheira

No entorno de cada minitrincheira, a uma distância entre 15 m e 30 m, nas mesmas camadas em que foram coletadas amostras para a Ds, coletar no mínimo 5 amostras simples por camada em diferentes locais, utilizando trado, enxadão ou pá.

Para cada amostra, coletar um volume similar ao coletado em cada camada da minitrincheira, inserindo-a no balde especificado no item 4.4.1, obtendo-se uma amostra composta por camada.

Local de coleta em função do tipo de cultivo:

- Monocultivo de culturas anuais ou pastagem: coletar de forma radial à minitrincheira. Em monocultivo de árvores, coletar de forma radial à minitrincheira, entre as árvores na linha e no ponto central entre linhas.
- Cultivos consorciados ou integrados: coletar separadamente em cada componente ou estrato, seguindo a orientação definida no item 4.4.2 a.

Antes de efetuar a coleta do solo, remover manualmente a camada de serapilheira (folhas, galhos e matéria orgânica em decomposição) da superfície com cuidado para não revolver o solo (Figura 1.12A), seguido da coleta da amostra de solo (Figura 1.12B).



**Figura 1.12.** Etapas da coleta da amostra simples e composta (ambas deformadas) do solo com trado. (A) retirada manual da serapilheira (palhada e outros materiais orgânicos) (B) coleta da camada; (C) despejo da amostra no balde para compor uma amostra composta.

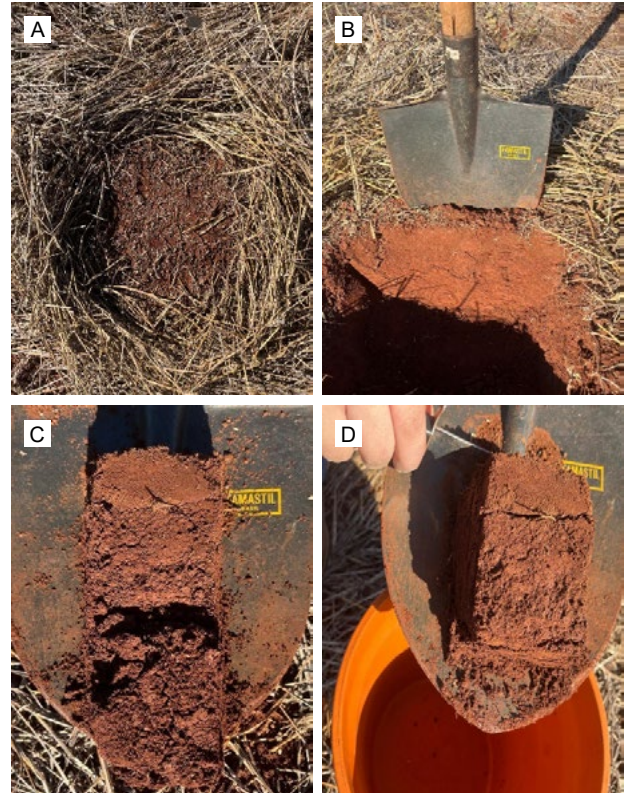
Utilizar trados com caçamba de 10 cm para a coleta das amostras nas camadas com espessura de 10 cm. No caso de subdivisão da camada de 0–10 cm em 0–5 cm e 5–10 cm, as amostras devem ser coletadas com pá reta, sonda ou enxadão.

Quando se coleta com o trado nas camadas subsuperficiais (a partir da camada de 0–10 cm), observar a parte superior do trado ( $\frac{1}{4}$  superior) para garantir que a amostra corresponda à camada em operação (uma condição que garante a qualidade da amostra de interesse e evita inclusão de parte da camada superior). Caso se observe contaminação da camada superior, deve-se realizar uma nova amostragem em outro local.

Após obter as amostras em cada camada, juntar no mesmo balde a amostra obtida na minitrincheira para formar a amostra composta (Figura 1.12C).

Em solos secos e soltos ou arenosos, deve-se utilizar pá reta ou enxadão para a coleta de amostras, especialmente nas camadas até a profundidade de 20 cm (Figuras 1.13A, 1.13B, 1.13C e 1.13D).

Para esses solos, também é recomendado cavar minitrincheiras com tamanho mínimo para a coleta de amostras diretamente nas paredes, iniciando pelas camadas inferiores.



**Figura 1.13.** Etapas da coleta da amostra simples e composta (ambas deformadas) do solo com pá reta. (A) retirada da serapilheira (palhada e outros materiais orgânicos) (B) coleta da camada; (C) recorte das laterais e divisão das camadas; (D) deposição da amostra de cada camada no balde.

#### 4.3.3 Obtenção de amostra composta

Após a coleta de todas as amostras de cada camada acondicionadas no balde, homogeneizar o solo e separar pelo menos 600 g em um saco plástico (Figura 1.14).

Identificar o ponto (piquete, gleba ou faixa) e a profundidade da coleta na parte externa do saco com fita (caneta permanente), acrescentando dentro do saco uma etiqueta de papel grosso com a mesma identificação. Os baldes e ferramentas devem estar limpos a cada coleta de amostras de solo.



**Figura 1.14.** Baldes e sacos com as amostras compostas de cada camada.



## 4.5 Armazenamento das amostras

Para organizar todas as amostras de cada faixa representativa, acondicione as amostras de todas as camadas em um mesmo recipiente (saco grande ou caixa).

Na sequência, juntar as amostras das faixas representativas conforme cada área homogênea, identificando e mantendo em local seco.

## Considerações finais

Os procedimentos de coleta de amostras de solo visando a determinação da densidade do solo, do carbono e das frações granulométricas se aplicam às diferentes condições de cultivo e manejo, atendendo especialmente aos projetos que preconizam a agricultura de baixo carbono, ou seja, daquelas áreas que adotam práticas que favorecem a manutenção e, principalmente, o aumento de matéria orgânica no solo.

## Referências

- BOWMAN, R. A.; REEDER, J. D.; WIENHOLD, B. J. Quantifying laboratory and field variability to assess potential for carbon sequestration. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, n. 9/10, p. 1629-1642, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1081/CSS-120004304>.
- ESTADOS UNIDOS. Agricultural Research Service. **GRACEnet**. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/anrds/gracenet/>. Acesso em: 16 ago. 2024.
- FAO. **A protocol for measurement, monitoring, reporting and verification of soil organic carbon in agricultural landscapes**: GSOC-MRV protocol. Rome, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb0509en>.
- FAO. **Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems**: guidelines for assessment. Version 1. Rome, 2019. 170 p. Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Disponível em: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3573cc7c-f8b0-42cc-bead-ea56c502647e/content>. Acesso em: 16 ago. 2024.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 20 dez. 2023.
- OLIVEIRA, P. P. A. (ed.). **Protocolo para quantificação dos estoques de carbono do solo da Rede de Pesquisa Pecuária**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014. 20 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Série Documento, 116). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117416/1/Documentos116.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.
- STOLBOVOY, V.; MONTANARELLA, L.; FILIPPI, N.; JONES, A.; GALLEGRO, J.; GRASSI, G. **Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union**. Version 2. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007. 50 p. EUR 21576 EN/2. Disponível em: [https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoils\\_docs/other/EUR21576\\_2.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR21576_2.pdf). Acesso em: 16 ago. 2024.
- VERRA. **VM0042**: methodology for improved agricultural land management. Version 2.0. 2023. Disponível em: <https://verra.org/wp-content/uploads/2023/05/VM0042-Improved-ALM-v2.0.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.
- ZANATTA, J. A.; PULROLNIK, K.; VIANA, J. H. M. **Protocolo para avaliação do estoque de carbono e de nitrogênio do solo em sistemas florestais - Projeto Saltus**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 31 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 277). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129380/1/Doc.-277-Projeto-Saltus-2.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2024.