

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

# **Manual de Métodos de Análise de Solo**

**3ª edição revista e ampliada**

*Paulo César Teixeira  
Guilherme Kangussu Donagemma  
Ademir Fontana  
Wenceslau Geraldes Teixeira*  
Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Solos**

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

### **Unidade responsável pelo conteúdo e edição**

Embrapa Solos

### **Comitê de Publicações da Embrapa Solos**

Presidente: *José Carlos Polidoro*

Secretária-Executiva: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de C. de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Enyomara Lourenço Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Moema de Almeida Batista, Wenceslau Geraldes Teixeira*

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Capa: *Eduardo Guedes de Godoy*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes e  
Marcos Antônio Nakayama*

### **3ª edição**

Publicação digitalizada (2017)

### **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 Solos

---

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

574 p. : il. color.

ISBN 978-85-7035-771-7

1. Análise do solo. 2. Física do solo. 3. Química do solo. 4. Matéria orgânica. 5. Mineralogia. I. Teixeira, Paulo César. II. Donagemma, Guilherme Kangussu. III. Fontana, Ademir. IV. Teixeira, Wenceslau Geraldes. V. Embrapa Solos.

CDD 631.40202

# — Capítulo 2 —

## ANÁLISE MINERALÓGICA DE GRÃOS

Sebastião Barreiros Calderano

### 2.1 Introdução

As frações arenosas são compostas, em geral, por grânulos minerais (isolados ou agregados), nódulos e concreções, litofragmentos, fragmentos de conchas e outros materiais bioclásticos, carvão e restos orgânicos (vegetais e animais). As frações mais grossas, com diâmetro superior a 2 mm, são constituídas preferencialmente por grãos de minerais (isolados ou agregados), fragmentos de rocha (litofragmentos), nódulos e concreções (isolados ou constituindo agregados).

Os resultados da análise mineralógica se aplicam tanto a estudos de gênese e classificação de solos, quanto a informações relativas à reserva mineral dos solos, bem como para inferências sobre o material de origem, condições de transporte e remobilização, e também para avaliação do grau de intemperismo e evolução pedogenética.

Essa análise é usada também de forma específica para fins taxonômicos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), como parâmetro distintivo de horizontes diagnósticos e classes de solos em diferentes níveis categóricos.

### 2.2 Princípio

Identificação e caracterização dos constituintes minerais,

litofragmentos, nódulos e concreções por meio da avaliação das diferenças mineralógicas refletidas na estrutura cristalina, forma, coloração e aspecto sob efeito de luz refletida e transmitida, com o uso da microscopia ótica. Ainda, consiste na estimativa do percentual de ocorrência dos constituintes de cada fração.

Em complementação ao reconhecimento visual, feito com lupa binocular (estereomicroscópio) e microscópio petrográfico, são utilizados ainda microtestes específicos, com base em diferenças de composição química, para identificação de óxidos de manganês e carbonatos, presentes como agregados, incrustações ou recobrimentos, e outros minerais. Do mesmo modo, testes físicos são aplicados para investigar a presença ou não de minerais magnéticos. Ocasionalmente, pode ser usada difração de raios-X para confirmar a identificação de minerais alterados ou de características duvidosas.

## **2.3 Material e Equipamentos**

- Ímã.
- Placa de Petri.
- Placa de toque de porcelana (para os testes químicos).
- Balão volumétrico de 100 mL.
- Estiletes.
- Pinças.
- Lâminas de vidro, para microscopia.
- Lamínulas.
- Óleo mineral.
- Estereomicroscópio (Lupa binocular).
- Microscópio petrográfico.

## 2.4 Reagentes e Soluções

- **Água oxigenada comercial de 10 ou 20 volumes** (aproximadamente 3% ou 6% de  $H_2O_2$ ).
- **Solução de HCl 1:9 (v/v)** – adicionar 10 mL de HCl concentrado ( $d = 1,19 \text{ g cm}^{-3}$  e 37%) em balão volumétrico de 100 mL previamente preenchido até a metade com água destilada ou deionizada. Completar o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.

## 2.5 Procedimento

### 2.5.1 Obtenção das frações

- Obter as frações calhaus ( $> 20 \text{ mm}$ ) e cascalho ( $20 \text{ mm} - 2 \text{ mm}$ ), que compõem os constituintes mais grossos do solo, por separação granulométrica na fase de preparação da amostra, conforme item 1.5 da Parte I – Análises Físicas.
- Separar as frações areia grossa ( $2 \text{ mm} - 0,2 \text{ mm}$ ) e areia fina ( $0,2 \text{ mm} - 0,05 \text{ mm}$ ) por análise granulométrica, conforme descrito no Capítulo 1 (“Separação das frações granulométricas do solo para análises mineralógicas”).

### 2.5.2 Exame sob lupa binocular

- Homogeneizar as amostras de cada fração, agitando os sacos plásticos em que estiverem acondicionadas.
- Colocar uma pequena porção da fração a ser analisada em placa de Petri, espalhando de maneira uniforme. Evitar quantidade excessiva de material, pois dificulta a visão individualizada dos constituintes.
- Separar as concreções e minerais magnéticos, quando presentes na amostra, afastando-os para um dos quadrantes

da placa de Petri com auxílio de um ímã, e manter esses materiais concentrados com o objetivo de facilitar o reconhecimento e a estimativa do percentual de ocorrência.

- Realizar observação criteriosa dos constituintes da amostra sob lupa binocular, variando o suporte sob a placa de Petri para melhor visualização das características dos minerais sob diferentes condições de luz refletida:
  - suporte branco, para destacar e facilitar a visualização dos minerais escuros, opacos ou não.
  - suporte escuro, para destacar e facilitar a visualização dos minerais de cor clara.
  - suporte espelhado, para facilitar a visualização dos minerais coloridos e transparentes.

Obs.: o suporte espelhado realça a característica de transparência dos minerais, mesmo que pareçam opacos sob luz incidente; realça também os minerais que ocorrem como inclusão nos grãos de quartzo, e é muito eficiente na observação da fração areia fina, onde os grânulos dos minerais se encontram mais individualizados. Em lupas com iluminação na base não é necessário o artifício de se usar o suporte de fundo espelhado.

- Realizar microtestes químicos em placa de toque para detecção de óxidos de manganês e carbonatos, quando presentes na constituição ou recobrimo os minerais e outros componentes, como nódulos/concreções e litofragmentos:
  - adicionar algumas gotas de HCl diluído (1:9 v/v ou um pouco mais concentrado), a frio, sobre o material selecionado, que apresentará reação de efervescência na presença de carbonatos.
  - adicionar algumas gotas de água oxigenada comercial (10 ou 20 volumes), a frio, que apresentará reação de efervescência na presença de óxidos de manganês (quando a reação for discreta, observar a efervescência sob a lupa binocular).

- outros testes químicos, específicos para diversos outros minerais, podem ser consultados em Leinz e Campos (1979) e Parfernoff et al. (1970).
- No decorrer da análise, quando necessário para confirmar a identificação, selecionar grãos de minerais transparentes, com auxílio de pinça e estilete, para exame em microscópio petrográfico (conforme descrito no item 2.5.3).
- Para nódulos, concreções e litofragmentos, descrever cor, brilho, dureza, forma e natureza, além dos possíveis minerais constituintes, principalmente no caso dos fragmentos de rocha.
- Para as espécies minerais, descrever as propriedades físicas: cor, brilho, clivagem, hábito, fratura; e registrar também as inclusões e incrustações que geralmente ocorrem.
- Descrever também forma, grau de arredondamento e esfericidade dos grãos, conforme proposto por Powers (1953). Análises específicas para avaliação do grau de arredondamento e forma dos grãos, envolvendo aspectos de morfometria, são abordadas de forma mais detalhada no item 19.4 da Parte I – Análises Físicas.
- Proceder à determinação semiquantitativa do percentual de cada constituinte da amostra, sejam minerais, nódulos e concreções, e outros componentes, como fragmentos bioclásticos, carvão etc., com base no método de estimativa visual proposto por Terry e Chilingar (1955) (Figura 1).

### **2.5.3 Exame em microscópio petrográfico**

Este procedimento se refere a uma avaliação complementar, exclusiva para minerais transparentes (não opacos), quando não for possível sua identificação inequívoca pelo exame visual com lupa binocular, conforme descrito acima.

- Disponibilizar os grãos dos minerais selecionados sobre uma lâmina de vidro.

- Triturar os grãos de maiores dimensões para facilitar a montagem da lâmina e observação das características dos minerais.
- Adicionar gota(s) de água ou óleo mineral sobre os grãos, em quantidade suficiente para cobri-los.
- Cobrir a amostra com uma lamínula.
- Observar a lâmina em microscópio petrográfico sob diferentes condições de luz transmitida.

Obs.: uma lâmina adicional pode também ser confeccionada com a fração areia fina, com o objetivo de complementar informações e esclarecimento de dúvidas.

## 2.6 Observações

Os procedimentos metodológicos descritos neste capítulo correspondem a uma simplificação da metodologia padrão adotada em estudos sedimentológicos específicos (Parfenoff et al., 1970; Pettijhon et al., 1973) e têm como objetivos a avaliação e a caracterização dos minerais constituintes das frações grossas do solo, de forma mais célere e econômica. Assim, alguns procedimentos constantes na primeira edição deste Manual (Oliveira, 1979) não são prescritos, podendo, no entanto, serem realizados em caso de estudos mais pormenorizados, ou conforme a constituição mineralógica do solo.

As principais diferenças do método descrito em relação à metodologia padrão de análise mineralógica de grãos referem-se a não realização de alguns procedimentos, entre eles: quarteamento (que requer maior quantidade de material, de difícil separação para muitos tipos de solos); separação densimétrica com uso de bromofórmio ( $d = 2,89 \text{ g cm}^{-3}$ ) ou outros líquidos densos (envolve consumo de produtos tóxicos, além da pequena ocorrência de minerais pesados em solos); separação eletromagnética com separador Frantz (necessidade de equipamento próprio, que para fins de caracterização de solos pode ser suprido pelo uso do ímã de mão); montagem de lâminas



com resinas específicas ou líquidos de índices de refração conhecidos (processo muito trabalhoso e aplicado para auxiliar o reconhecimento de minerais em geral pouco comuns em solos); remoção de matéria orgânica, carbonatos, sais solúveis e óxidos de ferro (modifica a composição das frações e pode haver alteração de alguns minerais).

Conforme relatado em Claessen (1997), existem algumas restrições em não se empregar a metodologia padrão adotada no exame ótico dos minerais transparentes. No entanto, para estudos específicos ou em função de características especiais do solo, os referidos procedimentos podem ser realizados, tendo como referência as descrições constantes em Oliveira (1979).

Havendo também a necessidade de se aprofundar o conhecimento dos constituintes de uma determinada amostra de solo, podem-se utilizar ainda outras técnicas adotadas em estudos sedimentológicos, como o fracionamento da areia em outros intervalos granulométricos, diferentes dos empregados na rotina da Embrapa Solos (areia muito grossa, grossa, média, fina e muito fina, por exemplo). Nesse caso, recomenda-se utilizar as frações predominantes e proceder também à separação densimétrica dos minerais leves e pesados, para montagem em lâmina petrográfica. Proceder também à separação magnética utilizando o separador Frantz, equipamento dotado de um eletroímã capaz de separar os constituintes paramagnéticos e diamagnéticos em várias faixas de suscetibilidade magnética.

## 2.7 Referências

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

ENGELHARDT, W.; FUCHTBAUER, H.; MULLER, G. Sedimentary petrology. In: MULLER, G. (Ed.). **Methods in sedimentary petrology**. Stuttgart: E. Shuweizerbart'sche, 1967. pt 1.

LEINZ, V.; CAMPOS, J. E. S. **Guia para determinação de minerais**. 8. ed. São Paulo: Nacional, 1979. 149 p.

OLIVEIRA, L. B. de (Coord.). **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1979.

PARFENOFF, A.; POMEROL, C.; TOURENO, J. **Les minéraux en grains: methodes d'étude et determination**. 6 ed. Paris: Masson, 1970. 570 p.

PETTIJHON, F. J.; POTTER, P. E.; SIERVER, R. **Sand and sandstone**. Berlin: Springer-Verlag, 1973. 618 p.

POWERS, M. C. Comparison chart for visual estimation of roundness. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 23, p.117-119, 1953.

TERRY, R. D.; CHILLINGAR, G. V. Comparison chart for visual estimation of percentage composition. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 25, p. 229-234, 1955.

## 2.8 Literatura recomendada

DELGADO, M.; DORRONSORO, C.; GUARDIOLA, Y. L. Técnica de obtención y preparación de las arenas gruesas de suelos para su estudio óptico. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v. 31, n. 1/2, p. 143-150, 1972.

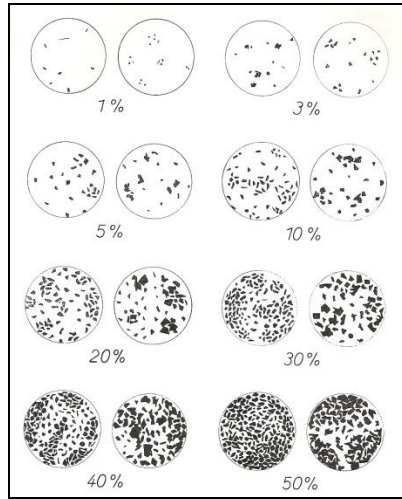
DORRONSORO, C. Empleo del microscópio petrográfico para la observación y micro fotografía de objetos tridimensionales. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v. 30, n. 9/10, p. 1005-1012, 1971.

PISSARA, J. B.; CARDOSO, J. C.; GARCIA, J. S. **Mineralogia dos solos de São Tomé e Príncipe**. Lisboa: Junta de Investigações do Ultramar, 1965. 144 p. (Estudos, ensaios e documentos, 118).

PORTAS, C. A. M.; FURTADO, A. F. A. S. **Reserva mineral e minerais da areia de alguns solos da Ceta (Angola)**. Lisboa: Junta de Investigações do Ultramar, 1964. 123 p. (Estudos, ensaios e documentos, 115).

STOOPS, G. Visual aid for the estimation of grain sizes in thin sections. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v. 40, n. 11/12, p. 2289-2291, 1981.

## 2.9 Anexo



**Figura 1.** Carta de comparação visual para estimativa dos percentuais dos materiais constituintes da amostra em análise.

Fonte: Terry e Chilingar (1955), citados por Engelhardt et al. (1967).