

Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo – exatidão, precisão e tempo de processamento

Alternative method to measure the soil particle density – exactness, precision, and processing time

Paulo Ivonir Gubiani Dalvan José Reinert José Miguel Reichert

- NOTA -

RESUMO

A densidade de partículas (D_p) de solos tem sido determinada predominantemente pela medição do volume de sólidos via deslocamento de líquidos e normalmente usa medidas volumétricas para essa quantificação. A etapa de medição do volume apresenta imprecisão, necessita de tempo para total escoamento de líquidos e é a etapa mais demorada. O objetivo deste trabalho foi substituir a etapa de medição de volume de líquido deslocado pela pesagem da massa do líquido deslocado e apresentar um método alternativo de medição da D_p . A D_p foi determinada em 60 amostras de solos de diferentes texturas e teores de matéria orgânica, pelo método do balão volumétrico (MBV) padrão e pelo método modificado (MBVmod), estimando-se a exatidão, precisão e tempo de processamento. As médias de D_p foram similares pelos dois métodos, porém o MBVmod apresenta maior precisão e menor tempo de processamento.

Palavras-chave: metodologia, propriedades físicas do solo, densidade, massa específica aparente.

ABSTRACT

Soil particle density (D_p) has been mainly determined using methods which measure solids volume by liquid displacement and its volumetric quantification. The volumetric measurement shows low precision, requires time for complete liquid drainage and is the longer lasting step. The objective of this paper was to substitute the volume displacement measurement step by weighing the volume displaced and to present an alternative method to measure the D_p . The D_p of 60 soil samples varying in texture and organic matter was determined by volumetric flask and modified volumetric flask,

estimating exactness, precision and processing time. The D_p averages for both methods were similar, with the modified flask method presenting greater precision and smaller processing time.

Key words: methodology, soil physical properties, density, specific apparent mass.

A determinação da densidade de partículas do solo (D_p) possui grande relevância como indicativa da composição mineralógica, cálculo da velocidade de sedimentação de partículas em líquidos e determinação indireta da porosidade (FORSYTHE, 1975).

A escolha do método para a determinação da D_p leva em consideração aspectos como quantidade do material a ser analisado, disponibilidade de equipamentos e exatidão requerida na determinação (FLINT & FLINT, 2002), bem como praticidade e tempo de processamento. Os métodos mais usuais para determinação da D_p baseiam-se no deslocamento de um volume de líquido ou ar por uma amostra de solo de massa conhecida (FLINT & FLINT, 2002). Uma outra possibilidade sugere a determinação da D_p pela relação entre a porosidade e a densidade do solo.

Dos métodos baseados no deslocamento de líquido, o método do picnômetro e similares geralmente utilizam água (FORSYTHE, 1975; KIEHL, 1979; FLINT & FLINT, 2002), podendo também ser

¹Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

²Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: dalvan@ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

³Departamento de Solos, CCR, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

usado querosene (FORSYTHE, 1975). Tais métodos utilizam câmara de vácuo ou submetem a amostra à fervura para a retirada do ar do interior da suspensão. O método do balão volumétrico, por sua vez, utiliza álcool (KIEHL, 1979; EMBRAPA, 1997), dispensando o uso da câmara de vácuo e fervura da suspensão, em função da maior facilidade de penetração do álcool pelas interfaces dos constituintes da amostra, por apresentar baixa tensão superficial quando comparado à água.

A determinação da Dp pelo deslocamento de ar requer equipamentos como compressor, câmaras de pressão e dispositivos para leitura da pressão. Embora seja um método rápido, fácil e exato (FLINT & FLINT, 2002), é menos utilizado em rotinas de laboratório.

O método do balão volumétrico (MBV), descrito por KIEHL (1979) e EMBRAPA (1997), é um dos métodos mais freqüentemente empregado para a determinação da Dp. No entanto, mesmo apresentando maior rapidez, um laboratorista precisaria de um tempo de aproximadamente sete horas para o processamento de um equivalente de cem amostras. A maior parte do tempo é gasto para o enchimento da bureta e descarga gradual do álcool no balão contendo o solo.

O volume de álcool gasto para completar o volume de um balão contendo sólidos pode ser determinado indiretamente, desde que se conheça a massa e a densidade do álcool, o que dispensaria as etapas mais demoradas supracitadas do MBV. Essa estratégia é recomendada para a análise da densidade específica ou de partículas de rochas e cascalhos, utilizando água destilada e auxílio de câmara de vácuo para retirada de ar da amostra (FLINT & FLINT, 2002).

O objetivo deste trabalho foi determinar a Dp de diferentes solos pelo MBV e método do balão volumétrico modificado (MBVmod) similar ao descrito por FLINT & FLINT (2002) e comparar os resultados de Dp e de tempo de processamento das amostras obtidos pelos dois métodos.

O presente estudo foi conduzido no Laboratório de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Os métodos MBV e MBVmod foram empregados simultaneamente em 60 amostras de solos, aleatoriamente escolhidos, com diferentes texturas e

teores de matéria orgânica, com duas repetições. Os resultados dessas determinações foram utilizados para relacionar os valores de Dp obtidos pelos dois métodos. Para avaliar a precisão e o tempo gasto nos dois métodos, foram analisadas separadamente, em cada método, 26 amostras de um mesmo solo.

Para o MBV, as etapas consistiram de: (i) preparação das amostras de solo, incluindo maceração, secagem em estufa a 105°C por 24 horas (TFSE) e resfriamento em dessecador; (ii) aferição volumétrica dos balões de 50ml com bureta de 50ml (afixando-se uma fita adesiva na posição do menisco quando este não coincidia com o traço de aferição do balão), colocando-se posteriormente os balões para secar; (iii) medição da massa do balão volumétrico previamente aferido e seco (Mb); (iv) transferência de aproximadamente 20g de TFSE para o balão volumétrico, tomando-se a massa do balão mais solo (Mbs); (v) adição de álcool etílico (92°GL) na bureta, ajustando-se o volume com a capacidade da bureta; (vi) passagem do álcool da bureta até a metade do volume do balão contendo solo, seguido de agitação manual até eliminação do ar existente entre as partículas do solo, completando posteriormente o volume do balão até o traço de aferição, tomando-se a leitura do volume de álcool gasto (Va).

Para o MBVmod, as etapas (i), (ii), (iii) e (iv) foram as mesmas descritas para o MBV. As etapas seguintes constituíram-se de: (v) adição de álcool contido em frasco lavador até a metade do volume do balão contendo o solo, seguido de agitação manual até a eliminação do ar existente entre as partículas do solo, completando posteriormente o volume do balão até próximo ao traço de aferição; (vi) ajuste final do volume do álcool com o traço de aferição do balão, gotejando-se álcool com uso de bureta, tomando-se a massa do balão contendo o solo mais o álcool (Mbsa); (vii) determinação da densidade do álcool (Da) adicionando-se álcool na bureta até ajustar a sua capacidade e tomando-se a massa do álcool contido na bureta. A Da foi obtida através da divisão da massa do álcool pelo seu volume, usando-se como valor final a média de quatro repetições.

A Dp, utilizando-se o MBV e o MBVmod, foi calculada respectivamente pelas seguintes

fórmulas:

$$Dp = (Mbs - Mb) / (50 - Va) \quad \text{Equação 1}$$

$$Dp = (Mbs - Mb) / [50 - (Mbsa - Mbs) / Da] \quad \text{Equação 2}$$

Onde: Dp = densidade de partículas do solo (g cm^{-3}); Mb = massa do balão volumétrico (g); Mbs = massa do balão volumétrico contendo o solo (g); Mbsa = massa do balão volumétrico contendo solo mais álcool (g); Va = volume de álcool gasto para completar o volume do balão contendo o solo (ml); e Da = densidade do álcool (g cm^{-3}).

A diferença entre as equações apresentadas refere-se aos termos que representam o volume do álcool gasto. Na equação 1, o volume do álcool é determinado diretamente por leitura na bureta de 0,1 ml de precisão, enquanto na equação 2 é determinado indiretamente pelo termo $(Mbsa - Mbs) / Da$, que representa a massa do álcool dividida pela sua densidade.

As pesagens foram feitas com balança analítica com precisão de 0,01g. Todas as operações foram executadas por uma única pessoa, buscando reduzir o erro experimental. Os resultados de Dp, obtidos simultaneamente pelos dois métodos, foram submetidos à análise de regressão à análise de variância usando delineamento inteiramente casualizado com 26 repetições.

Os valores de Dp das 60 amostras determinados simultaneamente pelos métodos MBV (Dpb) e MBVmod (Dpm), submetidos à análise de regressão, apresentaram correlação elevada ($r^2 = 0,94$). A equação $Dpm = 0,9552Dpb + 0,1295$ (Figura 1) apresentou inclinação próxima de 1 (um) e intersecção próxima de 0 (zero), ficando muito próxima de uma relação 1:1, indicativa da alta associação e aproximação dos valores de Dp pelos dois métodos (Figura 1).

As médias de Dp obtidas de 26 amostras do mesmo solo processadas separadamente em ambos os métodos foram de 2,62 e 2,63 g cm^{-3} , respectivamente para o método MBVmod e MBV (Figura 1). O método MBV apresentou maior variação (CV = 0,71%) em relação ao método MBVmod (CV = 0,48%); no entanto, a pequena diferença no valor absoluto foi significativo pelo teste F e tukey a 5%, reflexo do pequeno CV (0,61%) experimental.

A menor variação dos valores de Dp no método MBVmod indicou maior precisão, provavelmente devido ao fato de que as medições foram, em sua maioria, feitas com balança de precisão. O emprego de balança analítica de precisão, além de detectar pequenas variações de massa, permite a leitura de um único valor para as medidas, as quais são apresentadas em um visor. Esse aspecto é de grande relevância em circunstâncias em que o trabalho estiver sendo executado por mais de um operador. As leituras de volume feitas em bureta (predominantes no MBV), por sua vez, além de estarem sujeitas a interpretações variadas devido à escala de graduação da bureta, estão sujeitas também a erros de leitura por posição.

O tempo total de processamento de 26 amostras de solo foi menor no método MBVmod (Tabela 1). O tempo de processamento para cada amostra foi de 4,2 e 3,5 minutos (dados não apresentados), respectivamente para o MBV e MBVmod. O uso do MBVmod possibilitou uma redução equivalente a 17% no tempo de processamento. Considerando um conjunto de 100 amostras, o MBV demandaria um tempo de 419 minutos (aproximadamente 7 horas), enquanto no MBVmod seriam necessários 346 minutos (5 horas e 46 minutos). Portanto, os resultados assumem maior relevância à medida que há aumento do número de amostras a serem processadas e, nesse caso, o MBVmod pode tornar-se uma alternativa interessante para a determinação da Dp.

A economia de tempo no MBVmod ocorreu basicamente na etapa envolvendo as operações com álcool. O uso do frasco lavador facilita e agiliza o trabalho de adição do álcool nos balões. A necessidade da bureta no MBVmod limita-se ao processo de determinação da Da do álcool. O emprego da bureta na etapa final de ajuste do menisco com o traço de aferição do balão não é obrigatório, podendo ser substituída por qualquer outro equipamento que possibilite gotejar álcool.

Outro aspecto relevante do MBVmod é a possibilidade de executar cada passo do método em todas as amostras. Dessa forma, as etapas de adição do álcool até a metade do balão, agitação manual, ajuste do menisco ao traço de aferição do balão e pesagem do balão contendo o solo mais o álcool podem ser

aplicadas uma de cada vez em todo o conjunto de amostras. Essa característica é, provavelmente, um dos pontos importantes que tende a melhorar o rendimento do trabalho e se deve ao fato de que é preciso conhecer a massa ao invés do volume do álcool gasto em cada amostra. Ao contrário, no MBV, uma amostra necessariamente precisa passar por toda a seqüência de passos antes de ser iniciado o processamento de

uma segunda amostra, devido à necessidade de se conhecer o volume do álcool gasto.

Conclui-se que as médias de densidade de partícula diferiram estatisticamente, porém com pequena diferença absoluta, o método do balão volumétrico modificado (MBVmod) apresenta maior precisão e o tempo de processamento das amostras de solo 17% menor do que o método do balão volumétrico (MBV).

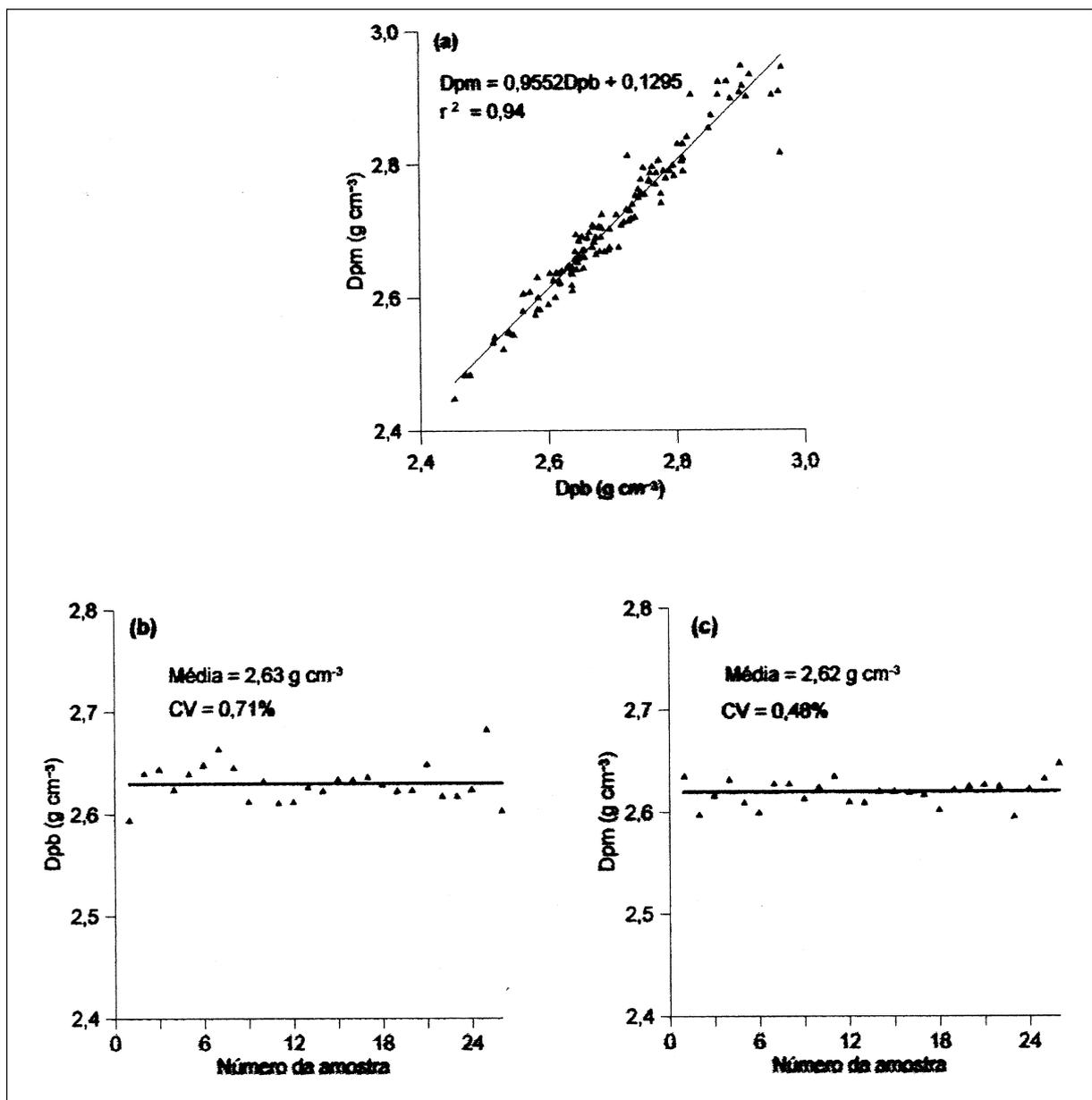


Figura 1 – Relação entre os valores de Dp (g cm⁻³) calculados pelo MBVmod (Dpm) e MBV (Dpb) de 60 amostras de diferentes solos (a), variabilidade dos valores de Dp determinados pelos métodos MBV (Dpb) (b) e MBVmod (Dpm) (c) em 26 amostras do mesmo solo.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p.
- FLINT, A.L.; FLINT, L.E. Particle density. In: DANE, J.H ; TOPP, G.C. (Ed). **Methods of soil analysis: part 4 – physical methods**. Madison: American Society of America, 2002. p.229-240.
- FORSYTHE, W. **Física de suelos**. Costa Rica: IICA, 1975. 212p.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.