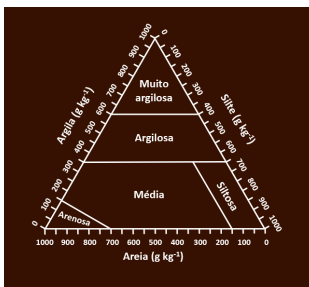


# Dispersão do solo para análise granulométrica

## Uma breve revisão



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

## **DOCUMENTOS 388**

# Dispersão do solo para análise granulométrica

## Uma breve revisão

*Marcos Aurélio Carolino de Sá*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>

**Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970, Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9898  
[embrapa.br/cerrados](http://embrapa.br/cerrados)  
[embrapa.br/fale-conosco/sac](http://embrapa.br/fale-conosco/sac)

**Comitê Local de Publicações da Unidade**

Presidente  
*Lineu Neiva Rodrigues*

Secretária-executiva  
*Alessandra Duarte de Oliveira*

Secretária  
*Alessandra Silva Gelape Faleiro*

Membros  
*Alessandra Silva Gelape Faleiro;  
Alexandre Specht; Edson Eyji Sano;  
Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga;  
Jussara Flores de Oliveira Arbues;  
Kleberson Worsley Souza;  
Maria Madalena Rinaldi;  
Shirley da Luz Soares Araujo*

Supervisão editorial  
*Jussara Flores de Oliveira Arbues*

Revisão de texto  
*Margit Bergener Leite Guimarães  
Jussara Flores de Oliveira Arbues*

Normalização bibliográfica  
*Shirley da Luz Soares Araújo (CRB 1/1948)*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Wellington Cavalcanti*

Foto da capa  
*Marcos Aurélio Carolino de Sá*

Impressão e acabamento  
*Alexandre Moreira Veloso*

**1ª edição**  
1ª impressão (2021): tiragem (30 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 Cerrados

---

S111 Sá, Marcos Aurélio Carolino de.

Dispersão do solo para análise granulométrica: uma breve revisão / Marcos Aurélio Carolino de Sá. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2021.

25 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 388).

1. Análise do solo. 2. Granulometria. I. Título. II. Série.

CDD (21 ed.) 631.42

---

© Embrapa, 2021

## Autor

**Marcos Aurélio Carolino de Sá**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas,  
pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

## Apresentação

A análise granulométrica do solo ou simplesmente análise textural é de grande importância na classificação de solos e no manejo do solo, sendo critério auxiliar na recomendação de calagem e adubação, irrigação, espaçamento de terraços, por exemplo. Os procedimentos analíticos evoluíram ao longo do tempo e até hoje há espaço para melhorias nas metodologias, uma vez que muitos solos são de difícil dispersão, como os Latossolos oxídicos de textura muito argilosa. Nesta publicação, é feita uma revisão bibliográfica sobre o tema.

*Sebastião Pedro da Silva Neto*  
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

## Sumário

Introdução.....	9
Histórico e princípios .....	10
Dispersantes químicos .....	12
Agitação mecânica .....	15
Agitação ultrasônica .....	16
Uso de agentes abrasivos.....	18
Considerações finais .....	18
Referências .....	20

## Introdução

A textura do solo ou granulometria refere-se a sua caracterização em termos dos percentuais de argila (partículas < 0,002 mm), silte (partículas entre 0,002 mm e 0,05 mm) e areia (partículas entre 0,05 mm e 2 mm) na sua fração “terra fina” (partículas minerais < 2 mm). É uma característica intrínseca do solo, ou seja, é determinada pelos fatores de formação do solo sendo um deles o material de origem; e não é alterada pelo manejo. Utilizada como critério para diferenciação de solos em diferentes sistemas de classificação, é também uma característica que influencia na forma como o agricultor deve manejar o solo (Resende et al., 2007; Santos et al., 2018). Também é relacionada com a retenção de água, que tende a ser mais elevada em solos argilosos - exceção para os mais oxidicos cuja estrutura granular pode conferir um comportamento semelhante aos solos arenosos (Resende et al., 2007). A textura do solo é também atributo auxiliar no manejo da irrigação. Diretamente relacionada à fertilidade do solo e a sua capacidade de retenção de nutrientes, também é atributo auxiliar em recomendações de calagem e adubação. Isso porque solos argilosos tendem a reter mais matéria orgânica, e apresentar capacidade de troca catiônica (CTC) mais elevada do que solos arenosos, que tendem a ser mais propensos a lixiviação, razão pela qual o manejo da adubação também deve ser diferenciado em função da textura do solo: solos arenosos normalmente requerem doses menores e mais frequentes, ou seja, maior parcelamento de fertilizantes nitrogenados e potássicos, ao passo que solos mais argilosos podem receber doses mais elevadas em uma única aplicação.

Também há uma relação da textura com o manejo e conservação do solo. Solos arenosos tendem a perder matéria orgânica de forma mais acelerada do que solos argilosos, o que requer um manejo criterioso no tocante a revolvimento, formação de palha e rotação de culturas para aporte de resíduos e manutenção da matéria orgânica. Tendem a ser mais propensos à erosão, quando em relevo mais movimentado. Solos argilosos por sua vez, são mais propensos à compactação, o que pode levá-los também a grandes perdas por erosão. Tabelas e recomendações para o cálculo do espaçamento e o dimensionamento de terraços também consideram a textura do solo. Há uma relação da textura do solo com a atividade biológica, adsorção, degradação e

lixiviação de pesticidas e contaminantes químicos, e conseqüentemente, poluição ambiental. Naturalmente estas questões foram até aqui colocadas de forma bastante generalista, pois as relações se tornam ainda mais complexas quando levamos em conta a mineralogia do solo, em especial da fração argila, que também determina algumas propriedades do solo.

Esta publicação trata especificamente de questões ligadas à dispersão de amostras de solo para determinação da textura e as primeiras tentativas, os erros e acertos dos pesquisadores pioneiros, bem como as metodologias propostas e os desafios. É comum ouvirmos questões do tipo: “por que, no Brasil, se usa hidróxido de sódio como dispersante enquanto, nos Estados Unidos, se utiliza hexametáfostato de sódio? Estamos atrasados em relação a eles? Por que não padronizar com um único dispersante? Quem está certo?”. Aparentemente simples, muitas vezes, dispersar uma amostra de solo em meio aquoso e manter essa suspensão estável para quantificação das partículas pode ser algo complexo em algumas situações, a exemplos dos Latossolos oxidicos de textura muito argilosa do Cerrado. Foi essa a questão que nos encorajou a elaborar esta revisão bibliográfica.

## Histórico e princípios

A distribuição do tamanho de partículas do solo, também chamada de textura, é uma característica intrínseca de cada solo, relacionada com sua capacidade de retenção de água e nutrientes, e independe do manejo (Day, 1965; Carvalho et al., 1986). Em língua portuguesa, a princípio adotava-se o termo “análise mecânica do solo” (Brasil, 1949), posteriormente substituído por “análise granulométrica do solo”, que é mais específico e exprime melhor sua finalidade (Medina; Grohmann, 1962). De forma análoga, em língua inglesa, o termo “mechanical analysis”, utilizado em trabalhos antigos (Wiley, 1894; Briggs et al., 1904; Kilmer; Alexander, 1949), foi substituído por “particle size analysis” (Day, 1965), em tradução literal, “análise do tamanho de partículas”.

Antes do desenvolvimento da pedologia como ciência, antigos agricultores já utilizavam termos como solo leve, pesado, médio e barrento para classificar seus solos (Medina; Grohmann, 1962). Algumas das primeiras metodologias científicas para análise granulométrica surgiram ainda na segunda metade do século XIX, de forma independente em diversos países como Estados



Unidos, Alemanha, Itália, França, Bélgica e Rússia e foram descritas por Wiley (1894). O autor descreve as dificuldades enfrentadas por cientistas pioneiros, principalmente com relação à dispersão do solo e quantificação das suas frações, à morosidade nas análises e à falta de padronização.

Com relação à quantificação das frações do solo após a dispersão, tentativas de tornar as análises mais rápidas e precisas foram feitas, a exemplo do método da centrífuga proposto por Briggs et al. (1904). Posteriormente, surgiu o método da pipeta, desenvolvido simultaneamente no País de Gales por Robinson (1922), nos Estados Unidos, por Jennings et al. (1922) e, na Alemanha, por Krauss (1923), conforme citado por Tyner (1940). Esse método, que se utiliza de pipetagem de alíquotas de uma suspensão contendo solo previamente disperso para posterior secagem e pesagem, sofreu adaptações ao longo da história, mas seu princípio se mantém igual, sendo atualmente considerado como padrão (Kilmer; Alexander, 1949; Day, 1965; Carvalho et al., 1986; Donagemma et al., 2017). Com o objetivo de tornar a análise granulométrica mais prática e rápida, Bouyoucos (1927) desenvolveu, nos Estados Unidos, a metodologia do densímetro, posteriormente modificada pelo mesmo autor (Bouyoucos, 1962). Operacionalmente mais simples e com boa relação com o método padrão, vem sendo utilizada em análises de rotina (Bouyoucos, 1930; Medina; Grohmann, 1962; Day, 1965; Claessen, 1997; Camargo et al., 2009; Donagemma et al., 2017). A diferença entre os métodos da pipeta e do densímetro consiste na forma de quantificação da argila, sendo, no primeiro, por gravimetria de alíquotas e, no segundo, por estimativa com base na densidade da suspensão. Ambos requerem uma boa dispersão do solo.

Recentemente, outros métodos vêm sendo propostos, como os que utilizam granulômetros, equipamentos previamente calibrados que quantificam a distribuição de partículas de solo dispersas em uma suspensão utilizando feixes de laser, podendo fornecer curvas contínuas de distribuição do tamanho de partículas (Blott et al., 2004; Eshel et al., 2004; Silva et al., 2013; Oliveira et al., 2016). Outro método, considerado não destrutivo, permite a estimativa diretamente em uma amostra de “terra fina”, que é a análise granulométrica por espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS). Entretanto, essa técnica, não destrutiva e com resultados rápidos, não possibilita a quantificação exata das frações do solo, mas sim uma estimativa, com base em curvas de calibra-

ção, cujo  $r^2$  varia em torno de 0,67 a 0,84, as quais devem ser obtidas com base em metodologias referência (Chang et al., 2001; Ferraresi et al., 2012; Franceschini et al., 2013; Silva et al., 2017). Independentemente da metodologia utilizada, o sucesso da análise granulométrica do solo depende de uma adequada dispersão, obtida pela destruição de todos os agregados em partículas primárias sem quebrá-las, da estabilização da suspensão de forma que não ocorra floculação e da quantificação dos separados da amostra, o que normalmente é feito por peneiramento e por sedimentação ou mesmo a laser, no caso dos granulômetros. Essa dispersão é um processo físico-químico, que depende da combinação da desagregação mecânica proporcionada pela agitação da amostra, e pode ser feita por diferentes métodos, com dispersantes químicos, tais como: hidróxido de sódio, oxalato de sódio, pirofosfato de sódio, hexametáfosfato de sódio ou uma mistura destes. Os dispersantes químicos favorecerem a desagregação mecânica e proporcionam a estabilização da suspensão de partículas dispersas, evitando a floculação do solo e permitindo a quantificação das frações granulométricas (Winters; Harland, 1930; Beale, 1939; Kilmer; Alexander, 1949; Day, 1965; Baver et al., 1972; Menk; Oliveira, 1974; Grohmann; Raij, 1974; Jorge et al., 1985; Gee; Bauder, 1986; Donagemma et al., 2017; Nascimento Junior et. al., 2017).

## Dispersantes químicos

Diversos mecanismos afetam a agregação do solo, como o teor e o tipo de argila, a matéria orgânica e a presença de cátions floculantes (Tisdall; Oades, 1982; Bronick; Lal, 2005), e, conseqüentemente, a sua dispersão. Normalmente, solos mais intemperizados, pobres em nutrientes e ácidos ( $\text{pH} < 5,5$ ), apresentam predomínio de minerais de carga variável dependente de  $\text{pH}$  na fração argila, tais como óxidos de ferro e de alumínio e caulinita, além de substâncias húmicas. Tais solos requerem elevação do  $\text{pH}$  da solução para formação de cargas negativas, favorecendo a dispersão, o que é auxiliado pela substituição de cátions floculantes, como alumínio, cálcio e magnésio no complexo de troca por um cátion dispersante, como o sódio, cujo raio iônico hidratado favorece a expansão da dupla camada difusa e, assim, a dispersão da fração argila. Solos menos intemperizados, com argila 2:1, com  $\text{pH}$  e teores mais elevados de íons floculantes, especialmente cálcio e magnésio, apresentam outro mecanismo de dispersão, como a complexação

destes íons. Tais mecanismos não serão discutidos detalhadamente neste trabalho, uma vez que já existe farta literatura a respeito (Baver et al., 1972; Hillel, 1998; Shukla, 2013; Jensen et al., 2017; Viana et al., 2019).

Os primeiros dispersantes químicos foram oxalato de sódio e carbonato de amônia (Winters; Harland, 1930). Nos Estados Unidos, Alexander (1930) e Beale (1939) demonstraram que o hidróxido de sódio foi o dispersante mais eficiente para solos lateríticos ricos em sesquióxidos e com baixa capacidade de troca de cátions, características essas semelhantes aos Latossolos brasileiros. Na época, o hidróxido de sódio não era considerado um dispersante adequado, pelo fato de reagir com o dióxido de carbono do ar, resultando em um aumento na sua massa, causando imprecisão na massa das alíquotas coletadas pelo método da pipeta (Alexander, 1930; Beale, 1939). Por essa razão, Beale (1939) propôs a realização de prova em branco, em cada bateria de análises, para contornar o problema. O hidróxido de sódio 1 N na proporção de 3 mL para cada 10 g de TFSA passou a ser recomendado pela Sociedade Internacional de Ciência do Solo em 1934, em substituição ao carbonato de amônio (Brasil, 1949). Posteriormente, diversos autores demonstraram que o hidróxido de sódio, em diferentes concentrações, foi o dispersante mais eficiente para a maioria dos solos brasileiros principalmente os ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio e com baixa capacidade de troca de cátions, como os Latossolos do Cerrado (Medina; Grohmann, 1962, Menk; Oliveira, 1974; Carvalho et al., 1986, 1988; Holzhey; Kimble 1988).

Por outro lado, Olmstead et al. (1930) demonstraram que o hidróxido de sódio não é um bom dispersante para solos com alta capacidade de troca de cátions e ricos em bases trocáveis, principalmente cálcio – características típicas dos solos de clima temperado e com argila de atividade alta, ou mesmo de regiões mais secas. Para tais solos, Tyner (1940) demonstrou que o hexametáfosfato de sódio é o agente dispersante mais eficiente. Isso porque o hexametáfosfato forma complexos com o cálcio – que é um íon floculante – e mantém as partículas dispersas em uma suspensão estável durante a análise (Kilmer; Alexander, 1949). Para esses solos, o hidróxido de sódio somente seria um agente dispersante efetivo após a realização de um pré-tratamento ácido para remoção de bases (Olmstead et al., 1930; Alexander 1930; Menk; Oliveira, 1974; Embrapa, 1979; Claessen, 1997), o que aumenta a complexidade na realização de análises rotineiras. Por essa razão, nas condições

brasileiras o hexametáfosfato tem sido recomendado apenas para a dispersão de solos salinos e calcários (Menk; Oliveira, 1974; Claessen, 1997), mais comuns em regiões semiáridas. Em solos de outras regiões que apresentam pH mais elevado ( $\text{pH} > 6,0$ ), podem ocorrer altos teores de cátions floculantes como cálcio e magnésio e o predomínio de minerais 2:1 de carga permanente na fração argila, como as esmectitas (Viana et al., 2019).

Jorge et al. (1985) utilizaram 32 amostras de solos do estado de São Paulo, com teores de argila variando de  $74 \text{ g kg}^{-1}$  a  $929 \text{ g kg}^{-1}$  de argila para comparar a dispersão proporcionada por NaOH e pela mistura deste com Hexametáfosfato de sódio. Os autores não encontraram diferenças entre os teores de argila determinados das duas formas quando se utilizou o método da pipeta. Entretanto, a mistura dos dispersantes proporcionou valores de argila significativamente mais elevados quando se utilizou o método do densímetro, o qual tende a subestimar os teores de argila (Jorge et al., 1985) em relação ao da pipeta, indicando maior eficiência na dispersão prévia do solo.

Alguns autores cogitam a possibilidade de sua utilização em conjunto com o hidróxido de sódio, principalmente em solos cultivados e corrigidos com calcário, visando obtenção de resultados mais consistentes (Camargo et al., 2009; Donagemma et al., 2017), o que poderia melhorar a acurácia das análises granulométricas em áreas cultivadas onde os teores de Cálcio tendem a ser mais elevados do que o solo em sua condição natural.

No Brasil, a Embrapa adotava como padrão a adição de solução NaOH, seguida de repouso e posterior agitação rápida (*stirrer*) por 15 minutos para solos argilosos e textura média e 5 minutos para solos arenosos (Claessen, 1997). Atualmente, a recomendação da Embrapa é agitação lenta por 16 horas a 50 rpm no agitador de Wagner (Donagemma et al., 2017). No agitador horizontal (que é o predominante), a recomendação é de 150 rpm, utilizando-se hidróxido de sódio para solos mais intemperizados, enquanto que para solos intemperizados com teores elevados de cálcio – o que ocorre quando são corrigidos para o cultivo – recomenda-se a mistura de hidróxido de sódio + hexametáfosfato. No caso específico de solos salinos, solos sódicos, carbonáticos e solos com argila de atividade alta (2:1), recomenda-se apenas o hexametáfosfato (Donagemma et al., 2017; Viana et al., 2019). Esse critério recomendado pela Embrapa melhora a acurácia dos resultados, mas requer conhecimento prévio a respeito da origem das amostras.

O Instituto Agronômico de Campinas (IAC) adota agitação lenta combinada a uma mistura de hidróxido de sódio e hexametáfosfato, que de acordo com Camargo et al. (2009) proporciona resultados mais consistentes, o que pode ser explicado pelo fato de que a maior parte dos solos analisados serem solos cultivados. Outra questão que deve ser levado em conta é o tempo de contato solo-dispersante. Embora Nascimento Júnior et al. (2017) relatem boa eficiência e vantagens operacionais mediante aplicação do dispersante (NaOH) imediatamente antes da agitação, na maioria dos métodos recomenda-se uma aplicação prévia, normalmente de 15 horas ou “overnight” (Claessen, 1997).

Com relação à remoção prévia da matéria orgânica para realização da análise granulométrica Jensen et al. (2017), observaram erros sistemáticos na estimativa dos teores de argila e silte em decorrência da presença de matéria orgânica, sendo recomendada sua remoção em solos com teores superiores a 2% de carbono orgânico, quando estimativas exatas dos teores de silte e argila são necessárias, o que naturalmente requer um conhecimento prévio das características do solo a ser analisado, situação comum em trabalhos de pesquisa mas nem sempre em análises rotineiras comerciais.

## Agitação mecânica

Com relação à agitação mecânica, nas primeiras metodologias adotava-se a agitação manual com pistilos de borracha (bastões de borracha ou bastões de vidro cuja ponta era revestida com borracha), cuja eficiência variava com o operador, conforme relatado por Kilmer e Alexander (1949) e Medina e Grohmann (1962). Posteriormente, agitadores mecânicos foram adotados para eliminar essa subjetividade.

Outros autores utilizaram e recomendaram agitação lenta, no agitador rotatório de Wagner, em garrafas de Stohmann por períodos que variam de 40 rpm a 50 rpm durante 6 horas (Brasil, 1949), 30 rpm durante 16 horas (Camargo et al., 2009), 26 rpm a 30 rpm durante 10 horas (Carvalho et al., 1986, 1988), 26 rpm por no mínimo 12 horas (Grohmann; Raij, 1974), 60 rpm durante 16 horas (Corá et al., 2009), 16 horas a 50 rpm (Donagemma et al., 2017), nas mesas agitadoras horizontais, que podem ser do tipo recíprocante ou end-over-end, em períodos que variam de 2 horas com 180 oscilações

por minuto (Miyazawa; Barbosa, 2011) até 48 horas com 55 rpm (Winters & Harland, 1930), agitação “overnight” (Tyner, 1949; Day, 1965) ou nas mesas agitadoras orbitais, como 3 horas, cuja rotação não foi informada (Oliveira et al., 2002) ou 228 rpm durante 4 horas (Goulart et al., 2020), o que, segundo os autores, proporcionou boa acurácia e rendimento 20 vezes superior ao agitador de Wagner, considerando economia de mão de obra e energia. Fachi e Vieira (2018) observaram que em uma mesa agitadora orbital (160 rpm), um período de 2 horas foi eficiente para a desagregação das partículas dos solos com textura mais arenosa, sendo necessário pelo menos 16 horas para dispersar adequadamente solos de textura mais argilosa.

A agitação rápida foi desenvolvida por Bouyoucos (1927), também chamada agitação violenta (Grohmann; Raij, 1974). Nesse método, utiliza-se um equipamento chamado coqueteleira ou “*stirrer*”, cuja metodologia consiste em agitar a amostra em rotações elevadas por intervalos de tempo curtos, e tem sido recomendada por alguns autores, com as seguintes variações: 12 mil rotações por minuto durante 10 minutos (Medina; Grohmann, 1962; Menk; Oliveira, 1974); 10 mil rotações por minuto durante 20 minutos (Carvalho, 1985, citado por Oliveira et al., 2002); 12 mil rotações por minuto durante 15 minutos (Carvalho et al., 1986, 1988); 16 mil rotações por minuto durante 2 minutos (Bouyoucos, 1962); 15 minutos em rotação não informada – provavelmente 10 mil rotações por minuto ou superior – (Vettori; Pierantoni, 1968; Vettori, 1969; Oliveira, 1979; Claessen 1997). Embora seja um método padrão (Claessen, 1997), ao longo da história, pesquisas vem demonstrando seus inconvenientes e sua ineficiência, principalmente para solos de textura muito argilosa e de difícil dispersão (Grohmann; Raij, 1974).

## Agitação ultrasônica

Agitadores que utilizam por princípio de funcionamento a energia ultrasônica apresentam uma ampla gama de utilização nas indústrias química, farmacêutica e mecânica, bem como análises biológicas e também na ciência do solo. Mais informações sobre o assunto são apresentadas em Sá e Lima (2005).

Registros de utilização de ultrassom para dispersão do solo remontam à primeira metade do século XX, mais precisamente, a 1923 (Watson, 1971), embora a utilização dessa ferramenta em ciência do solo tenha se intensificado

a partir da segunda metade do século XX (Edwards; Bremner, 1967; Saly 1967), com a vantagem de possibilitar uma dispersão de amostras de solo mesmo sem o uso de dispersantes químicos (Christensen, 1992). Entretanto, eles são necessários para manter a suspensão dispersa estabilizada, sem que ocorra floculação e conseqüente sedimentação das partículas de solo (Sá et al., 1999; Donagemma et al., 2017). A energia ultrassônica é bastante efetiva na quebra de agregados do solo, conforme demonstrado por Vitorino et al., (2003), que observaram que o teor de agregados muito estáveis de tamanho silte, também chamados pseudosilte, é maior nos Latossolos gibbsínicos, quando comparados aos caulíníficos.

A dispersão ultrassônica tem por princípio a cavitação, definida como a formação de bolhas em um líquido. A amostra de solo é colocada em um recipiente com água, onde é inserida a haste do sonificador. Ao ligar o aparelho, a haste vibra e produz ultrassom. Essas ondas sonoras de alta frequência produzem bolhas de ar no líquido, que se colapsam na superfície dos agregados e em suas linhas de fraqueza, causando sua quebra e separando partículas de solo, até sua total dispersão (Saly 1967; Christensen, 1992; Tippkötter, 1994; Sá et al., 2001). O ultrassom não é captado pelo ouvido humano, mas durante o processo pode-se ouvir um barulho intenso, em decorrência do colapso destas bolhas na amostra e na parede do recipiente (Raine; So, 1993). Trata-se de um som irritante, que pode ser amenizado colocando-se o aparelho em caixa com revestimento acústico (Sá; Lima, 2005).

Normalmente a exposição do solo ao ultrassom pelo tempo necessário para dispersão total não quebra as partículas elementares, promovendo apenas a quebra dos agregados, limpando a superfície das partículas de areia maiores e separando os fragmentos finos dos mais grosseiros (Saly 1967; Bussacca et al., 1984; Morra et al., 1991; Sá et al., 2004). Durante a sonificação, ocorre aumento na temperatura da suspensão, o que diminui a eficiência do processo de dispersão do solo. Isso pode ser amenizado inserindo o recipiente com a amostra de solo em banho de gelo ou jaqueta de água (Raine; So 1994; Christensen, 1985; Sá et al., 2001).

Na ciência do solo, além da análise granulométrica conforme descrito por Vitorino et al. (2001), a dispersão ultrassônica pode ser utilizada no preparo de amostras para análises mineralógicas (Sá, 2002); estudo de matéria orgânica do solo (Edwards; Bremner, 1967; Christensen, 1985, 1986, 1987;

Gregorich et al., 1988; Morra et al., 1991; Roscoe et al., 2000) grau de salinização (Mulyar; Minkin, 1993); estudos de atividade enzimática e biológica do solo (De Cesare et al., 2000) e na avaliação da estabilidade de agregados (North, 1976, 1979; Fuller; Goh, 1992; Raine; So, 1993, 1994; Tippkötter, 1994; Barral et al., 1998; Sá et al., 1999; Cerdà, 2000; Sá et al., 2000b; Sá et al. 2002; Sá et al., 2004).

## Uso de agentes abrasivos

Durante o processo de agitação mecânica, a própria areia do solo funciona como agente abrasivo, auxiliando na quebra de agregados e dispersão do solo. Isso foi demonstrado por Ashford et al. (1972), que também demonstraram substancial aumento na argila quantificada com a adição extra de areia lavada, principalmente areia média (0,25 mm–0,5 mm) e areia grossa (0,5 mm–1,0 mm). Com base neste trabalho, Grohmann; Rajj, (1974) demonstraram que a adição de 20 g de areia grossa a uma amostra de 10 g de solo, combinado à agitação lenta em agitador rotatório de Wagner, em garrafas de Stohmann (12 horas), foi o método mais eficiente para quantificar argila em Latossolos de difícil dispersão, superando inclusive a agitação rápida, que foi até recentemente recomendada pela Cleaslean (1997). Trabalhos posteriores, utilizando a mesma metodologia, confirmaram esses resultados para Latossolos (Carvalho et al., 1986) e solos com horizonte B textural (Carvalho et al., 1988). Resultados semelhantes foram obtidos por Corá et al. (2009) para o mesmo tipo de agitador, adicionando-se 25 g de areia grossa e para agitador horizontal de movimento helicoidal, com a adição de 30 g de areia muito grossa, por Oliveira et al. (2002), para agitador recíprocante, com a adição de 10 mL de areia grossa (Miyazawa; Barbosa, 2011).

## Considerações finais

A dispersão do solo é um processo físico-químico, que ocorre pela interação entre o dispersante e a agitação. A dispersão do solo em meio aquoso é a primeira fase do processo, sendo fundamental que ocorra de forma eficiente, da qual depende a acurácia da análise granulométrica. Tão importante quanto dispersar o solo, é manter estável a suspensão formada, de modo que não



haja floculação. Essa questão é fundamental, independentemente do método utilizado para quantificação das partículas do solo, seja ele pipeta ou densímetro para partículas finas, seguido de peneiramento para areias, ou mesmo granulômetros a laser, para partículas em geral.

Naturalmente existem dispersantes químicos mais ou menos efetivos para cada grupamento de solos, assim como métodos de agitação. E isso tem implicações práticas na padronização das análises, pois até o momento, não há um “dispersante universal”. O que existe são dispersantes mais ou menos efetivos para determinados grupamentos de solos ou misturas de dispersantes que atuam de maneira eficiente em uma gama mais ampla de solos, como a mistura Hidróxido de sódio + hexametáfosfato, que proporciona boa dispersão tanto em solos oxídicos pobres em nutrientes e ácidos, quanto os mesmos solos quando recebem elevadas doses de calcário quando cultivados.

Quanto ao método de agitação, há uma tendência de se utilizar atualmente agitação lenta por períodos mais longos, cuja eficiência vem sendo comprovada em pesquisas. Entretanto, mesmo por este método, ocorre a contribuição do efeito abrasivo proporcionado pela areia oriunda da própria amostra. Em solos com textura muito argilosa e agregados muito estáveis, como os Latossolos oxídicos de textura muito argilosa, normalmente a dispersão é dificultada, dado o baixo teor de areia da amostra, aliado à elevada estabilidade e resistência dos agregados, sobretudo os microagregados.

Em um laboratório de análises de solo e sobretudo os laboratórios comerciais, durante os procedimentos rotineiros nem sempre é possível saber se a amostra analisada vem de um solo com argila 2:1, 1:1 ou oxídico; se foi cultivado ou não; se recebeu muito ou pouco calcário; se é mais ou menos argiloso. Assim, é necessário adotar um procedimento padrão que seja eficiente na maior parte das situações. Por essa razão, ações de pesquisa no sentido de validar a mistura de hidróxido de sódio + hexametáfosfato como dispersante químicos, associada à adição de areia lavada como agente abrasivo durante a fase de agitação das amostras de solo poderiam contribuir muito para a padronização e acurácia das análises granulométricas no Brasil. Naturalmente, essa areia deve ter sua granulometria previamente padronizada e conhecida, sendo também necessária seu pré-tratamento com dispersante antes de ser lavada, para remoção de partículas finas. E se necessário, fazer provas em branco durante as baterias de análises.

## Referências

- ALEXANDER, L. T. The dispersion and mechanical analysis of certain soils high in sesquioxides. **Soil Research**, v. 2, p. 72-75, 1930.
- ASHFORD, E. M.; SHIELDS, L. G.; DREW, J. V. Influence of sand on the amount of water-dispersible clay in soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 36, n. 5, p. 848-849, Sept./Oct. 1972.
- BARRAL, M. T.; ARIAS, M.; GNÉRIF, J. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. **Soil e Tillage Research**, v. 46, p. 261-272, 1998.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. New York: John Wiley & Sons, 1972. 498 p.
- BEALE, O. W. Dispersion of lateritic soils and the effect of organic matter on mechanical analysis. **Soil Science**, v. 48, n. 6, p. 475-482, Dec. 1939.
- BLOTT, S. J.; CROFT, D. J.; PYE, K.; SAYE, S. E.; WILSON, H. E. W. Particle size analysis by laser diffraction. **Geological Society**, v. 232, n. 1, p. 63-73, 2004.
- BOUYOUCOS, G. J. A comparison of the hydrometer method and the pipette method for making mechanical analysis of soils, with new directions. **Agronomy journal**, v. 22, n. 8, p. 747-751, 1930.
- BOUYOUCOS, G. J. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. **Soil science**, v. 23, p. 343-353, 1927.
- BOUYOUCOS, G. J. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. **Agronomy Journal**, v. 54, n. 5, p. 464-465, 1962.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Instituto de Química Agrícola. **Método de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1949. 66 p. (IQA. Boletim, 11).
- BRIGGS, L. J.; MARTIN, F. O., PEARCE, J. R. **The centrifugal method of mechanical soil analysis**. Washington, D.C.: USDA Bureau of soils, 1904. (Bulletin n. 24).
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, n. 1-2, p. 3-22, 2005.
- BUSACCA, A. J.; ANIKU, J. E.; SINGER, M. J. Dispersion of soils by an ultrasonic method that eliminates probe contact. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 5, p. 1125-1129, Sept./Oct. 1984.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2009. 77 p. (Boletim Técnico, 106).
- CARVALHO, M. A.; FREIRE, J. C.; CURTI, N.; BAHIA, V. G. Eficiência de dispersantes na análise granulométrica de materiais de solos com horizonte B textural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 415-421, abr. 1988.

- CARVALHO, M. A.; FREIRE, J. C.; CURTI, N.; BAHIA, V. G. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizonte B latossólico. **Ciência e Prática**, v. 10, n. 1, p. 78-92, jan/abr. 1986.
- CERDÀ, A. Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia. **Soil and Tillage Research**, v. 57, p. 159-166, 2000.
- CHANG, C. W.; LAIRD, D. A.; MAUSBACH, M. J.; HURBURGH, C. R. J. Near-infrared reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties. **Soil Science Society America Journal**, v. 65, p. 480-490, 2001.
- CHRISTENSEN, B. T. Carbon and nitrogen in particle size fractions isolated from Danish Arable soils by ultrasonic dispersion and gravity sedimentation. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v. 35, n. 2, p. 175-187, 1985.
- CHRISTENSEN, B. T. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. **Soil Biology e Biochemistry**, v. 19, n. 4, p. 429-435, July/Ago. 1987.
- CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, v. 20, p. 2-76, 1992.
- CHRISTENSEN, B. T. Straw incorporation and soil organic matter in macro-aggregates and particle size separates. **Journal of Soil Science**, v. 37, n. 1, p. 125-135, mar. 1986.
- CLAESSEN, M. E. C. (org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 1).
- CORÁ, J. E.; FERNANDES, C.; BERALDO, J. M. G.; MARCELO, A. V. Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 2, p. 255-262, 2009.
- DE CESARE, F.; GARZILLO, A. M. V.; BUONOCORE, V.; BADALUCCO, L. Use of sonication for measuring acid phosphatase activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 825-832, 2000.
- DONAGEMMA, G. K.; VIANA, J. H. M.; ALMEIDA, B. G. de; RUIZ, H. A.; KLEIN, V. A.; DECHEN, S. C. F.; FERNANDES, R. B. A. Análise Granulométrica. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. pt. 1, cap. 10, p. 95-116.
- EDWARDS, A. P.; BREMNER, J. M. Dispersion of soil particles by sonic vibration. **Journal of Soil Science**, v. 18, n. 1, p.47-63, 1967.
- ESHEL, G.; LEVY, G. J.; MINGELGRIN, U.; SINGER, M. J. Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, n. 3, p. 736-743, 2004.
- FACHI, S. M.; VIEIRA, M. L. A duração da dispersão física altera o resultado da análise granulométrica? **Unesc & Ciência-ACET**, v. 9, n. 1, p. 7-14, 2018.
- FERRARESI, T. M.; SILVA, W. T. L.; MARTIN-NETO, L.; SILVEIRA, P. M.; MADARI, B. E. Espectroscopia de infravermelho na determinação da textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1769-1777, 2012.

FRANCESCHINI, M. H. D.; DEMATTÊ, J. A. M; SATO, M. V.; VICENTE, L. E. V.; GREGO, C. R. Abordagens semiquantitativa e quantitativa na avaliação da textura do solo por espectroscopia de refletância bidirecional no VIS-NIR-SWIR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 12, p. 1569-1582, 2013.

FULLER, L. G.; GOH, T. G. Stability-energy relationships and their application to aggregation studies. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 72, n. 4, p. 453-466, Nov. 1992.

GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. (ed.). **Methods of Soil Analysis: Physical and mineralogical methods**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy: Soil Science Society of America, 1986. p. 383-411. (Agronomy Series, 9).

GOULART, V. A.; OLIVEIRA, D. E.; ALMEIDA, G. R. de; ANDRADE, P. P. Influência da mesa agitadora no processo de dispersão da amostra de solo em diferentes tempos. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2020.

GREGORICH, E. G.; KACHANOSKI, R. G.; VORONEY, R. P. Ultrasonic Dispersion of aggregates: Distribution of organic matter in size fractions. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 68, n. 2, p. 395-403, May, 1988.

GROHMANN, F.; van RAIJ, B. Influência dos métodos de agitação na dispersão da argila do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., Santa Maria, RS, 1973. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 123-132.

HILLEL, D. **Environmental soil physics: fundamentals, applications, and environmental considerations**. Netherlands: Elsevier, 1998.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. Netherlands: Academic press, 2013.

HOLZHEY, C. S.; KIMBLE J. M. Constraints to the analytical characterization of oxisols. In: BEINROTH, F. H.; M. N. CAMARGO, M. N.; ESWARAN, H. (ed.). **Proceedings of the Eighth International Soil Classification Workshop: Classification, Characterization and Utilization of Oxisols**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS: USDA-SMSS: University of Puerto Rico, 1988. p. 23-31.

JENNINGS, D. S.; THOMAS, M. D.; GARDNER, M. A new method of mechanical analysis of soils. **Soil Science**, v. 14, p. 485-499, 1922.

JORGE, J. A.; PAULA, J. L.; MENK, J. R. F. Comparação de dois métodos de análise granulométrica de solos utilizados pelo SNLCS/Embrapa e IAC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 7, p. 865-871, jul. 1985.

KILMER, V. J.; ALEXANDER, L. T. Methods of making mechanical analysis of soils. **Soil Science**, v. 68, n. 1, p. 15-24, July, 1949.

MEDINA, H. P.; GROHMANN, F. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 1957, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1962. p. 29-38.

MENK, J. R.; OLIVEIRA, J. B. Estudo comparativo da influência de agentes dispersantes e de pré-tratamento na análise granulométrica de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., 1973, Santa Maria, RS. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p. 104-122.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. de C. Efeitos da agitação mecânica e matéria orgânica na análise granulométrica do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 680-685, 2011.

MORRA, M. J.; BLANK, R. R.; FREEBORN, L. L.; SHAFII, B. Size fractionation of soil organo-mineral complexes using ultrasonic dispersion. **Soil Science**, v. 152, n. 4, p. 294-303, Oct. 1991.

MULYAR, I. A.; MINKIN, M. B. Use of ultrasound in the analysis of water extracts from soils. **Eurasian Soil Science**, v. 24, n. 8, p. 119-124, 1993.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. L.; SOUZA, L. da S.; SILVA, E. O.; SANTOS SILVA, F. T. dos; SANTOS, N. A. C.; SOUZA, P. P. de; VIEIRA, A. L.; SANTANA JÚNIOR, J. J. de; CONCEIÇÃO, T. A.; SILVA ALVES, M. C. da; LIMA, A. P. de J. Concentrações de dispersantes químicos e tempos de contato na dispersão de solos representativos do estado da Bahia. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 68-74, 2017.

NORTH, P. F. Assessment of the ultrasonic method of determining soil structural stability in relation to soil management properties. **Journal of Soil Science**, v. 30, n. 3, p. 463-472 Sept. 1979.

NORTH, P. F. Towards an absolute measurement of soil structural stability using ultrasound. **Journal of Soil Science**, v. 27, n. 4, p. 451-459, Dec. 1976.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; SA, M. A. C.; LIMA, J. M. Agitador horizontal de movimento helicoidal na dispersão mecânica de amostras de latossolos do sul e Campos das Vertentes de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 881-887, 2002.

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

OLIVEIRA, T. G.; MENDES, G. da C.; PEREIRA, E. L.; FERREIRA, L. D. Análise Comparativa entre o Granulômetro a Laser e o Método Convencional de Granulometria por Sedimentação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 18., 2016, Belo Horizonte. **O Futuro Sustentável do Brasil passa por Minas: Anais...** Belo Horizonte: ABMS, 2016.

OLMSTEAD, L. B.; ALEXANDER, L. T.; MIDDLETON; H. E. A. **Pipette Method of Mechanical Analysis of Soils Based on Improved Dispersion Procedure**. United State: Department of Agriculture, 1930. 22 p. (Technical Bulletin, 170).

PAIVA NETO, J. E. de. A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. **Bragantia**, v. 2, n. 10, p. 355-432, 1942.

PURI, A. N. The Ammonium Carbonate Method of Dispersing Soils for Mechanical Analysis. **Soil Science**, v. 39, n. 4, p. 263-270, April 1935.

RAINE, S. R.; SO, B. Ultrasonic dispersion of soil in water: the effect of suspension properties on energy dissipation and soil dispersion. **Australian Journal of Soil Research**, v. 32, n. 6, p. 1157-1174, 1994.

RAINE, S. R.; SO, B. An energy based parameter for the assessment of aggregate bond energy. **Journal of Soil Science**, v. 44, n. 2, p. 249-259, June 1993.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322 p.

ROBINSON, G. W. A new method for the mechanical analysis of soils and other dispersions. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 3, p. 306-321, July 1922.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E. J. Disruption of soil aggregates by varied amounts of ultrasonic energy in fractionation of organic matter of a clay Latosol: carbon, nitrogen and C distribution in particle-size fractions. **European Journal of Soil Science**, v. 51, p. 445-454, Sept. 2000.

SÁ, M. A. C. Energia ultra-sônica: uso e erodibilidade de solos. 2002. 95 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SÁ, M. A. C. de; LIMA, J. M. de. **Energia ultra-sônica**: uma ferramenta em ciência do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 28 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 139).

SÁ, M. A. C.; LAGE, G.; LIMA, J. M. **Calibração da potência emitida pelo sonificador para uso em análises de solo**. Lavras: UFLA, 2001. 17 p. (Boletim agropecuário, 41).

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; CURI, N.; MASSAROTO, J. A.; MARQUES, J. J. G. S. M. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 691-699, jul. 2004.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; MELLO, C. R. Nível de energia ultra-sônica para o estudo da estabilidade de agregados de um Latossolo sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1649-1655, nov. 2002.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; DIAS JUNIOR, M. S. Comparação entre métodos para o estudo da estabilidade de agregados em solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1825-1834, set. 2000.

SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; DIAS JUNIOR, M. S. Índice de desagregação do solo baseado em energia ultra-sônica. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 23, n. 3, p. 525-531, jul./set. 1999.

SALY, R. Use of ultrasonic vibration for dispersing soil samples. **Soviet Soil Science**, v. 11, p. 1547-1559, 1967.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SETZER, J. As características dos principais tipos de solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 1, n. 4, p. 255-359, 1941.

SHUKLA, M. K. **Soil physics**: an introduction. Boca Raton: CRC press, 2013.

SILVA, E. E. da; SILVA, L. M. da; WADT, P. G. S.; MARCHAO, R. L. Espectroscopia de infravermelho próximo na predição de propriedades químicas e físicas de solos de Roraima. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 2, p. 31-35, 2017.

SILVA, E. F. da; NUNES, F. C.; VILAS BOAS, G. da S.; CALDERANO, S. B. Análise de solos coesos do litoral Norte da Bahia utilizando a granulometria a laser. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 34., 2013. Florianópolis. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciência do solo, 2013.

TIPPKÖTTER, R. The effect of ultrasound on the stability of mesoaggregates (60-200  $\mu\text{m}$ ). **Zeitschrift Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v. 157, n. 6, p. 99-104, Apr. 1994.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of soil science**, v. 33, n. 2, p. 141-163, 1982.

TYNER, E. H. The Use of Sodium Metaphosphate for Dispersion of Soils for Mechanical Analysis. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 4, n. C, p. 106-113, 1940.

VETTORI, L.; PIERANTONI, H. **Análise granulométrica: novo método para determinar a fração argila**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 8 p. (Boletim técnico no 3.)

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24 p. (Boletim técnico n. 7.).

VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; CEDDIA, M. B.; UNTERLINE, B.; ANDRADE, H. M. Granulometria dos solos da IX RCC do Acre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CLASSIFICAÇÃO E CORRELAÇÃO DE SOLOS, 9., Rio Branco, AC. **Solos sedimentares em sistemas amazônicos**: potencialidades e demandas de pesquisa: anais. Rio Branco, AC: SBSCS, 2010.

VIANA, J. H. M.; DONAGEMMA, G. K.; CEDDIA, M. B.; UNTERLINE, B.; ANDRADE, H. M. Granulometria: análise convencional e teste de dispersantes químicos em solos da IX RCC. In: SILVA, L. M. da; ANJOS, L. H. C. dos; LUMBRERAS, J. F.; PEREIRA, M. G.; WADT, P. G. S. (Ed.). **Pesquisas coligadas da IX Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos**: solos de formações sedimentares em sistemas amazônicos: potencialidades e demandas de pesquisa. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, G. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SÁ, M. A. C.; LIMA, J. M.; CURI, N. Níveis de energia ultra-sônica na dispersão de argila em solos da região de Lavras (MG). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 6, p. 1330-1336, nov./dez. 2001.

VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; SILVA, M. L. N.; MOTTA, P. E. F. da. Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 1, p. 133-141, jan. 2003 .

WATSON, J. R. Ultrasonic vibration as a method of soil dispersion. **Soil Fertility**, v. 34, p. 127-134, 1971.

WILEY, H. W. **Principles and practice of agricultural analysis**: soils. Easton: P.A. Chemical Publishing, 1894. 607 p.

WINTERS, E. Jr.; HARLAND, M. B. Preparation of soil samples for pipette analysis. **Agronomy Journal**, v. 22, n. 9, p. 771-780, 1930.

**Embrapa**

---

**Cerrados**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL