COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ANÁLISE TEXTURAL EM DIFERENTES SOLOS DE MINAS GERAIS

Patriciani Estela Cipriano[1] , Matias Siueia Júnior[2], Rodrigo Fonseca da Silva[3], Geslin Mars[4], Leandro dos Santos Soares[5], Emanuelly Silva Assis[6], Juliana Mara Oliveira[7], Diego Tassinari[8], Moacir de Souza Dias Junior[9]

RESUMO

A análise granulométrica é uma das determinações mais básicas do ponto de vista físico do solo, sendo que o seu resultado é empregado, por exemplo, na definição de doses de fertilizantes, no planejamento de sistemas de irrigação, na determinação indireta da erodibilidade, e até mesmo na classificação do solo. Desse modo, é importante que os métodos de análise disponíveis sejam comparados quanto à sua eficácia. Este trabalho objetivou avaliar possíveis diferenças nos métodos de determinação da textura do solo em diferentes solos encontrados no campus da Universidade Federal de Lavras. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com três repetições. Avaliaram-se dois diferentes métodos de análise granulométrica em quatro diferentes solos (PVAd, CXbd, LVdf, e NVdf). Os métodos de estudo foram: hidrômetro de Bouyoucos e pipeta. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias avaliadas pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade. O método de Bouyoucos apresentou teores médios maiores para a fração argila, em relação ao método da pipeta na análise textural. Os resultados demostraram correlação positiva entre o teor de carbono orgânico do solo e a diferença entre os métodos de Bouyoucos e Pipeta.

Palavras-chave: Grau de floculação, Granulometria, Bouyoucos.

---

[1] Mestrando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista do CNPq, E-mail: patriciani_estela@hotmail.com
[2]Mestrando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista do CNPq, E-mail: siueia.junior@gmail.com
[3]Doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista do CNPq, E-mail: rodrigo11.07@hotmail.com
[4] Mestrando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista da CAPES, E-mail: gemars21@hotmail.com
[5] Doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista da CAPES, E-mail: agroleandro33@hotmail.com
[6] Mestrando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista da FAPEMIG, E-mail: emanuellyassis04@gmail.com
[7] Mestrando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista da FAPEMIG, E-mail: jujulianamara@yahoo.com.br
[8] Doutorando em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, bolsista da CAPES, E-mail: tassinari1420@hotmail.com
[9] Professor Titular, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras - MG, E-mail: msouzadj@dcs.ufla.br

INTRODUÇÃO

O solo constitui um dos recursos naturais mais intensamente utilizados, pois vem a ser o substrato em que se desenvolvem a maioria das espécies vegetais de interesse econômico.

A textura representa a distribuição quantitativa das partículas do solo quanto ao tamanho, expressa pelas frações argila, silte e areia, e constitui-se numa das características físicas mais estáveis (Ferreira & Dias Júnior, 2001).

A grande estabilidade faz com que a textura seja considerada elemento de grande importância na descrição, identificação e classificação do solo. Conforme Bertoni e Lombardi Neto (1990), os principais condicionadores da textura são o material de origem, e os agentes de formação do solo. De acordo com Ferreira (1993) a argila é a fração mineral que mais influência na estrutura e formação de agregados.

A textura do solo, principalmente o teor de argila, define em boa parte a distribuição do diâmetro dos poros do solo, determinando assim a área de contato entre as partículas sólidas e a água, sendo por isso responsável pela força de retenção (REICHARDT, 1987). O teor de argila mais silte afeta de forma significativa o teor de água no solo principalmente nos potenciais mais baixos, nos quais a estrutura do solo tem menor influência na retenção da água (ARRUDA et al., 1987).

A determinação da textura do solo pode ser realizada basicamente de dois modos: teste de campo e análise textural, mecânica ou granulométrica (Ferreira & Dias Junior, 2001). No teste de campo procura-se correlacionar a sensibilidade ao tato com o tamanho e distribuição das partículas unitárias do solo. A análise granulométrica é realizada no laboratório e tem por finalidade determinar a distribuição quantitativa das partículas unitárias menores que 2,0 mm. Em laboratório, a textura é identificada com maior precisão, pois são determinadas por métodos analíticos as percentagens de argila, silte e areia, com suas respectivas subdivisões, caso necessário, o que não é possível no campo. Estes dados analíticos permitem classificar o solo analisado em uma classe textural de acordo com o sistema de classificação adotado (Brady e Buckman, 1967).

A marcha analítica dos métodos de análise textural é de modo geral, dividida em três fases: pré-tratamento, dispersão e separação das frações (Medina, 1972a).

A análise textural, mecânica ou granulométrica do solo, segundo a técnica utilizada na quantificação da fração argila, basicamente pode ser efetuada por dois grupos de métodos: método da pipeta e método do densímetro (Medina, 1972a). Estes dois métodos são baseados na lei de Stokes, em que a velocidade final de sedimentação de partículas esféricas, de densidade uniforme, em um campo gravitacional é proporcional ao quadrado de seus raios (Day, 1965). O efeito das diferentes formas das partículas é para Baver et al. (1972), uma das grandes limitações de precisão da lei de Stokes, além da variação de temperatura e densidade de partículas.

O método da pipeta é um dos mais difundidos e exatos para medir a concentração das partículas em suspensão (Gavande, 1976). O método baseia-se no fato de que a sedimentação elimina de uma profundidade h em um tempo t, todas as partículas que possuem uma velocidade de sedimentação superior a h/t, enquanto conserva até esta profundidade a concentração original das partículas que possuem velocidade de sedimentação menor que h/t. A retirada de um pequeno volume desta suspensão com uma pipeta fornece uma amostra na qual todas as partículas com dimensões superiores a determinado diâmetro equivalente foram eliminadas e partículas menores que este tamanho permanecem na mesma quantidade inicial (Day, 1965).

O método do densímetro, também chamado de método do hidrômetro ou método de Bouyoucos, foi desenvolvido em 1926 por Bouyoucos e melhorado por Casa Grande em 1934, sendo também um método útil para muitos propósitos, mas menos exato que o método da pipeta (Day, 1965, Medina, 1972a). O método consiste na determinação da quantidade de sólidos em suspensão, cuja concentração é medida por um hidrômetro especial, onde a profundidade do centro de flutuação varia de acordo com a concentração da suspensão, esta dependente da textura. O método baseia-se na diminuição da concentração da suspensão, a dadas profundidades, em função do tempo. A relação do decréscimo da densidade está relacionada às velocidades de sedimentação das partículas que, por sua vez, estão relacionadas com seus tamanhos (Kilmer & Alexander, 1949).

OBJETIVO GERAL

Observar possíveis diferenças nos métodos de avaliação da granulometria dos solos, bem como diferenças entre os tipos de solos encontrados no campus da Universidade Federal de Lavras.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na área do Campus da Universidade Federal de Lavras, em Lavras – MG, coordenadas latitude 21° 14' 43 Sul e uma longitude 44° 59' 59 Oeste, e altitude de 919 m, tendo um clima segundo a classificação climática de Köppen, subtropical, do tipo Cwa (Dantas et al., 2007). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, com três repetições. Foram avaliados dois diferentes métodos de análise granulométrica do solo em quatro diferentes solos (Argissolo, Cambissolo, Latossolo e Nitossolo), cujas características podem ser vistas nas tabelas 1 e 2. As amostras foram coletadas em perfis de solo, sendo coletado material dos horizontes A e B, posteriormente acondicionados em sacos plásticos, separados e devidamente identificados conforme o ponto de amostragem e o tipo do solo, e por sua vez submetidas ao processamento e análises no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA.

Tabela 1. Classificação dos solos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2013) e profundidades dos horizontes amostrados.

Designação	Solo	Horizonte	Profundidade (cm)
CXbd	Cambissolo Háplico Tb distrófico	A	0-15
		Bi	28-63
PVAd	Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico	A	0-20
		Bt	67-105+
NVdf	Nitossolo Vermelho distroférrico	A	0-30
		Bt	98-127+
LVdf	Latossolo Vermelho distroférrico	A	0-26
		Bw	64-122+

Tabela 2. Caracterização química das amostras para PVAd, CXbd, LVdf, NVdf, nos Horizontes A e B.

Designação	Horizontes	pH	K	Ca	Mg	SB	Al	H+Al	COS	P-rem
			--mg/dm³--			---cmol/dm³---			(g/kg)	mg/L
PVAd	A	5,3	52	1,3	0,6	2,03	0,3	3,62	15,13	23,62
	B	5,6	6	0,3	0,3	0,62	0,1	2,32	3,13	3,42
CXbd	A	5,3	82	2	0,5	2,71	0,2	4,04	17,40	31,11
	B	4,9	24	0,7	0,1	0,86	0,9	3,62	10,84	24,79
LVdf	A	5,6	62	2,5	1,8	4,46	0,1	3,62	22,27	11,75
	B	5,8	4	0,1	0,2	0,31	0,0	1,66	6,84	1,52
NVdf	A	5,9	36	1,7	0,8	2,59	0,2	2,08	15,89	21,55
	B	5,4	8	1,5	0,2	1,72	0,1	3,62	3,13	3,30

PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; CXbd - Cambissolo Háplico Tb distrófico; LVdf - Latossolo Vermelho distroférico; NVdf - Nitossolo Vermelho distroférrico; pH – potencial hidrogenionico; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; SB – soma das bases; Al – alumínio; H+Al – hidrogênio + alumínio; COS – carbono orgânico do solo; P-rem - fósforo remanescente.

As extrações de sílica (SiO_2), alumínio (Al_2O_3), ferro (Fe_2O_3) foram feitas pelo ataque sulfúrico, conforme Resende et al. (1987). As relações moleculares Ki e Kr foram então calculadas pelas fórmulas Ki = [(% SiO_2 / % Al_2O_3] e Kr = [% SiO_2 / (% Al_2O_3 + % Fe_2O_3)] (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de ferro, alumínio e silício, relações moleculares ki e kr para PVAd, CXbd, LVdf, NVdf, nos Horizontes A e B.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Ki	Kr
	----------	----------	%	----------	----------
LVdf	12,25	29,65	30,34	0,41	0,20
PVAd	18,97	22,57	5,7	0,84	0,67
CXbd	22,3	23,9	3,3	0,93	0,81
NVdf	22,7	25,2	20,5	0,90	0,49

PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; CXbd - Cambissolo Háplico Tb distrófico; LVdf - Latossolo Vermelho distroférico; NVdf - Nitossolo Vermelho distroférrico; ki - relação molecular entre silício e alumínio; kr - o grau de intemperização; SiO_2 - dióxido de silício; Al_2O_3 - óxido de alumínio; Fe_2O_3 - óxido de ferro.

Os métodos de análise granulométrica avaliados foram o método da pipeta e o método do hidrômetro de Bouyoucos, conforme padrões internacionais (GEE e BAUDER, 1986). Os métodos diferem entre si quanto à quantidade de material utilizado na análise e na forma de determinação do teor de argila.

No método da pipeta, empregou-se 10 g de terra fina seca ao ar com umidade conhecida, enquanto no método de Bouyoucos, utilizou-se 50 g. O solo foi pesado em garrafinhas plásticas de 500 mL, às quais adicionaram-se 50 mL de água destilada e 10 mL ou 25 mL de solução de NaOH 1,0 mol L^{-1}, respectivamente para o método da pipeta e de Bouyoucos. As garrafinhas foram levadas para agitadores de Wagner, sendo agitadas por 16 horas a 30 rpm.

Posteriormente, as suspensões foram lavadas em peneiras de malha de 53 μm, onde ficou retida a fração areia. A suspensão passante pela peneira foi coletada em provetas de vidro de 500 mL ou em provetas plásticas modificadas de 1,0 L, respectivamente para os métodos da pipeta e de Bouyoucos, completando-se os volumes com água destilada.

As suspensões foram agitadas vigorosamente, a partir do que iniciou-se a contagem do tempo de sedimentação. Este foi calculado a partir da equação de Stokes, determinando-se o tempo para que todas as partículas de silte (diâmetro efetivo maior que 2 μm) sedimentassem em uma camada de 5,0 cm. Passado este tempo, realizou-se a determinação dos teores de argila.

No método da pipeta, coletou-se uma alíquota de 10 mL a 5 cm de profundidade com uma pipeta volumétrica, sendo o material então transferido para um béquer previamente tarado, levado para secagem em estufa 105-110° por 24 horas) e pesado em balança de precisão. No método de Bouyoucos, a camada superficial de 5 cm foi drenada das provetas plásticas e vertida em provetas modificadas de vidro, onde foi colocado o hidrômetro de Bouyoucos e realizada a leitura direta da quantidade de argila na suspensão.

A argila dispersa em água (ADA) foi determinada pelo mesmo procedimento, porém sem o uso da solução de NaOH e sem passar as suspensões pela peneira. O grau de floculação (GF) foi determinado pela equação a seguir:

$$GF(\%) = (\text{Argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total} \quad (1)$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, as médias em relação as classes de solos e métodos de analises nos diferentes horizontes dos solos foram avaliadas pelo teste de Skott Knott ($p \leq 0,05$) (Borges & Ferreira, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de análise de variância demostraram que houve uma alteração significativa entre os diferentes métodos empregados e classes de solo, o que demostra possíveis alterações nos resultados da análise textural em função da metodologia empregada (Tabela 3). A partir da Tabela 3 observa-se ainda diferenças significativas nas diferentes classes de solo.

Tabela 3. Análise de variância (valores de F) para Textura e Grau de Floculação em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, Cambissolo Háplico Tb distrófico, Latossolo Vermelho Distroférrico e Nitossolo Vermelho distroférrico, nos Horizontes A e B.

Fonte de variação [(1)]	Argila	ADA	GF
		Horizonte A	
Método (M) [(2)]	64,35**	9,69**	0,11ns
Classe de solo (Cs)	1339,13**	208,96**	1,16*
M x Cs	3,46*	0,22ns	0,89ns
		Horizonte B	
Método	83,58**	68,09**	68,38**
Classe de solo	294,95**	14,54**	68,57**
M x Cs	6,38**	36,76**	34,77**

[ns]: F não significativo; *: F significativo a 5 %; **: F significativo a 1 %. [(1)] Variáveis analisadas: Areia, silte, argila, Argila dispersa em água (ADA), Grau de floculação (GF). Métodos utilizados: [(2)]: Método empregados: pipeta e Bouyoucos.

A granulometria dos solos estudados, como esperado, apresentou diferenças significativas (Tabela 4) quanto à distribuição do tamanho de partículas, relacionado com os fatores de formação dos mesmos. O Latossolo (LVdf) em estudo, apresentou mais de 60% de argila em superfície e sub superfície, classificando assim como muito argilosa. Anjos et al. (2012), descreve como uma característica típica da classe dos Latossolos a manutenção do teor de argila constante com o incremento da profundidade do solo.

O Nitossolo (NVdf), apresentou característica semelhante ao Argissolo (PVAd) e o Latossolo (LVdf) quanto a textura no horizonte B. No entanto, a variação de textura ao longo do perfil do solo, ainda que ligeira, é uma característica que a diferencia da classe dos Latossolos.). Já o Argissolo apresentou a maior diferença entre os horizontes, suficiente para caracterizar o horizonte B textural por satisfazer ao gradiente textural maior que 1,7 (Santos et al., 2013).

O Cambissolo, por ser a classe de solo pouco desenvolvido, apresentou os maiores teores de areia, classificada em sua maioria como areia grossa a média. Santos et al. (2013), atribui esta característica ao pouco desenvolvimento dessa classe, podendo apresentar 5% ou mais da estrutura da rocha original, como estratificações finas, ou saprolito, ou fragmentos de rocha semi ou não intemperizada.

Quanto aos métodos de determinação da textura do solo, utilizou-se o peneiramento para determinação da areia total e fracionada nas duas metodologias. Estes como esperado, não diferenciaram na determinação das frações mais grosseiras do solo, AMG, AG e AM no horizonte superficial e AMG e AM no horizonte de subsuperficie (Tabela 4). No entanto, o processo de peneiramento apresentou diferença significativa nas frações mais fina da areia e consequentemente influenciando na diferenciação entre os dois métodos para areia total. Essa diferença na determinação de areia entre os dois métodos aponta para um possível erro de análise, possivelmente influenciada pela pequena quantidade de amostra do solo. Sobretudo, os teores de areia apresentaram baixa variação real, com comportamento semelhante entre os dois métodos, não comprometendo na determinação da classe textural de cada solo.

Tabela 4. Composição granulométrica de diferentes solos do Cerrado em Horizontes A e B analisados a partir dos métodos de hidrômetro de Bouyoucos e pipeta.

	PVAd		CXbd		LVdf		NVdf	
	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta	Bouyoucos	Pipeta
				Horizonte A				
Areia	543Ab	516Bb	578Aa	575Aa	227Ad	192Bd	422Ac	403Bc
Silte	78Bb	141Ab	117Ba	169Aa	127Ba	178Aa	81Bb	131Ab
Argila	378Ac	342Bc	304Ad	254Bd	645Aa	628Ba	496Ab	465Bb
				Horizonte B				
Areia	274Ab	248Bb	512Aa	494Ba	156Ad	125Bc	255Ac	238Bb
Silte	71Bc	96Ac	161Bb	227Aa	179Ba	202Ab	49Bd	81Ad
Argila	653Ab	655Ab	325Ac	278Bc	664Ab	671Aa	695Aa	679Aa

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas colunas (comparando métodos no mesmo horizonte, dentro da mesma classe de solo) e minúsculas nas colunas (comparando solos no mesmo método, dentro do mesmo horizonte), não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. PVAd= Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; CXbd= Cambissolo Háplico Tb distrófico; LVdf = Latossolo Vermelho distroférrico; NVdf= Nitossolo Vermelho distroférrico.

O método da pipeta, por ser um método direto, é considerado como o padrão para a análise granulométrica, estando mais sujeito, porém, a influência por parte do executante da análise (GEE e BAUDER, 1986). O método hidrômetro de Bouyoucos superestimou os teores médios para a fração argila, em relação ao método da pipeta, principalmente no horizonte A, enquanto no horizonte B o teor de argila foi significativamente diferente entre os métodos apenas no Cambissolo. O método de Bouyoucos (1951) baseia-se em se determinar a concentração da argila de uma suspensão da qual foi previamente separado as areias e toda fração silte já esteja sedimentada. Observações de Paulino (2012) e colaboradores confirmam a superestimação dos teores de argila pelo método Bouyoucos que é explicado pela presença de partículas finas de silte em suspensão. Com o aumento do teor de carbono orgânico no solo observa-se um aumento na diferença entre os dois m (Figura 1).

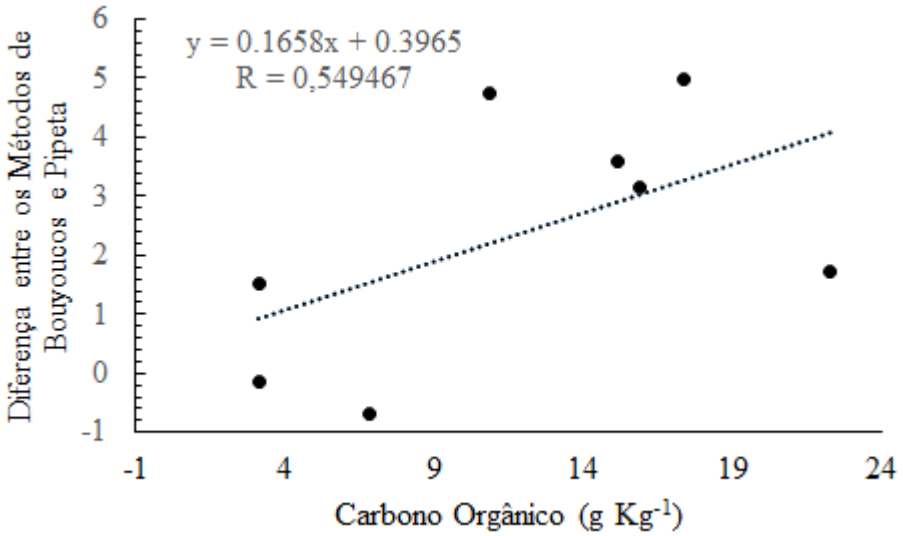

Figura 1- Diferença entre os métodos para as classes de solos estudadas.

Quanto aos valores encontrados para ADA (Figura 2), quando se comparam, em um mesmo solo, nos horizontes A e B, verifica-se que, de modo geral, o horizonte A destaca-se pelos maiores valores corroborando com o trabalho de Pedrotti et al. (2003). Esses resultados segundo Resende et al. (1999), estão associados, basicamente, às diferenças nos teores de matéria orgânica desses. No geral, os maiores valores para o grau de floculação (GF) foram obtidos nos solos e camadas com maior teor de matéria orgânica (Figura 3).

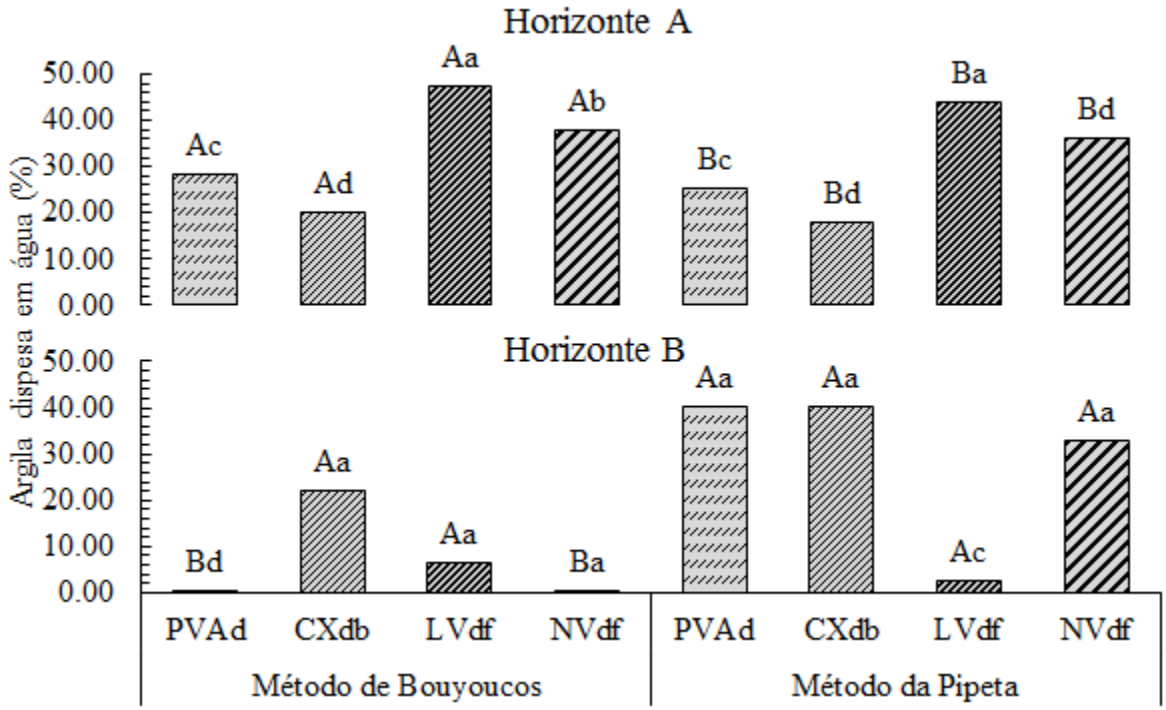

Figura 2 PVAd= Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; CXbd= Cambissolo Háplico Tb distrófico; LVdf = Latossolo Vermelho distroférico; NVdf= Nitossolo Vermelho distroférico

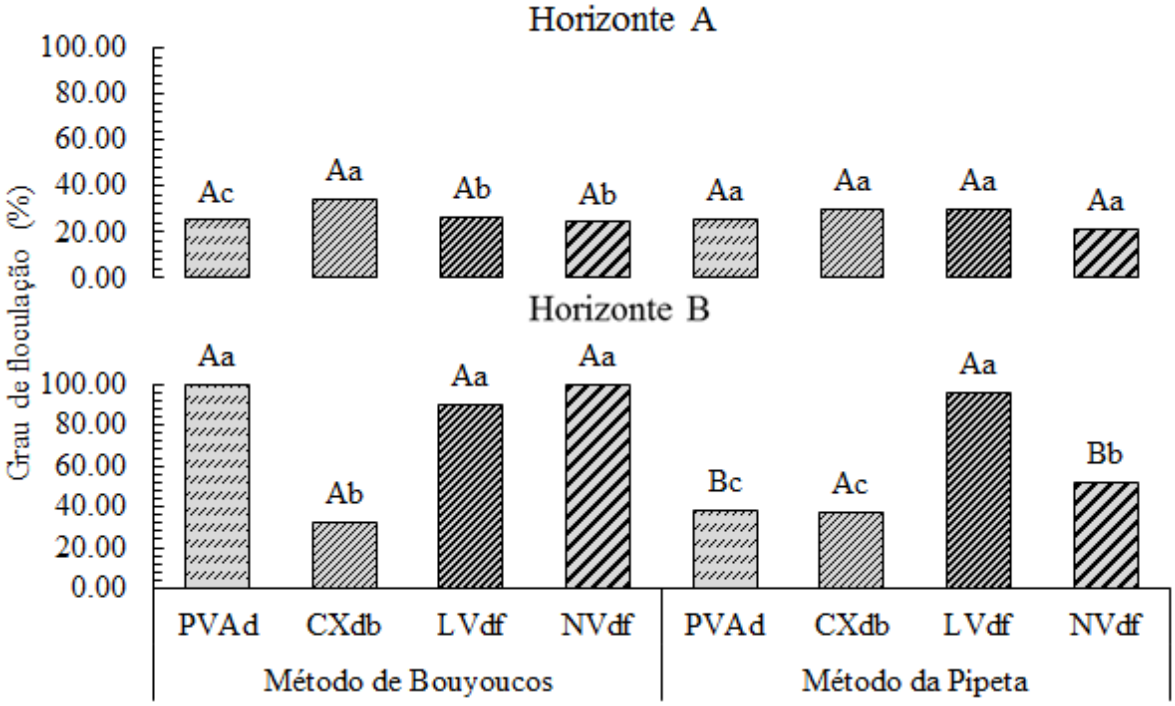

Figura 3 PVAd= Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; CXbd= Cambissolo Háplico Tb distrófico; LVdf = Latossolo Vermelho distroférico; NVdf= Nitossolo Vermelho distroférico

CONCLUSÃO

Método de Bouyoucos superestima o teor de argila na análise. Já para o silte os maiores valores foram obtidos no método da pipeta.

A diferença entre os métodos de Bouyoucos e da pipeta aumenta com o aumento do teor de carbono orgânico do solo.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, CNPq e CAPES pela concessão das bolsas de estudos. Ao Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras no apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANJOS, L. H. C.; JACOMINE, P. K. T.; SANTOS, H. G. dos; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B. VIII – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. Eds. **Pedologia; Fundamentos**. Viçosa, SBCS, 2012, 343p.

ARRUDA, F.B. et al. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.11, p.11-15, 1987.

BARRETO, H. B. F. ; MIRANDA, H. O. ; LIRA, J. F. B. ; DINIZ FILHO, E. T. ; MEDEIROS, J. F. Correlação do índice "S" com atributos físico-hídricos em solo aluvial no Rio Grande do Norte. **Global Science and technology**. Rio Verde, v. 07, n. 03, p.87 – 95, set/dez. 2014.

BORGES, L.C.; FERREIRA, D. F. Poder e taxas de erro tipo I dos testes Scott-Knott, Tukey e Student-newmankeuls sob distribuições normal e não normais dos resíduos. **Rev. Mat. Estat.,** v. 21, p. 67-83, 2002.

BOUYOUCOS, G.J. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. 1951. Am. **Soc. Agr. J.,** 43: 434-438

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 37:203-209, 2002.

COX, F.R. & LINS, D.G. A phosphorus soil test interpretation for corn grown on acid soils varying in crystalline clay content. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 15:1481-1491, 1984.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.6, p.1862-1866, 2007

DEXTER, A. R. Advancs in characterization of soil structure. **Soil Till., Res**., 11:199-238, 1988.

DIAS JUNIOR, M. S.; LEITE, F. P.; LASMAR JÚNIOR, E.; ARAÚJO JUNIOR, C. F. Traffic effects on the soil preconsolidation pressure due to eucalyptus harvest operations. **Scientia Agricola**, Piracicaba, 62: 248-255, 2005.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

FERREIRA, M. M. – Caracterização física do solo. In: De JONG VAN LIER, Q. (ed.) **Física do solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 1 ed, p.1-28, 2010.

FERREIRA, M.M. **Física do solo**. ESAL/FAEPE, 1993, 63p.
GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45: 1489-1498, 2010.
KAISER, H. F. A second generation little jiffy. **Psychometrika**, v. 35, p. 401-415, 1970.
LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES; C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 41: 20-28, 2011.
PEDROTTI, A.; MÉLLO JÚNIOR, A. V. **Avanços em Ciência do Solo**: A física do solo na produção agrícola e qualidade ambiental. 1. ed. São Cristóvão: Editora UFS, 2009. v. 1. 212 p.
REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188p.
R DEVELOPMENT CORE TEAM - RDCT. R: **A language and environment statistical computing**. Vienna, R Foundation for Statistical Computing, 2014.
SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306 p.
SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BORTOLUZZI, E. C. Soil water dynamics related to the degree of compaction of two Brazilian Oxisols under no-tillage. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.33, n. 5, p.1097-1104, 2009.
STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M.; MOREIRA, J. A. A. **Efeitos do sistema plantio direto no uso da água pelas culturas e no manejo da irrigação**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2012. (Comunicado Técnico, 207).
WANG, Q.; OTSUBO, K. & ICHINOSE, T. Digital map sets for evaluation of land productivity. Disponível em: Acesso em: 06 mar. de 2016.