

# EFICIÊNCIA DE DISPERSANTES NA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE MATERIAIS DE SOLOS COM HORIZONTE B TEXTURAL<sup>1</sup>

MARCO ANTÔNIO DE CARVALHO<sup>2</sup>, JEZIEL CARDOSO FREIRE†  
NILTON CURI e VICTOR GONÇALVES BAHIA<sup>3</sup>

**RESUMO** - A eficiência de dispersantes na análise granulométrica foi estudada em nove diferentes materiais de solos com horizonte B textural. Foram utilizados, o hidróxido de sódio, hexametáfosfato de sódio e hexametáfosfato de sódio + carbonato de sódio como dispersantes químicos, com agitações rápida e lenta, na presença e ausência de agente abrasivo. A eficiência dos dispersantes foi avaliada através da percentagem de argila, que foi determinada pelos métodos da pipeta e do hidrômetro. Os resultados evidenciaram que a presença de areia grossa como agente abrasivo na desagregação mostrou-se eficiente, como também a agitação lenta, principalmente quando associada com o agente abrasivo. Dos métodos utilizados na determinação de argila, o da pipeta foi o que apresentou maior eficiência. O hidróxido de sódio e o hexametáfosfato de sódio tiveram ação dispersante semelhante para esses pedomateriais.

Termos para indexação: hidróxido de sódio, agente abrasivo, argila, pipeta, hidrômetro.

## DISPERSERS EFFICIENCY ON GRANULOMETRIC ANALYSIS OF SOIL MATERIALS HAVING ARGILLIC HORIZON

**ABSTRACT** - The efficiency of dispersers on granulometric analysis was studied using nine different soil materials having argillic horizon. Sodium hydroxide, sodium hexametaphosphate, and sodium hexametaphosphate + sodium carbonate were utilized as chemical dispersers, using slow and fast shaking, in the presence and absence of abrasive agent. The dispersers efficiency was evaluated through the clay percentage which was determined by pipette and hydrometer methods. The data revealed that the presence of coarse sand as abrasive agent upon desaggregation was efficient, as well as the slow shaking, mainly when associated with the abrasive agent. The pipette method was more efficient than the hydrometer in terms of clay determination. The sodium hydroxide and sodium hexametaphosphate had similar action for these soil materials.

Index terms: sodium hydroxide, abrasive agent, clay, pipette, hydrometer.

## INTRODUÇÃO

Uma das características mais importantes do solo é a sua textura, ou seja, a sua composição granulométrica. A análise granulométrica do solo fornece os elementos necessários ao conhecimento de suas propriedades texturais, ou seja, da distribuição das partículas minerais unitárias constituintes do solo. As partículas primárias do solo encontram-se normalmente agregadas em virtude da ação cimentante de substâncias tais como, matéria orgânica, óxidos de ferro e de alumínio e, íons

floculantes como cálcio, magnésio, alumínio e hidrogênio.

Para a determinação da composição granulométrica do solo utilizam-se métodos que resultam da combinação da desagregação mecânica com processo químico. Na desagregação mecânica predominam duas formas de agitação: rápida e lenta, segundo Baver (1940) e Grohmann & Van Raij (1974), respectivamente. Dentro do processo químico, são conhecidos como elementos dispersantes em uma escala de eficiência,  $Li > Na > K > Rb > Cs$  (Baver et al. 1972). Obviamente têm sido usados compostos químicos químicos contendo  $Na^+$ , apesar de este elemento estar em segundo lugar dentro da escala de eficiência de dispersão, por questões de facilidade de mercado e custo.

O sucesso da análise será conseguido quando for obtida uma total desagregação e que as partículas individualizadas assim permaneçam durante a fase de separação, conforme (Medina 1972). Esta estabilidade da suspensão é fornecida pela elevação do potencial zeta ocasionada pela troca de cátions

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 13 de agosto de 1987. Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor à Esc. Sup. de Agric. de Lavras (ESAL), para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e bolsista do CNPq. Fazenda Experimental de Felixlândia, CEP 35794 Felixlândia, MG.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., Prof. do Dep. de Ciência do Solo da Est. Sup. de Agric. de Lavras, Caixa Postal 37, CEP 37200 Lavras, MG.

ocorrida com o dispersante químico (Kirkham & Powers 1972). Portanto, na escolha do dispersante químico ideal contendo o sódio, para a análise granulométrica, a presença dos cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{H}^+$  no complexo de troca dos solos é levada em conta, pois sabe-se que em solos com teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  "elevados" e com problemas de estabilização da suspensão, o hexametáfosfato de sódio é o dispersante mais indicado.

Quando há predominância de  $\text{H}^+$  no complexo sortivo, óxidos, o hidróxido de sódio passa ser o melhor dispersante químico (Baver et al. 1972). Porém, não se tem uma estimativa do teor crítico de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , a partir do qual se deva usar o hexametáfosfato de sódio e não o hidróxido de sódio ou hexametáfosfato de sódio + carbonato de sódio, visando ao sucesso da análise como também ao aspecto econômico, principalmente nas condições atuais onde a eficiência deverá estar associada aos custos.

Diante dos aspectos envolvidos na dispersão dos solos, visando a análise granulométrica, objetiva-se testar a eficiência de alguns dispersantes químicos (hidróxido de sódio, hexametáfosfato de sódio e hexametáfosfato de sódio + carbonato de sódio), usando agitações mecânicas distintas, na presença e ausência de agente abrasivo (areia grossa), em materiais de solos com horizonte B textural.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Foram empregadas nove amostras de materiais de solos (horizonte B), de nove diferentes perfis pré-selecionados de solos com horizonte B textural, procurando variações nos teores de  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ , óxidos de ferro livre totais e textura. Na Tabela 1, estão os resultados, referentes a alguns parâmetros dos materiais, julgados de interesse.

A individualização das partículas do solo foi obtida utilizando-se o método da pipeta preconizado por Day (1965) e o do densímetro indicado por Vettori & Pierantoni (1968), com algumas modificações (EMBRAPA, 1979). Foi utilizada uma proveta de PVC, na qual foi instalado um dreno, objetivando transferir o volume da suspensão que fica nos cinco primeiros centímetros abaixo da linha de aferimento para proveta de 200 ml. No primeiro método, pesou-se 10 g, e no segundo, 50 g de TFSA.

Como dispersantes químicos foram utilizados: hidróxido de sódio - 0,1N - 50 ml; hexametáfosfato de sódio - 0,5N - 10 ml; hexametáfosfato de sódio - 0,34N + carbonato de sódio - 0,075N - 10 ml da mistura.

Os dois métodos de análise granulométrica com os dispersantes, foram testados com dois tipos de agitação: agitação lenta (26 rpm - 30 rpm), tendo uma duração de dez horas, usando o agitador de Stohman e, agitação rápida (12.000 rpm), duração de quinze minutos, com o agitador Hamilton Beach. Dentro de cada dispersão foi associada a presença (20 g) e ausência do agente abrasivo, areia grossa ( $\phi$  1,0 - 0,5 mm).

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 3 \times 2$ , com três repetições, sendo dois métodos de determinação de argila (pipeta e hidrômetro), três dispersantes e presença e ausência de agente abrasivo. Essas análises foram feitas para material de solo estudado com agitação rápida e lenta. A avaliação da eficiência dos tratamentos foi feita através dos teores obtidos da fração argila.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados encontrados (Tabelas 2 a 10) nota-se que a presença de areia grossa ( $\phi$  1,0 - 0,5 mm), como modo de melhoria no processo de desagregação de amostras de materiais de solos para a análise granulométrica, foi mais eficiente do que sua ausência. Isto também foi verificado por Ashford et al. (1972) e Carvalho (1985) em pedomateriais latossólicos, e por Grohmann & Van Raij (1974), sendo que estes últimos atribuíram a maior eficiência à ação abrasiva da areia durante a agitação, provocando a quebra dos agregados contendo argila.

Observa-se nas Tabelas 5, 8 e 10 que não há diferença entre presença e ausência de areia grossa, para a agitação rápida, em virtude de os pedomateriais apresentarem uma textura grosseira (média ou arenosa), sendo que, a areia componente destes já funciona como agente abrasivo, não ocasionando uma diferença significativa entre os dois tratamentos. Isto também foi comprovado por Carvalho (1985) em materiais de solos com horizonte B latossólico.

Na comparação entre agitações, nota-se a superioridade da agitação lenta sobre a rápida. Segundo Grohmann & Van Raij (1974), na agitação lenta a suspensão do solo sofre quedas sucessivas no interior do recipiente ocasionando atrito dos agregados e com isso há maior dispersão, enquanto na agitação rápida, a suspensão do solo é agitada violentamente, em sentido circular, estando a energia

TABELA 1. Parâmetros químicos e físicos de materiais de solos empregados na pesquisa.

Solo	Textura	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	Δ pH	MO	S	T	V	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> DCB	Ataque sulfúrico	
															Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		meq/100 g			ppm		1:2,5			%		meq/100 g		%		
1. TR	Muito argilosa	4,7	3,0	0,1	0,12	76	5,6	5,3	-0,3	1,1	5,0	8,1	61	14,6	22,2	22,4
2. TR	Muito argilosa	3,6	2,7	0,1	0,10	45	5,3	5,4	0,1	1,1	3,8	6,6	58	14,9	24,0	23,4
3. PEI	Muito argilosa	2,8	4,4	0,2	0,11	34	4,5	4,4	-0,1	1,0	3,0	7,6	39	10,4	12,8	30,4
4. PV	Média	2,1	1,2	0,1	0,09	87	5,8	5,2	-0,6	0,4	2,4	3,7	65	4,1	6,1	19,2
5. PV	Argilosa	5,2	2,2	0,1	0,08	82	6,4	5,1	-1,3	0,9	5,5	7,8	70	4,2	7,4	18,4
6. PV	Argilosa	0,8	2,3	0,5	0,03	16	5,1	4,4	-0,7	0,6	0,9	3,7	24	5,8	7,8	13,1
7. PV	Média	6,0	2,9	0,2	0,16	133	5,0	3,8	-1,2	0,7	6,5	9,6	68	2,2	4,8	10,7
8. PV	Argilosa	15,9	1,2	0,1	0,12	72	6,4	5,8	-0,6	1,2	16,2	17,5	92	4,6	8,2	16,1
9. PV	Areñosa	4,1	1,2	0,1	0,07	52	6,2	5,1	-1,1	0,4	4,3	5,6	76	0,8	2,4	5,3

TR = Terra Roxa Estruturada.  
 PEI = Podzólico Vermelho-Escuro latossólico.  
 PV = Podzólico Vermelho-Amarelo.

TABELA 2. Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Terra Roxa Estruturada (Bandeirantes, PR), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
	%			
	Agitação rápida (CV % = 22)			
NaOH	A 77	B 68	A 77 a	B 71
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 78	B 65 β	75 ab	71 α
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A 78 α	B 66 β	71 bβ	71 α
	Agitação lenta (CV % = 1)			
NaOH	76 a	75 bα	B 68 bβ	A 70 β
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	77 a	79 aα	71 aβ	71 β
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	73 b	73 cα	71 aα	70 β

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

de dispersão concentrada junto à hélice, tornando este método menos eficiente.

Quando foi introduzido nas agitações o agente

abrasivo, a eficiência da agitação lenta aumentou, enquanto na agitação rápida não houve quase alteração nos tratamentos.

Com relação aos métodos de determinação de

TABELA 3. Conteúdo argila (TFSE) em horizonte B de Terra Roxa Estruturada (Perdões, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
	%			
	Agitação rápida (CV% = 2)			
NaOH	73	73 aα	A 73 a	B 69 bβ
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 74	B 66 bβ	72 a	71 bα
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A 74 α	B 67 bβ	B 68 bβ	A 76 aα
	Agitação lenta (CV % = 1)			
NaOH	A 80 aα	B 75 α	71 β	70 abβ
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	76 bα	76 α	71 β	72 aβ
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	74 b	76 α	A 72	B 68 bβ

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

TABELA 4. Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Escuro latossólico (Calciolândia, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
	%			
	Agitação rápida (CV% = 1)			
NaOH	B 85 b $\beta$	A 88 a	A 89 a $\alpha$	B 87 a
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 88 a	B 73 b $\beta$	A 87 b	B 75 c $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A 88 a $\alpha$	B 73 b $\beta$	A 81 c $\beta$	B 78 b $\beta$
	Agitação lenta (CV% = 1)			
NaOH	A 90 a $\alpha$	B 88 b $\alpha$	A 85 $\beta$	B 71 $\beta$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	92 a $\alpha$	90 a $\alpha$	A 87 $\beta$	B 71 $\beta$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	B 87 b	A 92 a $\alpha$	A 87	B 70 $\beta$

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações  $\alpha$  e  $\beta$  indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

argila testados no presente estudo, o método da pipeta foi o mais eficiente (Tabela 2 a 10), apesar de o método do hidrômetro ter sido aprimorado por Vettori & Pierantoni (1968), com algumas modificações posteriores (EMBRAPA 1979). Outros autores como Kiehl (1979), Kilmer & Alexander (1949) e Medina (1972), afirmam que o método da pipeta é considerado o mais preciso para determinação do separado argila e serve ainda para calibração dos demais.

Na segunda fase da análise que consta da estabilidade da suspensão, os dispersantes químicos mostraram diferenças em relação às agitações. Na agitação rápida, o hidróxido de sódio foi o melhor agente químico, enquanto que na agitação lenta tem-se um pequeno predomínio do hexametáfosfato de sódio em relação ao hidróxido de sódio, evi-

TABELA 5. Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Amarelo (Lavras, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
	%			
	Agitação rápida (CV% = 2)			
NaOH	31 $\alpha$	27	29 $\beta$	29
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	33 $\alpha$	30	30 $\beta$	30
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30 $\alpha$	28	26 $\beta$	28
	Agitação lenta (CV% = 1)			
NaOH	A 35 a $\alpha$	B 32 a $\alpha$	A 30 a $\beta$	B 27 b $\beta$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 34 b $\alpha$	B 29 b $\beta$	B 27 b $\beta$	A 33 a $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	B 27 c	A 32 a $\alpha$	26 b	27 b $\beta$

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante, pelo teste F. As notações  $\alpha$  e  $\beta$  indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

denciando que a mistura (hexametáfosfato de sódio + carbonato de sódio) teve um desempenho inferior ao hidróxido de sódio em ambas as agitações. Assim verifica-se que, não houve problema de estabilização da suspensão em virtude da presença dos íons flocculantes Ca + Mg, quando o hidróxido de sódio foi usado, conforme citado por Baver et al. (1972), já que dentro da classe de solo estudada, procurou-se maior variação possível nos teores desses cátions (0,8 a 15,9 meq/100 g).

A maior eficiência obtida pelo hidróxido de sódio na agitação rápida se deu em virtude do seu maior poder desagregante em relação aos outros dispersantes, o que foi confirmado por Souza (1960), já que esta agitação tem um menor desempenho com relação à lenta.

**TABELA 6.** Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Amarelo (Araguari, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
	%			
	Agitação rápida (CV% = 1)			
NaOH	38 α	38 a α	36 aβ	35 bβ
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 37	B 34 b	A 37	B 35 b
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A 37 α	B 34 bβ	B 32 bβ	A 38 aα
	Agitação lenta (CV% = 2)			
NaOH	A 42 α	B 37	35 β	33
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 38 α	B 36	33 β	32
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	37 α	39 α	32 β	32 β

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

Quando emprega-se uma agitação mais eficiente (lenta), o papel desempenhado pelo dispersante fica num segundo plano, pois nota-se que a eficiência dos mesmos, principalmente hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio, é bastante semelhante. Isto também foi verificado por Carvalho (1985) quando trabalhou com a classe de solos com horizonte B latossólico, confirmando estudos de Grohmann & Van Raij (1977) que afirmam que para latossolos o mais importante é a desagregação mecânica, e assim vê-se que, para solos com horizonte B textural, a desagregação mecânica é uma fase também importante.

Os valores de argila encontrados em cada tratamento foram correlacionados com todos os parâmetros químicos da Tabela 1. A melhor correlação com o conteúdo de argila, para estes materiais

**TABELA 7.** Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Amarelo (Uberaba, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
	%			
	Agitação rápida (CV% = 2)			
NaOH	A 48	B 42	A 49	B 42
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 44	B 38 β	45	43 α
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	43	41	43	41
	Agitação lenta (CV% = 2)			
NaOH	A 48 a	B 42 b	A 48 a	B 44
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	47 a	42 b	43 b	42
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	B 43 b	A 49 aα	43 b	43 β

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações α e β indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

de solos estudados, foi o teor de óxidos de ferro livre totais (R<sup>2</sup> = 87,35\*\* a 93,08\*\*), enquanto Carvalho (1985) encontrou para materiais de solo com horizonte B latossólico, o teor de H<sup>+</sup> (R<sup>2</sup> = 77,37\*\* a 85,07\*\*), evidenciando a necessidade de se levar em consideração também neste tipo de análise a classe de solo.

### CONCLUSÕES

1. A presença de areia grossa como agente abrasivo na desagregação aumentou o teor de argila nesta classe de solos, quando argilosos e muito argilosos.

2. A agitação lenta mostrou-se superior à rápida principalmente quando associada à presença de areia grossa, devendo sempre ser recomendada

TABELA 8. Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Amarelo (Uberaba, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
%				
Agitação rápida (CV% = 1)				
NaOH	A 32 a	A 24 b $\beta$	A 33 a	B 30 a $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 29 b	B 24 b $\beta$	29 b	29 a $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A 30 b	B 28 a $\alpha$	A 29 b	B 24 b $\beta$
Agitação lenta (CV% = 2)				
NaOH	33 $\alpha$	30 $\alpha$	A 30 $\beta$	B 22 b $\beta$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 34 a $\beta$	B 30 $\alpha$	A 29 $\beta$	B 25 a $\beta$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	29 b	30 $\alpha$	A 31	B 26 a $\beta$

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações  $\alpha$  e  $\beta$  indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

quando se almeja maior precisão e acurácia dos dados.

3. O hidróxido de sódio foi o melhor dispersante quando se usou a agitação rápida, enquanto este agente químico teve ação dispersante semelhante ao hexametáfosfato de sódio quando a agitação lenta se fez presente.

4. Dos métodos utilizados na determinação de argila, o da pipeta foi o que apresentou maior eficiência.

5. Solos com teor elevado de cálcio + magnésio trocáveis não apresentaram problemas de estabilização da suspensão, não necessitando uso do hexametáfosfato de sódio.

TABELA 9. Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Amarelo (Uberaba, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
%				
Agitação rápida (CV% = 1)				
NaOH	A 51 a	B 44 $\beta$	51 a	51 a $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 48 b	B 44 $\beta$	A 48 b	B 46 b $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A 49 b $\alpha$	B 44 $\beta$	47 b $\beta$	47 b $\alpha$
Agitação lenta (CV% = 1)				
NaOH	A 54 a $\alpha$	B 50 a $\alpha$	A 48 $\beta$	B 45 b $\beta$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 55 a $\alpha$	B 46 b	48 $\beta$	47 a
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	B 48 b	A 50 a $\alpha$	A 48	B 44 b $\beta$

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações  $\alpha$  e  $\beta$  indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

TABELA 10. Conteúdo de argila (TFSE) em horizonte B de Podzólico Vermelho-Amarelo (Bastos, MG), em função de dispersantes, métodos e agente abrasivo, com agitação rápida e lenta.

Dispersante	Areia grossa			
	Presença		Ausência	
	Pipeta	Hidrômetro	Pipeta	Hidrômetro
%				
Agitação rápida (CV% = 6)				
NaOH	A 10 a $\alpha$	B 7 b $\beta$	B 7 $\beta$	A 9 a $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	B 6 b	A 9 a	B 7	A 9 a
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>				
+ Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	8 a	6 b	7	5 b

TABELA 10. Continuação.

	Agitação lenta (CV% = 4)			
NaOH	A 8 b	B 6 b	9 a	8 b
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>	A 11 a $\alpha$	B 6 b $\beta$	B 6 b $\beta$	A 9 a $\alpha$
(NaPO <sub>3</sub> ) <sub>x</sub> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	B 5 c $\beta$	A 9 a $\alpha$	A 8 a $\alpha$	8 b $\beta$

Médias que apresentam a mesma letra (a, b e c) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%), entre dispersantes para o mesmo método. As letras A e B indicam diferença significativa entre os métodos e mesmo dispersante pelo teste F. As notações  $\alpha$  e  $\beta$  indicam diferença significativa entre presença e ausência de areia dentro do mesmo dispersante e método, pelo teste F. A ausência destas letras no quadro indica que não há diferença entre os dados.

## REFERÊNCIAS

- ASHFORD, E.M.; SHIELDS, L.G.; DREW, J.V. Influence of sand on the amount of water-dispersible clay in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 35(5):848-9, 1972.
- BAVER, L.D. *Soil physics*. 3. ed. New York, John Wiley, 1940. 370p.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. *Soil physics*. 4. ed. New York, John Wiley, 1972. 498p.
- CARVALHO, M.A. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizonte B latossólico e B textural. Lavras, ESAL, 1985. 79p. Tese Mestrado.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. ed. *Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 545-67.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, RJ. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979.
- GROHMANN, F. & VAN RAIJ, B. Dispersão e pré-tratamento para análise granulométrica de latossolos argilosos. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 1(1):52-3, 1977.
- 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, 1973. *Anais*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.123-32.
- KIEHL, E.J. *Manual de edafologia*. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.
- KILMER, V.J. & ALEXANDER, L.T. Methods of making mechanical analysis of soils. *Soil Sci.*, New Brunswick, 68:15-24, 1949.
- KIRKHAM, D. & POWERS, W.L. *Advanced soil physics*. New York, Interscience, 1972. 584p.
- MEDINA, H.P. Constituição física. In: MONIZ, A.C., ed. *Elementos de pedologia*. São Paulo, USP, 1972. p.11-20.
- SOUZA, D.M.P. Contribuição ao estudo da análise granulométrica de alguns solos do Paraná. Curitiba, Instituto de Biologia e Pesquisa Tecnológica, 1960. 12p.
- VETTORI, L. & PIERANTONI, H. *Análise granulométrica; novo método para determinar a fração argila*. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1968. 8p. (Boletim técnico, 3)