NOTA CIENTÍFICA

Michel Keisuke Sato^{1*}
Rafael Silva Guedes¹
Herdjania Veras de Lima¹
Antonio Rodrigues Fernandes¹
Anderson Martins de Souza Braz²

¹Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA,
Instituto de Ciências Agrárias – ICA, Av. Tancredo
Neves, 2501, Caixa Postal 917, 66077-901,
Belém, PA, Brasil

²Universidade de São Paulo – USP, Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Av.
Pádua Dias 11, Vila Independência, Caixa Postal 9,
13418-260, Piracicaba, SP, Brasil

*Autor Correspondente:
E-mail: michel.sato@ufra.edu.br

PALAVRAS-CHAVE

Análise granulométrica
Dispersante químico
Análise de rotina
Latossolo

KEYWORDS

Particle size analysis
Chemical dispersant
Routine analysis
Oxisol

Métodos de análise textural para solos do Estado do Pará

Soil particle size analysis methods for soils of Pará state

RESUMO: A análise granulométrica do solo é uma ferramenta básica no processo de caracterização do solo tanto para fins taxonômicos quanto para o entendimento do comportamento e manejo do solo. O objetivo foi avaliar a eficiência do hidróxido de sódio (NaOH) e hexametáfosfato de sódio (HMP), como dispersantes químicos na análise granulométrica pelo método da pipeta, bem como testar a eficiência do método do densímetro sugerido pela Embrapa, em Latossolos de diferentes classes texturais do Estado do Pará. Foram utilizadas amostras de Latossolos Amarelos coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade em quatro localidades distintas situadas no Pará, buscando compor a ampla variação textural representativa dos solos da região. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro solos, três métodos de análise granulométrica e três repetições, totalizando 36 unidades experimentais. O NaOH foi mais eficiente na dispersão das partículas do solo que o HMP. Utilizando o NaOH como dispersante químico, o método do densímetro foi tão preciso quanto o método da pipeta, sendo, portanto, o mais indicado para atender à constante demanda por análise textural nos laboratórios da região, devido à rapidez e praticidade na sua determinação.

ABSTRACT: Soil particle size analysis is a basic procedure in the soil characterization process for soil classification as well as for the understanding of soil behavior and management. The aim of this study was to evaluate the efficiency of sodium hydroxide (NaOH) and sodium hexametaphosphate (HMP) as chemical dispersants used in particle size analysis by the pipette method, as well as to test the efficiency of the hydrometer method suggested by Embrapa in Oxisols of different textural classes in Pará state. Oxisol samples collected at the 0-20 cm depth in four distinct localities of Pará state were used seeking to build a wide textural variation representative for soils of the region. The experimental design was completely randomized with four soils, three methods of particle size analysis and three repetitions, totaling 36 experimental units. NaOH was more efficient in the dispersion of soil particles than HMP. Using NaOH as a chemical dispersant, the hydrometer method was as accurate as the method of the pipette, and therefore the most appropriate method to meet the constant demand for textural analysis in laboratories of the region, due to the speed and practicality in its determination.

1 Introdução

A análise granulométrica é fundamental para caracterização do solo e indispensável para a adoção de práticas adequadas ao seu manejo. Isso porque a granulometria, ou distribuição do tamanho das partículas do solo, interfere diretamente na susceptibilidade à compactação, na disponibilidade hídrica, na capacidade de troca de cátions (Klein et al., 2013) e na aeração, que, por sua vez, pode interferir na absorção de nutrientes pelas plantas.

Uma grande variedade de métodos de análise granulométrica está disponível na literatura científica (Almeida, 2008). De forma geral, esses métodos baseiam-se na aplicação de pré-tratamentos das amostras para remoção dos agentes cimentantes e flocculantes como matéria orgânica, óxidos de ferro e alumínio, carbonatos e sais solúveis. Em seguida, é realizada a dispersão química e física das partículas e, então, a quantificação das frações do solo (Gee & Bauder, 1986).

A identificação do método de análise granulométrica mais apropriado para solos da região amazônica pode contribuir para incorporá-lo em análises de rotina dos laboratórios e, assim, contemplar um maior número de produtores. Com o conhecimento da textura do solo de sua propriedade, o produtor pode aperfeiçoar o uso de insumos com elevado custo financeiro como calcário e adubos e auxiliar na recomendação das doses adequadas, reduzindo os riscos de contaminação ambiental. Isso porque a eficiência da aplicação desses insumos depende, principalmente, da superfície específica da fração do solo predominante. Está é a razão por que nos manuais técnicos (Embrapa, 2010), o teor de argila no solo é um critério para recomendação de doses e parcelamentos de fertilizantes a serem aplicados no solo.

A fração argila tem grande influência sobre as propriedades do solo devido a sua grande área superficial específica e densidade de carga elevada, o que confere a essa fração alta reatividade química (Jury & Horton, 2004). Com essa preocupação, pesquisas têm sido realizadas nas regiões sul (Klein et al., 2013), sudeste (Mauri et al., 2011) e nordeste (Cunha et al., 2014) do Brasil. Na região Norte, ainda há carência de trabalhos que avaliem a eficiência dos métodos de análise granulométrica nos solos da região. No Estado do Pará, os Latossolos e Argissolos apresentam elevada variação textural, cujos teores de argila podem atingir 931 g kg⁻¹ em Latossolos (Birani, 2010).

Para análise de rotina, a rapidez na determinação é indispensável para atender à constante demanda nos laboratórios da região. Assim, existe a necessidade de selecionar um método que permita a execução de maior número de análises por dia, sem comprometer a sua eficácia. Camargo et al. (2009) recomendam o método do densímetro para solos do Estado de São Paulo, em análises granulométricas realizadas no Instituto Agrônomo de Campinas (SP), assim como a EMBRAPA (2011).

O objetivo foi avaliar o uso de hidróxido de sódio (NaOH) e hexametáfosfato de sódio (HMP) como dispersantes químicos na análise granulométrica pelo método da pipeta descrito por Gee & Bauder (1986), bem como testar a eficiência do método do densímetro sugerido pela EMBRAPA (2011) em solos do Estado do Pará.

2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado de setembro a novembro de 2012 utilizando um delineamento inteiramente casualizado com quatro solos, três métodos de análise granulométrica e três repetições, totalizando 36 unidades experimentais.

Foram utilizadas amostras de solo deformadas, coletadas em Latossolos Amarelos situados nos municípios de Belém (LA1), Paragominas (LA2), Igarapé-Açu (LA3) e Tracuateua (LA4), buscando compor um conjunto heterogêneo quanto à composição granulométrica dos solos presentes no Estado do Pará (Tabela 1). Em cada município, foi selecionada uma área homogênea adjacente a uma mata nativa ou de reflorestamento antigo, na qual foram coletadas, com auxílio de sondas de aço inoxidável, 10 amostras simples na camada superficial (0-20 cm de profundidade) para formar uma amostra composta.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia, em Belém (PA), onde foram secas ao ar e passadas por peneira de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). Visando identificar se havia a necessidade de pré-tratamento das amostras (Gee & Bauder, 1986), foram realizadas análises químicas (EMBRAPA, 2011) para quantificação dos agentes flocculantes e ligantes. Assim, para determinação dos teores de SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, as amostras foram submetidas ao ataque sulfúrico. Os resultados dessas análises podem ser visualizados na Tabela 2.

Como os teores de matéria orgânica (MO) ficaram abaixo de 50 g kg⁻¹ e os óxidos de ferro e alumínio predominam na mineralogia dos solos da região (Tabela 2), o pré-tratamento

Tabela 1. Local de amostragem, identificação e caracterização dos solos.

Table 1. Sampling location, identification and characterization of soils.

Id	Município	Localização	Formação geológica	Solo	ps (g cm ⁻³)
LA1	Belém	01°27'21" S, 48°30'14" O	Depósitos aluviais (areia / cascalho). Idade: Cenozoico	Latossolo Amarelo	2,64
LA2	Paragominas	02°59'42" S, 47°21'10" O	Formação Ipixuna (arenito / argilito caulinitico). Idade: Cretáceo	Latossolo Amarelo	2,48
LA3	Igarapé-Açu	01°07'37" S, 47°37'04" O	Grupo Barreiras (biocalciruditos / marga). Idade: Paleogeno (Oligoceno)	Latossolo Amarelo	2,61
LA4	Tracuateua	01°04'19" S, 46°53'49" O	Grupo Barreiras (biocalciruditos / marga). Idade: Paleogeno (Oligoceno)	Latossolo Amarelo	2,58

ps: Densidade da partícula do solo (Blake & Hartge, 1986).

Tabela 2. Análise química dos Latossolos coletados no Estado do Pará na camada de 0-20 cm de profundidade.**Table 2.** Chemical and mineralogical analysis of soil collected in Pará at 0-20 cm depth.

Id	pH	MO	Ca ²⁺	Mg ⁺²	Al ³⁺	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
	H ₂ O	g kg ⁻¹	mmol _c kg ⁻¹			Ataque sulfúrico g kg ⁻¹		
LA1	3,9	22,6	1,7	0,8	13,5	32,0	42,3	9,1
LA2	4,4	27,3	6,7	4,3	10,1	247,0	284,7	35,3
LA3	4,8	28,5	4,7	5,8	2,1	45,0	47,7	25,8
LA4	4,3	14,3	0,8	0,4	6,6	14,0	24,5	13,7

pH: Potencial hidrogeniônico; MO: Matéria orgânica; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; Al₂O₃: Óxido de alumínio; Fe₂O₃: Óxido de ferro.

das amostras para remoção desses agentes cimentantes não foi realizada, conforme sugerido por Gee & Bauder (1986). Para avaliação do NaOH e HMP como dispersantes químicos, foram realizadas análise granulométricas dos solos testados, adotando o método da pipeta, considerado método padrão com maior eficiência e, por isso, usado continuamente para calibração dos demais métodos (Gee & Bauder, 1986).

Conforme esse método, a dispersão química das partículas de solo foi realizada em um frasco contendo 20 g de TFSA, no qual foram adicionadas 10 mL de NaOH ou HMP a 1 mol L⁻¹, tendo sido o volume completado para 400 mL com água deionizada. Assim, a relação solo:solução obtida foi de 1:20. Em seguida, foi realizada a dispersão física através de agitação por 16 horas em mesa agitadora com rotação de 120 rpm. Depois da agitação, o conteúdo do frasco foi passado por peneira de malha com diâmetro médio de 0,053 mm, transferido o restante para uma proveta e aferido até 1000 mL com água deionizada. O material retido na peneira foi secado em estufa a 105 °C durante 24 h e pesado para quantificação da fração areia segundo a Equação 1:

$$\text{Areia} = \frac{War}{20 / Fc} \quad (1)$$

onde Areia é dada em g g⁻¹; War (g) é a massa de areia seca em estufa e Fc é o fator de correção determinado a partir da razão entre a massa de TSFA e terra fina seca em estufa (TFSE) em amostras preparadas separadamente.

O material em suspensão na proveta foi agitado para homogeneização e, em seguida, deixado em repouso por um período determinado a partir da Equação 2, baseada na Lei de Stokes:

$$t = \frac{18 \eta h}{g(\rho_s - \rho_l) X^2} \quad (2)$$

onde t (s) é o tempo necessário para que uma partícula esférica de diâmetro X = 0,002 mm decante a uma profundidade h = 10 cm, considerando que, quando a temperatura da solução é 22 °C, a sua viscosidade (η) e densidade (ρl) são iguais a 0,95683 g m⁻¹ s⁻¹ e 0,9981 g cm⁻³, respectivamente; g é a aceleração da gravidade (980 cm s⁻²) e ρs é a densidade da partícula (Tabela 1) determinada para cada solo pelo método do picnômetro (Blake & Hartge, 1986).

Dessa forma, após o período de 7,43, 8,24, 7,57 e 7,72 h para os solos LA1, LA2, LA3 e LA4, respectivamente, uma subamostra na profundidade de 10 cm do material em repouso

na proveta foi coletada com auxílio de uma pipeta de 25 mL. Em seguida, a subamostra foi secada em estufa a 105 °C durante 24 h e pesada para o cálculo da fração argila de acordo com a Equação 3. A fração silte foi determinada pela diferença entre o total de solo utilizado (20 g) e a soma das frações areia e argila.

$$\text{Argila} = 1000 \frac{(Warg - Wreag) / 25}{20 / Fc} \quad (3)$$

onde Argila é dada em g g⁻¹; Warg (g) é a massa de argila seca em estufa e Wreag é a massa do dispersante químico obtida com a prova em branco (Gee & Bauder, 1986).

Foi realizada análise de variância para os teores de argila, silte e areia, obtidos pelo método da pipeta, utilizando os dispersantes químicos NaOH e HMP, e, quando significativo pelo teste F, utilizou-se o teste de Tukey (p < 0,01) para comparação das médias. O dispersante mais eficiente foi considerado aquele em que se obteve maior proporção da fração argila, conforme Mauri et al. (2011) e Cunha et al. (2014).

Para testar a eficiência do método do densímetro sugerido pela Embrapa (2011) nos solos avaliados, em um frasco, foi adicionado 50 g de TFSA, 25 mL de NaOH 1 mol L⁻¹, tendo o volume sido completado para 100 mL com água deionizada. Em seguida, o material na proporção 1:2 (solo:solução) foi deixado em repouso durante uma noite. A dispersão física das partículas foi realizada com auxílio de um agitador elétrico “stirrer” por um período de 15 min. Em seguida, a solução com solo foi passada por peneira de malha com 0,053 mm de diâmetro, transferido o restante para uma proveta e aferido até 1000 mL com água deionizada.

O material em suspensão na proveta foi homogeneizado e, então, deixado em repouso durante 90 min. Depois desse período, foi coletado o volume de suspensão (primeiros 100 mm abaixo do traço do aferimento), transferido para proveta de 250 mL e, em seguida, foi introduzido o densímetro para determinação da densidade da suspensão que corresponde à concentração total de argila. Os teores de areia e silte no solo foram determinados de forma semelhante ao método da pipeta (Gee & Bauder, 1986).

Para avaliar a eficiência do método do densímetro para análise de rotina, utilizou-se o teste L&O (Leite & Oliveira, 2002). Este consiste em uma regra decisória baseada no teste F (p < 0,01), modificado por Graybill (2000), na avaliação do erro padrão médio (e) e na análise do coeficiente de correlação linear (r) (Cunha et al., 2014). Para esse teste, utilizou-se software Microsoft Excel 2010.

Os teores de areia, argila e silte obtidos em cada solo a partir do método da pipeta com uso do dispersante químico, considerado mais eficiente na comparação entre o NaOH e o HMP, foi utilizado como método de referência a ser comparado com os resultados verificados pelo método do densímetro.

Conforme Leite & Oliveira (2002), o método do densímetro é considerado igual ao método de referência se o teste *F* (Graybill, 2000) e o teste *t* do erro padrão médio não forem significativos, bem como o valor de $r \geq (1-|e|)$ (Cunha et al., 2014).

3 Resultados e Discussão

De forma geral, as análises demonstraram elevada variabilidade dos atributos químicos (Tabela 2) e dos teores de argila, areia e silte (Tabela 3). Isto indica grande heterogeneidade dos solos estudados, o que foi desejável para compor um conjunto representativo da variação textural dos Latossolos do Estado do Pará.

Não foi observada diferença entre os teores de areia determinados pelo método da pipeta com uso de NaOH ou com HMP, pelo teste *F* ($p < 0,01$) (Figura 1a). Esse resultado pode ser explicado pela boa eficiência dos tratamentos com dispersantes químicos utilizados em manter partículas finas dispersas e, portanto, não serem computadas na fração areia.

Foi observada maior proporção de argila e menor de silte nas análises com uso do NaOH como dispersante químico (Figuras 1b, c). O incremento na proporção da fração argila em relação à silte é considerado indicativo de maior efetividade do tratamento imposto, pela diminuição na proporção de pseudossilte (Mauri et al., 2011). Pseudossiltos são microagregados do tamanho de silte formados por agregados de argila altamente estáveis devido à composição mineralógica, e presença de agentes ligantes e floculantes no solo (Vitorino et al., 2003; Donagemma et al., 2008).

Vitorino et al. (2003) alertam para a dificuldade de se dispersar as argilas contidas nos pseudossiltos, principalmente nos Latossolos com altos teores de óxidos de ferro e alumínio. Para esses autores, a repetição do processo de dispersão a partir da fração silte obtida no primeiro processo (pseudossilte) contribui significativamente para a obtenção de resultados mais eficientes nas análises texturais.

O aumento na proporção de pseudossilte nas análises com HMP sugerem que esse dispersante não separa de forma eficiente os grumos de argila que estão na forma de microagregados. Segundo Cunha et al. (2014), a maior eficiência do NaOH na dispersão das partículas quando comparada com a do HMP está relacionada ao elevado pH da solução, que fica acima do estabelecido para o ponto de carga zero (PCZ) (Cunha et al.,

Figura 1. Teores de areia (a), argila (b) e silte (c) de Latossolos Amarelos coletados na camada de 0-20 cm de profundidade nos municípios de Belém (LA1), Paragominas (LA2), Igarapé-Açu (LA3) e Tracuateua (LA4), obtidos a partir do método da pipeta com NaOH e HMP, como dispersante químico. Médias seguidas de mesma letra comparam métodos de dispersão em solos de mesma classe textural ($p < 0,01$).

Figure 1. Sand (a), clay (b) and silt (c) content of Oxisols collected at 0-20 cm depth in the counties of Belém (LA1), Paragominas (LA2), Igarapé-Açu (LA3) and Tracuateua (LA4) obtained from the pipette method of the with NaOH and HMP, as a chemical dispersants. Means followed by the same letter comparing scattering methods in same soil textural class ($p < 0,01$).

Tabela 3. Momentos estatísticos das frações do solo obtidos a partir de todas as análises granulométricas pelo método da pipeta com NaOH ou HMP e do densímetro com NaOH nos quatro Latossolos amarelos coletados no Estado do Pará.

Table 3. Statistical moments of the soil particles obtained from all the particle size analysis of the pipette method with NaOH or HMP and hydrometer with NaOH in four Oxisols collected in the Pará.

Partículas	N total	Mínimo	Média	Máximo	Desvio Padrão	CV
			kg kg ⁻¹			%
Argila	36	0,056	0,344	0,78	0,265	77
Areia	36	0,067	0,552	0,913	0,33	59
Silte	36	0,011	0,104	0,213	0,066	64

N total: Número de amostras analisadas; CV: Coeficiente de variação.

2014). Nessa condição, a proporção de cargas negativas, dependentes de pH, se eleva aumentando a repulsão entre as partículas. Além disso, o íon Al^{3+} é precipitado como $Al(OH)_3$, reduzindo a pressão osmótica no solo, o que favorece a manutenção do material disperso (Van Raij & Peech, 1972).

Como a dispersão das partículas do solo com HMP não foi eficiente, a fração silte foi incrementada pela presença de microagregados de argila, em função disto, o teor de argila foi menor quando comparado ao do NaOH (Figuras 1b, c). Segundo Ferreira (2010), quando os microagregados de argila não são totalmente quebrados pela dispersão química e mecânica, estes podem contribuir para superestimar a proporção de silte no solo. Em solos dos estados de Minas Gerais (região sudeste) e Pernambuco (região nordeste), Mauri et al. (2011) e Cunha et al. (2014), respectivamente, constataram que o NaOH foi mais preciso na análise textural do que outros dispersantes químicos, em especial, o HMP.

Os teores de areia, argila e silte determinados pelo método do densímetro foram semelhantes aos obtidos pelo método da pipeta com uso de NaOH (Figuras 2a, b, c). Apresentaram correlação positiva e significativa ($p < 0,01$), com coeficientes de correlação de Pearson (r) iguais a 0,99, 0,99 e 0,96 para os teores de areia, argila e silte, respectivamente.

Esses resultados demonstram que os métodos apresentaram um ótimo grau de concordância entre si, para quantificação das frações do solo (Jorge et al., 1985). Como consequência disso, as classes texturais de cada solo determinadas pelo método da pipeta não foram alteradas quando foi utilizado o método do densímetro, conforme o sistema norte-americano de classificação do tamanho das partículas, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Tabela 4).

Na comparação entre os dois métodos pelo teste L&O, foi observado que não houve igualdade nos teores de areia determinados pelo método da pipeta e do densímetro (Figura 2a). Esse comportamento pode ser comprovado pelo valor de $F(H_0)$ e erro padrão médio significativos ($p < 0,01$), conforme sugere Cunha et al. (2014). Entretanto, para os teores de argila e silte houve igualdade entre os métodos, cujos valores de $F(H_0)$ e do erro padrão médio não foram significativos, e pelo $r \geq (1-|e|)$ (Figuras 2b, c).

A diferença nos teores de areia pode estar relacionada com o possível erro na determinação dessa partícula, visto que qualquer problema de dispersão ocasionado nesta fração poderia influenciar os resultados nas demais frações do solo, o que não foi observado pelo teste L&O (Figuras 2a, b, c). Além disso, como os teores de argila e silte, considerados menos

Figura 2. Correlação entre os teores de areia (a), argila (b) e silte (c) de quatro Latossolos amarelos da região do Pará obtidos a partir de análise granulométrica pelo método da pipeta e do densímetro, utilizando o NaOH como dispersante químico.

Figure 2. Correlation between the sand (a), clay (b) and silt (c) content of four Oxisols of Pará obtained from particle size analysis by the pipette and hydrometer method using NaOH as a chemical dispersant.

Tabela 4. Classificação textural do solo na camada de 0-20 cm de profundidade dos Latossolos amarelos coletados na região do Pará, baseada no sistema norte-americano de classificação do tamanho das partículas, adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Table 4. Soil textural classification at 0-20 cm depth of the collected yellow Oxisols in Pará based on the North American system of particle size classification adopted by the Brazilian Society of Soil Science.

Id	Município	Métodos	
		NaOH _{pip.}	NaOH _{dens.}
LA1	Tracuateua	Arenoso	Arenoso
LA2	Igarapé-Açu	Franco-arenosa	Franco-arenosa
LA3	Belém	Argilo-arenosa	Argilo-arenosa
LA4	Paragominas	Muito-argilosa	Muito-argilosa

NaOH_{pip.}: Método da pipeta com NaOH; NaOH_{dens.}: Método do densímetro com NaOH.

suscetíveis, foram considerados iguais na comparação entre os métodos, concluiu-se que os métodos tiveram eficiência semelhante também para quantificação da fração areia. Essa observação está baseada na menor superfície específica da partícula de areia em relação às partículas de argila e silte (Jury & Horton, 2004). Dessa forma, pode-se afirmar que o método do densímetro foi tão eficiente quanto o método da pipeta na determinação das partículas do solo.

4 Conclusões

A utilização do hexametáfosfato de sódio como agente de dispersão química na análise granulométrica não é recomendada para solos do Estado do Pará por não proporcionar a quebra por completo dos microagregados de argila, superestimando os valores de silte. O uso do NaOH como agente dispersante foi mais eficiente, sendo portanto o mais indicado. O método do densímetro com uso de NaOH e o da pipeta podem ser utilizados na análise granulométrica. Por sua praticidade, o método do densímetro com uso de NaOH como dispersante é o mais recomendado, principalmente para atender à elevada procura por análise textural nos laboratórios da região.

Referências

- ALMEIDA, B. *Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo*. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- BIRANI, S. M. *Teores de metais disponíveis e atributos químicos em solos do Estado do Pará*. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 377-382.
- 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 Agrônomo de Campinas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77 p.
- CUNHA, J. C.; FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; ALVAREZ V., V. H. Comparação de dispersantes químicos na análise granulométrica de solos do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 18, n. 8, p. 783-789, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p783-789>.
- DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; ALVAREZ V., V. H.; KER, J. C.; FONTES, M. P. F. Fósforo remanescente em argila e silte retirados de Latossolos após pré-tratamentos na análise textural. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 32, n. 4, p. 1785-1791, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000400043>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2011. 230 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará*. 1. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2010. 252 p.
- FERREIRA, M. M. Caracterização física do solo. In: VAN LIER, Q. J. (Ed.). *Física do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-27.
- GEE, G. W.; BAUDER, J. W. Particle size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 383-411.
- GRAYBILL, F. A. *Theory and application of the linear model*. 2. ed. Califórnia: Duxbury, 2000. 704p.
- JORGE, J. A.; PAULA, J. L. P.; MENK, J. R. F. Comparação de dois métodos de análise granulométrica de solos utilizados pelo SNLCS/ EMBRAPA e IAC. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 20, n. 7, p. 865-871, 1985.
- JURY, W. A.; HORTON, R. *Soil Physics*. 6. ed. New Jersey: Hoboken, 2004.
- KLEIN, V. A.; MADALOSSO, T.; REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; VEIGA, M.; ALBUQUERQUE, J. A.; PAULETTO, E. A. Metodologias de controle de qualidade de análises granulométricas do solo. *Ciência Rural*, v. 43, n. 5, p. 850-853, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013000500015>.
- LEITE, H. G.; OLIVEIRA, F. H. T. Statistical procedure to test identity between analytical methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 33, n. 7-8, p. 1105-1118, 2002.
- MAURI, J.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; KER, J. C.; REZENDE, L. M. R. Dispersantes químicos na análise granulométrica de Latossolos. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, v. 35, n. 4, p. 1277-1284, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000400021>.
- VAN RAIJ, B.; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. *Soil Science Society of America*, v. 36, n. 4, p. 587-593, 1972. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1972.03615995003600040027x>.
- VITORINO, A. C. T.; FERREIRA, M. M.; CURTI, N.; LIMA, J. M.; SILVA, M. L. N.; MOTTA, P. E. F. Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 38, n. 1, p. 133-141, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000100018>.

Contribuição dos autores: Michel Keisuke Sato realizou o experimento e a escrita científica; Rafael Silva Guedes realizou o experimento; Herdjanira Veras de Lima contribuiu com a escrita científica; Antônio Rodrigues Fernandes contribuiu com a escrita científica; Anderson Martins de Souza Braz contribuiu com a escrita científica.

Agradecimentos: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–CAPES pelas bolsas de doutorado concedidas ao primeiro e segundo autores, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq pelas bolsas de produtividade concedidas ao terceiro e quarto autores.

Fonte de financiamento: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior–CAPES e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.