

**ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO GRANULOMÉTRICA DE UM
LATOSSOLO POR DOIS MÉTODOS: DENSÍMETRO E
GRANULÔMETRO A LASER**

**ANALYSIS OF GRANULOMETRIC DETERMINATION OF A
LATOSOL FOR TWO METHODS: DENSIMETER AND LASER
GRANULOMETER**

ALEXANDRE GARCÊS DE ARAUJO

Doutorando PPGA-UFG / Docente e Pesquisador da Universidade Estadual de Goiás /
Engenharia Civil / Laboratório de Solos - Campus de Anápolis (GO)
alexandregarces@gmail.com

EDER CHAVEIRO ALVES

Doutorando PPGA-UFG / Docente e Pesquisador da Universidade Estadual de Goiás /
Engenharia Civil / Laboratório de Solos - Campus de Anápolis (GO)
ederchaveiro@yahoo.com.br

JAQUELINE COSTA DE SOUZA

Discente da Universidade Estadual de Goiás / Engenharia Civil-Campus Anápolis (GO)
jaquelinecosta575@gmail.com

ISABELA LARISSA ALVES SILVA

Discente da Universidade Estadual de Goiás/Engenharia Civil-Campus Anápolis (GO)
isabelarissa027@hotmail.com

VLADIA CORRECHEL

Doutora pela USP / Docente e pesquisadora do PPGA-UFG – Escola de Agronomia
vladiacorrechel@hotmail.com

Resumo: Solos tropicais possuem características típicas que devem ser analisadas para garantir o uso correto do mesmo. A granulometria do solo tropical é um aspecto que pode variar dependendo do grau de intemperismo do solo, propriedades mineralógicas e condições de transporte. Além disso, nota-se a variação da curva granulométrica com a análise granulométrica aplicada. Neste estudo será comparado o ensaio de sedimentação, adotado pela norma brasileira, e o ensaio do granulômetro a laser, aplicado em um solo tropical. Os resultados apresentam a análise granulométrica pelos dois métodos, em três profundidades distintas, mostrando assim, a influência do grau de intemperismo do solo e a presença de macro estrutura, e ainda, a caracterização do solo analisado. Dessa forma, o estudo conclui que a composição granulométrica é influenciada pelo grau de intemperismo, bem como pode verificar-se que o uso do granulômetro a laser causa uma desagregação do solo de forma diferente ao ensaio convencional.

Palavras-chave: Curva granulométrica; Solo Tropical; Granulômetro a laser; Sedimentação.

Abstract: Tropical soils have typical characteristics that should be analysed to ensure the correct use of the same. The granulometry of tropical soil is an aspect that can vary depending on the degree of soil weathering, mineralogical properties and transport conditions. In addition, notice the variation of the granulometric curve with a particle size analysis applied. In this study, will be compared the sedimentation test, adopted by the Brazilian standard, and the laser granulometer test, applied in a tropical soil. The results presented the granulometric analysis of the two methods, in three distinct depths, thus showing, an influence of the degree of soil weathering and a presence of macro structure, as well as a characterization of the analyzed soil. Thus, the study concludes that the granulometric composition is influenced by the degree of weathering, and it can be verified that the use of the laser granulometer causes soil disaggregation differently from the conventional test.

Keywords: Granulometric Curve; Tropical Soil; Laser Granulometer; Sedimentation.

1. INTRODUÇÃO

Em Goiás, os solos predominantes são os solos tropicais. Estes solos, na sua maioria, são marcados por um forte processo de intemperização e possuem agregações, tendo como composição majoritária óxido e hidróxido de ferro e alumínio. Um aspecto fundamental no estudo dos solos é a granulometria, que é a quantificação da distribuição do tamanho das partículas em fase sólida dos solos e suas respectivas porcentagens.

Segundo Carvalho et al. (2004), a qualidade física do solo pode ser avaliada por meio de indicadores relacionados à forma (densidade e a porosidade do solo), ou ainda pela estabilidade estrutural (estabilidade de agregados), onde o principal indicador físico desta qualidade concentra-se na textura ou granulometria do solo, composta pelas frações de areia, silte e argila.

A textura dos solos é um dos atributos importantes para caracterizá-los, já que influenciam muitas das suas propriedades do solo: porosidade, permeabilidade, capacidade de troca, retenção de água, vulnerabilidade a processos erosivos, etc (BONIFÁCIO et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2009; VAZ et al., 1996).

Num solo, geralmente convivem partículas de tamanhos diversos. Nem sempre é fácil identificar as partículas porque grãos de areia, por exemplo, podem estar envoltos por uma grande quantidade de partículas argilosas, finíssimas, apresentando o mesmo aspecto de uma aglomeração formada exclusivamente por estas partículas argilosas.

Quando secas, as duas formações são dificilmente diferenciáveis. Quando úmidas, entretanto, a aglomeração de partículas argilosas se transforma em uma pasta fina, enquanto que a partícula arenosa revestida é facilmente reconhecida pelo tato. Portanto, numa tentativa de identificação tátil-visual dos grãos de um solo, é fundamental que ele se encontre bastante úmido.

Entre os métodos de análise granulométrica, temos: Método do densímetro (NBR 7181 - ABNT, 1984), Método da Pipeta e Granulômetro a Laser.

Tradicionalmente, a avaliação da composição granulométrica de um solo requer, em geral, a utilização conjugada das seguintes técnicas experimentais (VALÉRIO et al., 2013): (i) peneiração, em que se procede à separação mecânica, através de peneiras, das partículas do solo de maiores dimensões (superiores a 0,074 mm); (ii) sedimentação, em que através do estudo do processo de sedimentação das partículas mais finas do solo em suspensão, se estabelece a sua dimensão de forma indireta, utilizando a lei de Stokes.

No processo de separação das partículas do solo em classes granulométricas, realizado através da dispersão da parte sólida do solo em meio líquido por meio de agitação mecânica, o tempo de agitação pode ter grande influência na dispersão das partículas e, conseqüentemente, na composição granulométrica (MENEZES et al., 2010). Além desse, o tipo do defloculante

influencia radicalmente o formato da curva granulométrica (CUNHA et al., 2014).

Diversos autores vêm estudando nos últimos 30 anos a variação dos parâmetros do método da sedimentação, além de compará-los com outros métodos (JORGE et al., 1985; VAZ et al., 1996; MANSO, 1999; ALEXANDRE et al., 2001; NORAMBUENA et al., 2002; RODRIGUES et al., 2009; MENEZES et al., 2010; BONIFÁCIO et al., 2010; VALÉRIO et al., 2013; CUNHA et al., 2014).

Segundo Manso (1999), o ensaio de sedimentação, obtido pela NBR 7181 (ABNT, 1984), tem as seguintes limitações: o método assume que as partículas do solo são esféricas, tem densidade real similar (G_s), são separadas em diferentes frações uma das outras e não se interagem durante o processo de sedimentação. Ao assumir tais condições é preciso ter em consideração que nem sempre as mesmas são verificadas e isso limita a aplicação do princípio de análise de tamanho de partículas por sedimentação; os solos naturais consistem em partículas com diferentes minerais, diferentes valores de G_s , e muitas delas tendem a se subdividirem em fragmentos ainda menores. Nesse caso, a velocidade e o tamanho da partícula não devem ser descritos pelo uso de um valor médio de G_s ; partículas em suspensão são usualmente separadas pelo uso de um agente químico o qual cria forças repulsivas entre as mesmas. Todavia, é difícil de impedir que algumas partículas se aglutinem e sedimentem mais rápido do que a partícula individual; e finalmente, o fluxo padrão de sedimentação das partículas, o qual é assumido como sendo do tipo laminar, pode se tornar complicado quando as partículas interagem umas com as outras. Assume-se que esse efeito é limitado quando a concentração de partículas sólidas for menor do que 50 g/L.

Conforme Manso (1999), para ocorrer a deflocação em um certo tipo de argila são importantes os seguintes aspectos tais com pH da argila, tipo de argilomineral, natureza e teor dos cátions trocáveis, teor de sais solúveis e matéria orgânica, granulometria da argila e a concentração do agente defloculante.

De acordo com Mortari e Camapum (1994), a influência do defloculante nos solos de Brasília (Planalto Central) é mais acentuada nas camadas mais superficiais, o que geralmente ocorre até a profundidade de 5 metros. Isso decorre do fato de que em camadas mais profundas, pode-se tomar duas posições face ao problema. A primeira seria considerar a evolução histórica do solo, considerando o fato de que em profundidades maiores o mesmo já se encontra desagregado reduzindo assim a ação do defloculante. A segunda hipótese está intimamente ligada à natureza química do próprio defloculante, no sentido de que para essas camadas mais profundas do solo, a ação do defloculante, no sentido de que para essas camadas mais profundas do solo, a ação do defloculante já não é tão eficaz na medida em que não consegue mais romper as ligações microestruturais existentes. Nesse caso, podemos concluir que a condição de estabilidade das agregações está muito mais na dependência do grau de atividade (Skempton) do que no grau de laterização das camadas do solo (K_i).

Farias et al. (1998) afirma que o desfloculante hemetafosfato de sódio possui rendimento melhor em solos com pH básico ($\text{pH} > 6$).

Uma nova alternativa de análise granulométrica de solos é apresentada por meio do granulômetro a laser, sendo este amplamente usado na indústria de materiais.

O granulômetro permite a determinação da curva granulométrica de forma ágil, dando resultados comparáveis com aqueles da granulometria obtido pela NBR 7181 (ABNT, 1984). Desta forma, pode-se realizar um grande número de ensaios em um curto espaço de tempo. Esta agilidade viabiliza o estudo da granulometria em várias condições de agregação do solo.

O objetivo deste estudo é comparar resultados de análises granulométricas diferentes, pelo método do densímetro e pelo granulômetro a laser, em diferentes condições de dispersão e secagem prévia das amostras de solo tropical.

2. MÉTODOS E EQUIPAMENTOS EMPREGADOS

Neste item é apresentado o local onde foi retirado o solo e as metodologias empregadas para as determinações das curvas granulométricas.

2.1 CARACTERÍSTICAS DA JAZIDA DA AMOSTRA

A jazida do solo estudado no campo experimental se encontra no município de Goiânia. Na porção norte do município ocorrem os granulitos do Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu; na porção centro-sul, xistos da unidade C e, subordinadamente, quartzitos do Grupo Araxá-Sul de Goiás. Ocorrem ainda coberturas aluvionares sobrepostas às unidades anteriormente mencionadas, ao longo do rio Meia Ponte e ribeirão João Leite (MORETON, 1994). As Figuras 1 e 2 mostram a localização do campo experimental.

Foram retirados dois blocos de amostras indeformadas a cada metro de profundidade até a profundidade de 3,00m (Figura 3). O procedimento de retirada dos blocos seguiu as recomendações da NBR 9604/86 (ABNT, 1986). Também foram retiradas amostras deformadas, para os ensaios de caracterização. As amostras foram adequadamente condicionadas imediatamente após a retirada, mantendo assim as condições de campo.

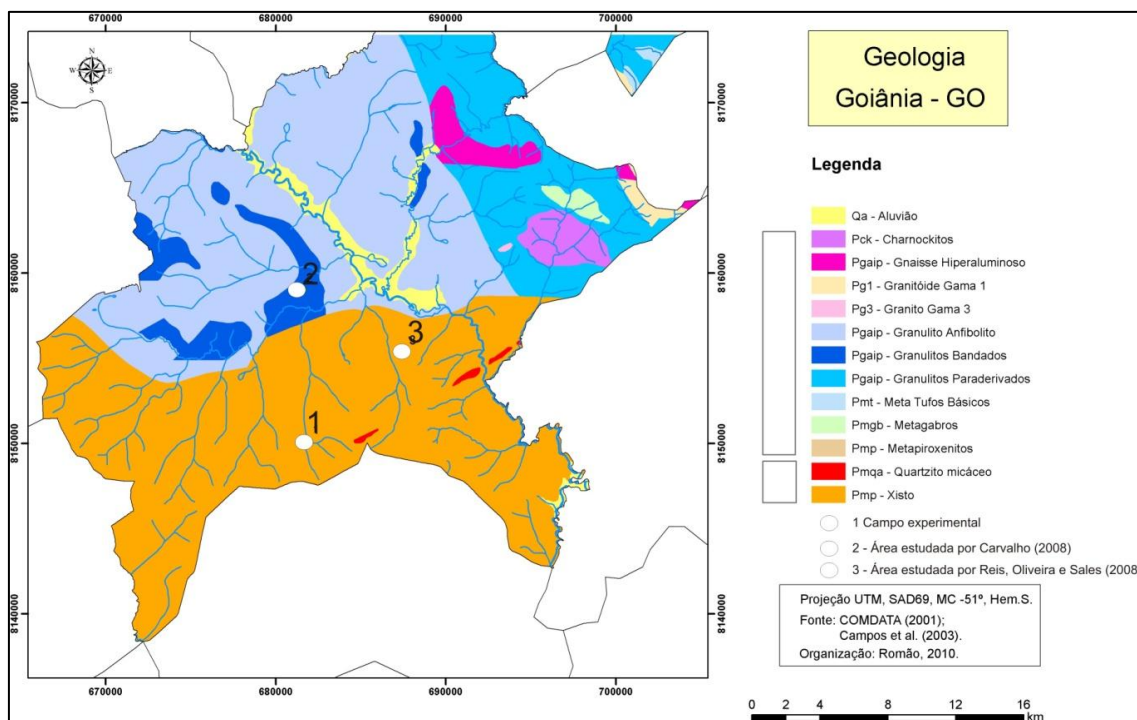


Figura 1 – Mapa Geológico de Goiânia e distribuição das áreas estudadas (COMDATA, 2001; MORETON, 1994).

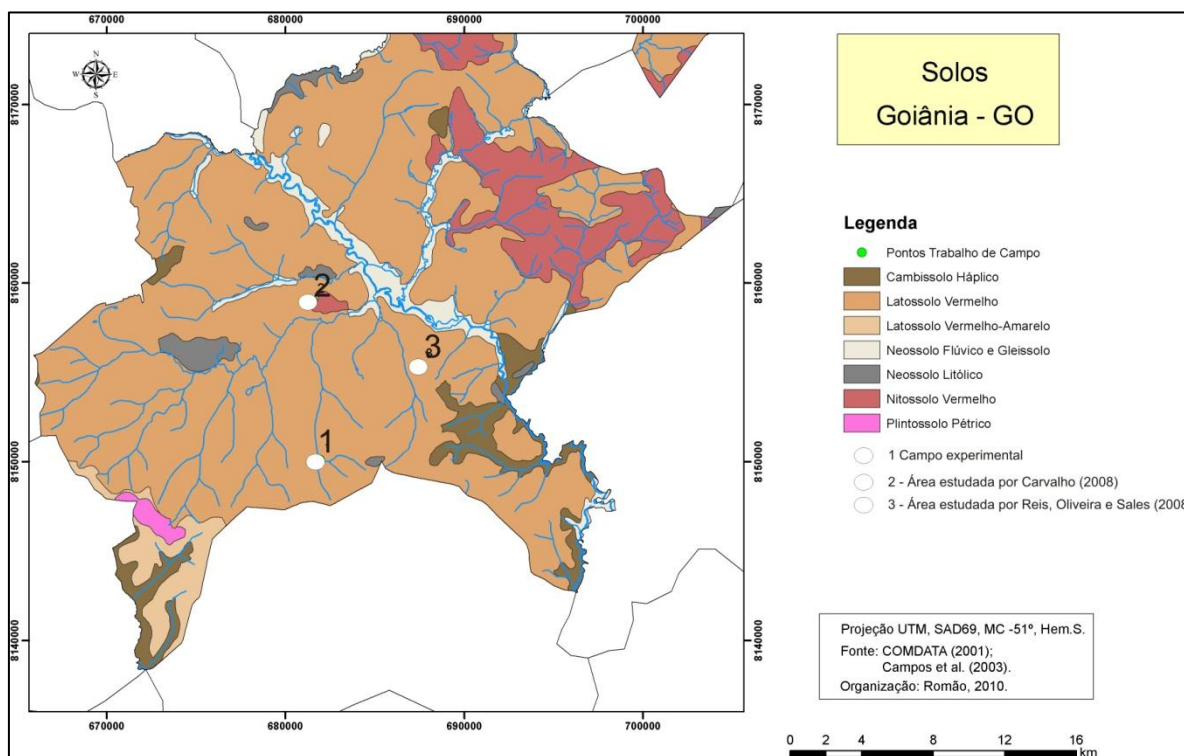


Figura 2 – Mapa de Solos de Goiânia e distribuição das áreas estudadas (COMDATA, 2001; CAMPOS et al, 2003).



Figura 3 – Retirada de amostras de campo. Fonte: Autores, 2017.

As amostras deformadas foram acondicionadas em sacos plásticos e fechadas para evitar perda de umidade. As amostras indeformadas foram parafinadas, envolvidas com tecido e parafinadas novamente, esse procedimento foi feito à medida que a escavação do bloco avançava. Os blocos foram acondicionados em caixas de madeira preenchidas com serragem e folhas de vegetação (capim) para evitar perturbação durante o transporte. No laboratório as amostras foram guardadas em local úmido até a sua utilização.

2.2 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios de caracterização realizados foram os seguintes: granulometria; sedimentação com e sem defloculante; e limites de Atterberg.

As normas de referência utilizadas foram limite de liquidez, NBR 6459/84 (ABNT 1984), limite de plasticidade, NBR 7180/84 (ABNT 1984), peso específico real dos grãos, NBR 6508/84 (ABNT 1984) e análise granulométrica, NBR 7181/84 (ABNT 1984).

A preparação da amostra segue a NBR 6457, já seguindo a NBR 7181/1984 o procedimento começa destorroando a amostra e passando-a na peneira de 2 mm, pegando o material retido e lavando em água corrente e secando em estufa para a determinação do peneiramento grosso. Passando em seguida o solo nas peneiras de 38, 25, 19, 9,5 e 4,8, e pesando os materiais retidos nas respectivas. Do material passante na peneira de 2 mm, separa-se cerca de 100 g para três determinações da umidade higroscópica e 500 g.

O procedimento da sedimentação é iniciado pegando 70 g do material passante na peneira 2 mm e transferindo-o para um béquer de 250 cm³ e adicionando 125 cm³ de solução hexametáfosfato de sódio. Logo após agita o béquer, deixa-o em repouso no mínimo por 12 horas. Transferir o conteúdo do béquer para o copo do dispersor e adicionar água até que seu nível fique 5 cm abaixo da borda do copo, submetendo em seguida a uma dispersão de 15 minutos.

Transfere-se a dispersão para a proveta, com ajuda de água destilada, e tampando a

boca com uma das mãos, realiza movimentos enérgicos de rotação durante 1 minuto. Após a agitação, mergulha-se o densímetro na dispersão e efetue as leituras de densidade para o cálculo dos diâmetros das partículas pela Lei de Stokes.

Além disso, é obtido, com o material passante na peneira 2 mm, a densidade dos grãos. Os resultados finais são apresentados graficamente, dispondo-se na abscissa os diâmetros das partículas, em escala logarítmica, e na ordenada às porcentagens das partículas menores do que os diâmetros considerados, em escala aritmética.

2.3 GRANULÔMETRO A LASER

A análise granulométrica foi complementada com a utilização do granulômetro a laser do Laboratório de Geotecnia da Universidade de Brasília (UnB). O equipamento é composto por três partes: unidade óptica, unidade de preparação da amostra com capacidade máxima de 1000 cm³ e um computador para coleta e processamento dos resultados. A Figura 4 apresenta uma visão geral do equipamento.

Manso (1999) descreve que o aparelho permite a repetitividade, confiabilidade dos resultados e minimiza a descontinuidade gráfica encontrada geralmente na interface entre a fração grossa e a fração fina.



Figura 4 - Granulômetro a laser do Laboratório de Geotecnia da UnB. Fonte: Autores, 2017.

As partículas são direcionadas em suspensão, através de mangueiras, até uma lente que recebe o feixe de laser. Os grãos são captados e se processa o tamanho dos mesmos. O granulômetro mede a granulometria através do espalhamento e absorção da luz que a partícula provoca. Existe ainda a possibilidade de se executar o ensaio com o uso de ultrassom, que desagrega as partículas aglomeradas por ligações cimentíceas ou por outro mecanismo de ligação.

Além da precisão, a grande vantagem de se utilizar esse ensaio é a rapidez com que ele é executado. Um ensaio demora cerca de 1 minuto para amostras sem defloculante e 4 minutos para ensaios com defloculante. Com isso, torna-se conveniente a utilização de vários métodos de preparação da amostra.

Para esta pesquisa, foi utilizado o modo de preparação sugerida por Borges et al (2009): secagem prévia (ws), sem secagem prévia (wn) e seca em estufa (we). Cada modo de preparação foi ensaiado com defloculante (cd), sem defloculante (sd), com ultrassom (cu) e sem ultrassom (su), para cada profundidade, totalizando 36 ensaios. As várias combinações de preparação são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Modos de preparação da amostra para ensaio no granulômetro (segundo sugerido por BORGES et al, 2009)

		Profundidade								
		1,00 m			2,00 m			3,00 m		
		ws	wn	we	ws	wn	we	ws	wn	we
Preparação das amostras	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu	sdsu
	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu	sdcu
	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu	cdsu
	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu	cdcu

Organização: Autores, 2017.

Para análise no granulômetro utiliza-se o solo que passa na peneira n.º 40 (0,42 mm de abertura). Na preparação com defloculante foram utilizados 3 g de solo imersos em 18 ml de hexametáfosfato de sódio por um período superior a 12 horas e posteriormente agitado por 15 minutos no dispersor.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentados os resultados da caracterização do solo e das análises granulométricas por meio dos métodos de densímetro e granulômetro a laser, com as variações de condições de dispersão e secagem das amostras de solo.

A obtenção do maior número possível de propriedades do solo possibilita, dentre outros, uma caracterização mais detalhada do solo estudado e maior quantidade de parâmetros

para desenvolvimento de um modelo físico ou numérico. Os resultados dos ensaios são apresentados e discutidos nos próximos itens.

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Os ensaios de caracterização realizados nos solos amostrados foram os seguintes: peso específico natural seco e úmido, peso específico dos grãos, teor de umidade, grau de saturação, e análise granulométrica.

Os índices físicos determinados estão apresentados na Tabela 2. Os resultados mostram a uniformidade do perfil, não existindo variações significativas ao longo da profundidade analisada. O alto valor do índice de vazios e da porosidade é típico de um solo tropical com grau de intemperismo elevado.

A classificação baseada nos limites de consistência, utilizando a carta de plasticidade de Casagrande, indica que o solo é uma argila de média plasticidade.

Tabela 2 – Índices físicos do solo estudado.

Profundidade (m)	γ_n (kN/m ³)	γ_s (kN/m ³)	e	n	w _L (%)	w _P (%)	IP
1,00	16,57	27,14	1,70	0,63	34	23	10
2,00	16,32	27,37	1,54	0,61	34	24	10
3,00	17,15	27,13	1,77	0,64	38	25	14

Em que: γ_n – Peso Específico Natural do Solo; γ_s – Peso Específico Real dos Grãos; e – Índice de Vazios; n – Porosidade; w_L – Limite de Liquidez; w_P – Limite de Plasticidade e IP – Índice de Plasticidade. Organização: Autores, 2017.

3.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA PELA NBR 7181

Os ensaios de granulometria realizados com e sem a utilização de defloculante (Hexametáfosfato), resultaram nas curvas granulométricas apresentadas na Figura 5. Na figura estão plotadas as curvas granulométricas das três profundidades estudadas (1,00m, 2,00m e 3,00m). A uniformidade do perfil também pode ser verificada nas curvas granulométricas mostradas.

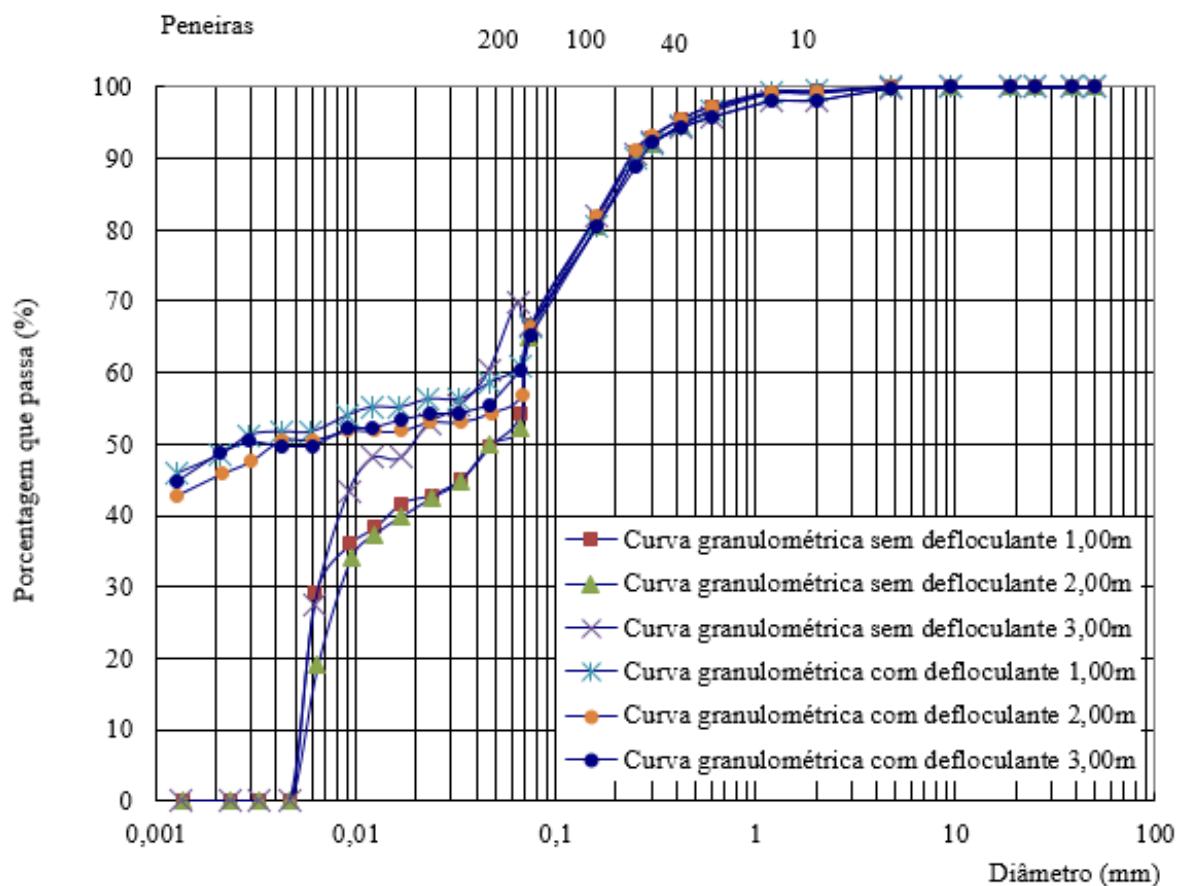


Figura 5 – Curvas granulométricas, com e sem defloculante.
Organização: Autores, 2017.

O grau de intemperismo do solo influencia diretamente na sua estrutura. Agentes cimentantes que agregam as partículas do solo alteram seu comportamento com o surgimento de uma macroestrutura, sendo esta alteração observada na sua composição granulométrica. A granulometria sem a utilização de defloculante mostrou um solo sem qualquer quantidade de argila e classificado como silte arenoso. Com a utilização de defloculante, as cimentações foram desfeitas, com o solo apresentando quase 50% de argila e a curva granulométrica se apresentou bimodal.

A realização de ensaios sem defloculante é importante para representar o estado do solo em campo. Na Tabela 3 está apresentado o resumo da análise granulométrica, de acordo com as faixas granulométricas propostas pela NBR 6502/95 (ABNT, 1995), para todas as profundidades.

Tabela 3 – Classificação segundo NBR 6502/95.

Profundidade	1,00m	1,00m	2,00m	2,00m	3,00m	3,00m
	SD	CD	SD	CD	SD	CD
Pedregulho (%)	0,57	0,57	0,79	0,79	1,83	1,83
Areia Grossa (%)	2,13	2,69	2,67	1,99	2,32	2,32
Areia Média (%)	11,57	12,03	11,85	11,12	10,12	11,69
Areia Fina (%)	32,94	24,00	33,14	30,08	18,12	25,40
Silte (%)	52,79	11,91	51,54	10,54	67,61	10,34
Argila (%)	0,00	48,27	0,00	45,47	0,00	48,41

SD – sem defloculante. CD – com defloculante.

Organização: Autores, 2017.

3.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA EMPREGANDO GRANULÔMETRO A LASER

Na Figura 6, Figura 7 e Figura 8 estão apresentadas as curvas granulométricas obtidas no granulômetro para as profundidades de 1,00m, 2,00m e 3,00m, respectivamente. Estão plotados todos os métodos de preparação da amostra.

Na análise granulométrica utilizando o granulômetro, também foi verificada presença de macroestrutura. Para tentativa de desagregação da macroestrutura, além da utilização de defloculante, também foram realizados ensaios com a utilização de ultrassom, recurso existente no equipamento utilizado. Percebeu-se que com a utilização de ultrassom sem defloculante ou defloculante sem ultrassom, a desagregação foi inferior à desagregação obtida na análise granulométrica convencional com o uso de defloculante.

Dentre todos os métodos de preparação da amostra, a análise realizada com umidade natural (wn), com defloculante (cd) e com ultrassom (cu), que é o método utilizado no granulômetro que mais desagrega as partículas, a quantidade de argila ficou próxima aos 50% conforme o ensaio de granulometria convencional utilizando o defloculante.

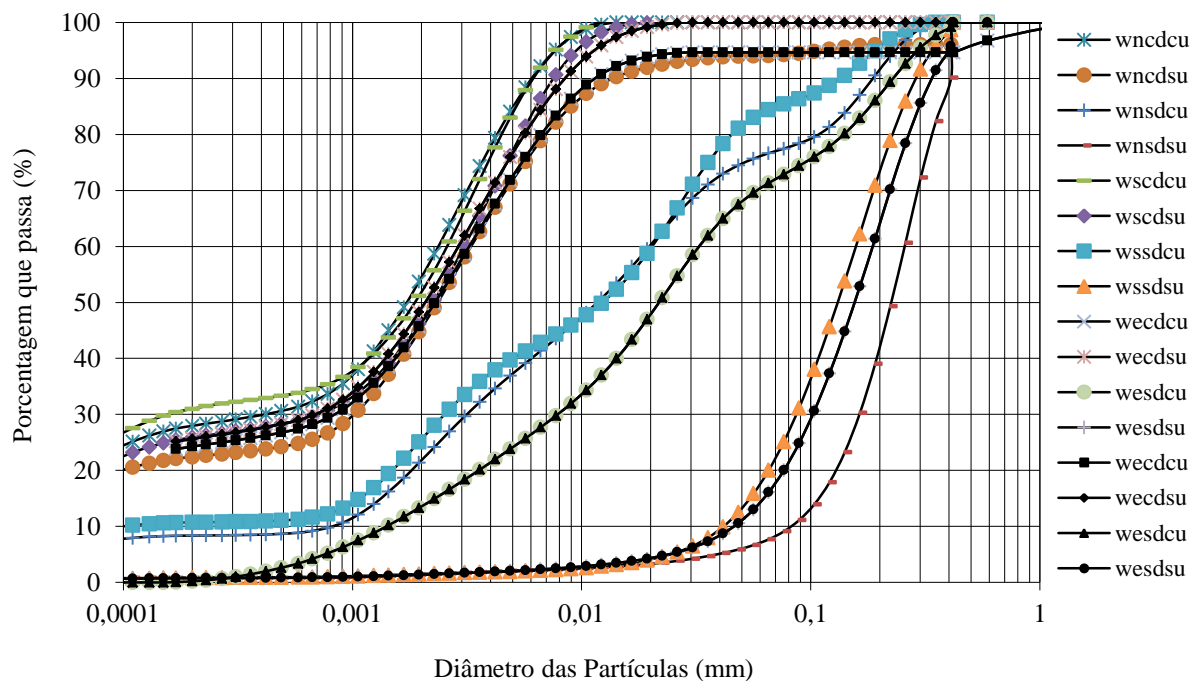


Figura 6 – Curva granulométrica (granulometro) profundidade de 1,00m.
Organização: Autores, 2017.

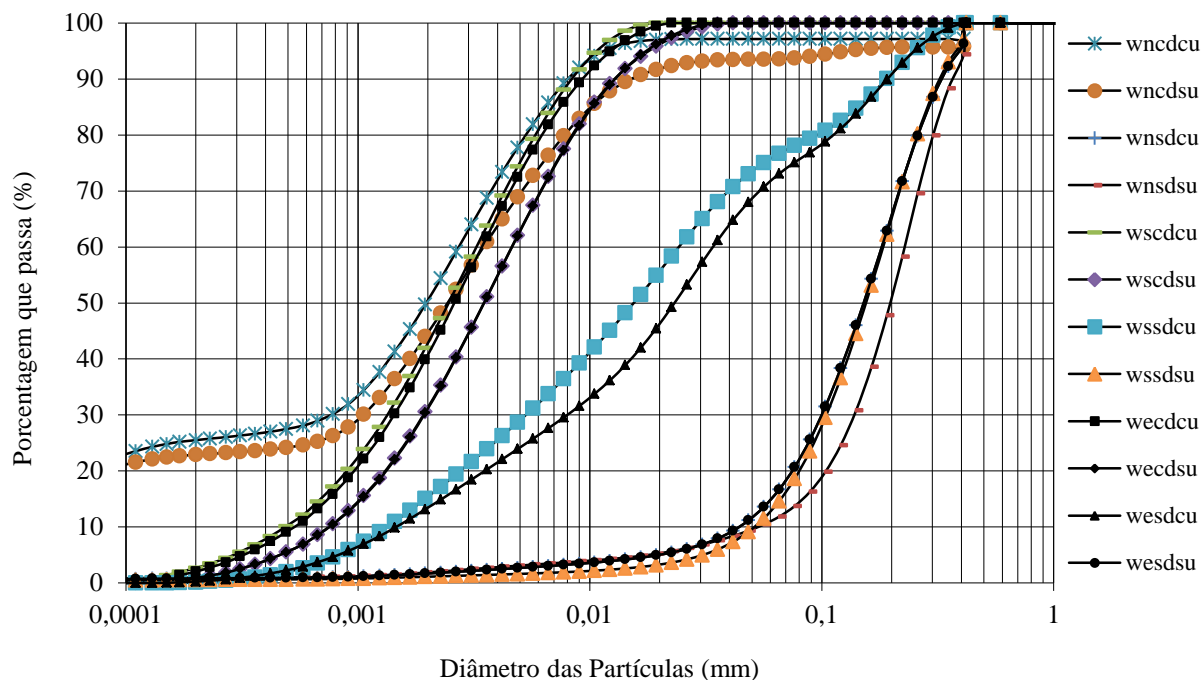


Figura 7 – Curva granulométrica (granulometro) profundidade de 2,00m.
Organização: Autores, 2017.

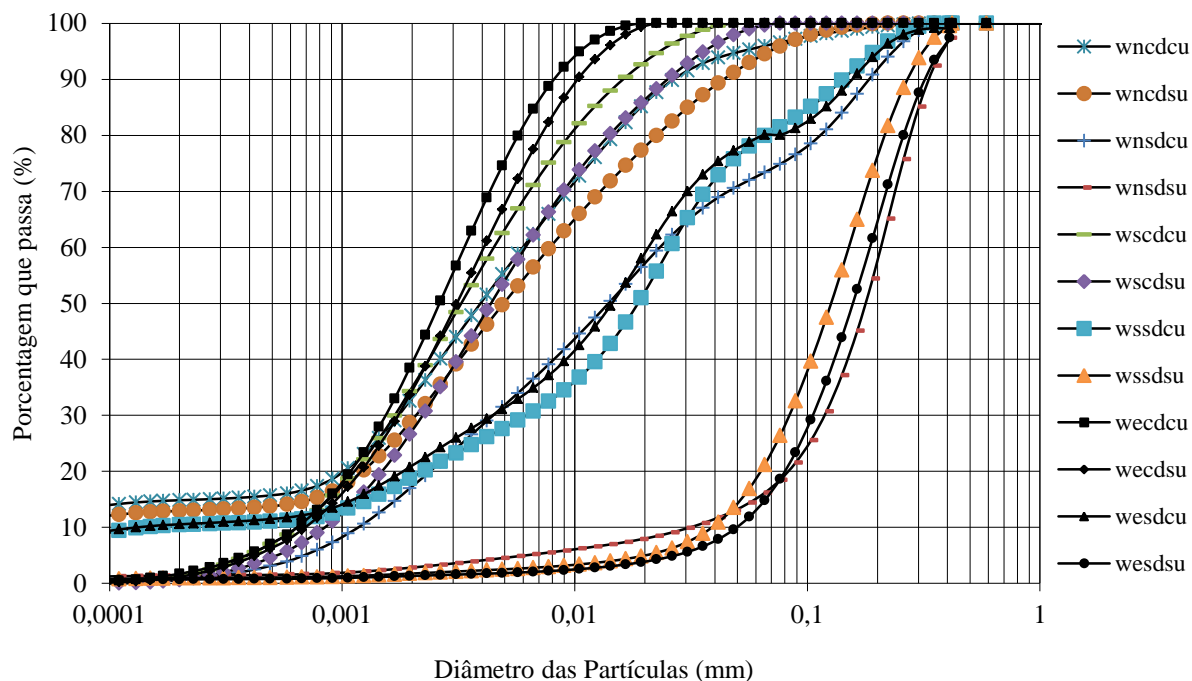


Figura 8 – Curva granulométrica (granulometro) profundidade de 3,00m.
Organização: Autores, 2017.

Os resultados das análises foram resumidos na Tabela 4, classificando o tamanho de grãos de acordo com a NBR 6502/95.

Tabela 4 – Classificação segundo NBR 6502/95.

Secagem	Defloculante Ultrassom	Prof. (m)	Pedregulho (%)	Argila (%)	Silte (%)	Areia fina (%)	Areia média (%)	Areia grossa (%)
WN	cdcu	1,00	0,2	50,4	47,8	0,0	0,8	0,9
	cdsu		0,2	42,1	50,2	1,9	4,7	0,9
	sdcu		0,2	20,7	53,9	15,2	9,1	0,9
	sdsu		0,2	1,3	5,7	34,3	57,7	0,9
WS	cdcu	1,00	0,2	47,8	50,3	0,0	0,8	0,9
	cdsu		0,2	43,3	54,9	0,0	0,8	0,9
	sdcu		0,2	24,1	58,0	11,7	5,2	0,9
	sdsu		0,2	1,4	15,9	54,7	27,1	0,9
WE	cdcu	1,00	0,2	43,9	51,5	0,0	1,9	2,1
	cdsu		0,2	45,2	53,0	0,0	0,8	0,9
	sdcu		0,2	12,8	56,2	16,4	13,5	0,9
	sdsu		0,2	1,3	12,7	48,8	36,2	0,9
WN	cdcu	2,00	0,2	46,8	48,8	0,0	3,5	0,7

	cdsu		0,2	41,4	50,6	2,1	5,0	0,7
	sdcu		0,2	1,6	13,0	49,8	34,6	0,7
	sdsu		0,2	1,8	9,1	39,2	49,1	0,7
WS	cdcu	2,00	0,2	40,6	57,7	0,0	0,7	0,7
	cdsu		0,2	30,4	68,0	0,0	0,7	0,7
	sdcu		0,2	14,8	59,7	15,0	9,6	0,7
	sdsu		0,2	1,0	11,5	51,3	35,1	0,7
WE	cdcu	2,00	0,2	38,9	59,5	0,0	0,7	0,7
	cdsu		0,2	30,2	68,1	0,0	0,7	0,7
	sdcu		0,2	12,8	57,7	18,8	9,8	0,7
	sdsu		0,2	1,6	13,0	49,8	34,6	0,7
WN	cdcu	3,00	0,4	26,8	62,0	3,7	6,1	0,9
	cdsu		0,4	27,5	64,3	6,2	0,7	0,9
	sdcu		0,4	16,5	54,6	18,8	8,7	0,9
	sdsu		0,4	2,6	12,2	41,6	42,3	0,9
WS	cdcu	3,00	0,4	33,3	64,7	0,0	0,6	0,9
	cdsu		0,4	26,3	70,9	0,7	0,6	0,9
	sdcu		0,4	17,3	59,9	16,2	5,2	0,9
	sdsu		0,4	1,6	16,7	56,4	23,8	1,1
WE	cdcu	3,00	0,4	38,0	60,0	0,0	0,6	0,9
	cdsu		0,4	33,2	64,8	0,0	0,6	0,9
	sdcu		0,4	19,3	58,5	15,0	5,9	0,9
	sdsu		0,4	1,2	11,6	50,3	35,5	0,9

Organização: Autores, 2017.

4. CONCLUSÃO

O alto índice de vazios é típico de um solo tropical com intenso grau de intemperismo e presença de agentes cimentantes que agregam as partículas alterando a estrutura do solo com o surgimento de macro estrutura porosa. Na comparação da análise granulométrica convencional com e sem defloculante a presença da macro estrutura foi observada por meio do resultado que inicialmente não apresentou qualquer quantidade de argila e em seguida com a utilização de defloculante grande parte das cimentações foram desfeitas e a quantidade de argila apresentada foi de pouco mais de 50%.

Foi verificada a presença de macro estrutura também no ensaio utilizando o granulômetro a laser. Com a amostra na umidade natural, utilização de defloculante e utilização de ultrassom que é o método que mais desagrega as partículas, a quantidade de argila ficou

próxima aos 50% conforme o ensaio convencional. Assim, a utilização do granulômetro mostrou-se eficiente comparando os resultados com o ensaio convencional. Algumas vantagens em se utilizar este equipamento é o tempo de ensaio, de 1 a 4 min, a suavização da curva granulométrica e a possibilidade de realizar maior quantidade de ensaio devido à facilidade da utilização do equipamento.

5. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização. Rio de Janeiro, RJ, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro, RJ, 1995.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Solo, Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Limite de plasticidade, Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo - Análise Granulométrica, Rio de Janeiro, 1984.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9604**: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas, Rio de Janeiro, 1986.

ALEXANDRE, C.; SILVA, J.R.M.; FERREIRA, A.G. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raios X vs Método da pipeta. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. XXIV, n. 3, p.73-81, 2001.

BONIFÁCIO, C.M.; NÓBREGA, M.T.; SILVEIRA, H. Análise comparativa de técnicas de determinação granulométrica aplicadas ao estudo de um sistema pedológico no município de Tamboara-PR. In: **II SIMPÓSIO PARANAENSE DE ESTUDOS CLIMÁTICOS E XIX SEMANA DE GEOGRAFIA**, 2010. p.488-500.

BORGES, C. R.; GITIRANA JR, G. F. N.; VARGAS, C. A. L.; GUIMARÃES, R. C. Estudo de um perfil de solo tropical de Aparecida de Goiânia. In: **I SIMPÓSIO DE PRÁTICA DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA DA REGIÃO CENTRO-OESTE**, 2009, Goiânia-GO.

CARVALHO, R; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.39, n.11, p.1153-1155, nov. 2004.

COMDATA – Cia de Processamento de Dados do Município de Goiânia. MUBDG – **Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia**. CD-RO Profissional Versão 13 – Parte integrante do SIGGO V13. Prefeitura de Goiânia. 2001.

CUNHA, J.C.; FREIRE, M.B.G.; RUIZ, H.A.; FERNANDES, R.B.A.; ALVAREZ, V.H.V. Comparação de dispersantes químicos na análise granulométrica de solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, 2014. p.783-789.

FARIAS, W. M.; CARDOSO, F. B. F.; MARTINS, E. S.; GASPAR, J. C. Estudos sobre Métodos de Defloculação em Solos Profundamente Intemperizados. In: **XI CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA**, 1998, Brasília-DF. p. 887-894.

JORGE, J.A.; PAULA, J.L.; MENK, J.R.F. Comparação de dois métodos de análise granulométrica de solos utilizados pelo SNLCS/EMBRAPA e IAC. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p.865-87, jul. 1985.

MANSO, E. A. **Análise Granulométrica dos Solos de Brasília pelo Granulômetro a Laser**. 1999. 113p. Dissertação de mestrado, Publicação G. DM-061^a/99, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1999.

MENEZES, M.M.M.; VIANA, J.H.; COSTA, A.M.; NETO, M.M.G.; CHAGAS, P.G. Avaliação da composição granulométrica de diferentes solos do Cerrado submetidos a diferentes tempos de agitação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, p.01-03, jun. 2010.

MORETON, L.C. Estratigrafia. Moreton, L.C. (org.) **Programa de levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Goiânia – Folha SE.22-X-B-IV**. Estado de Goiás. DNPM/CPRM, Brasília, DF, 1994, 124 p.

MORTARI, D.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. Influência do Perfil de Umidade na Instabilidade de Encostas de Boçorocas no Distrito Federal. In: **X CIBRAMSEF**, 1994, Foz do Iguaçu – PR, AMBS, v.3. p. 881-888.

NORAMBUENA, P.V.; LUZIO, W.L.; VERA, W.E. Comparación entre los métodos de la pipeta y bouyoucos y su relación com la retención de agua en ocho suelos de la zona altiplánica de la provincia de Parinacota, Chile. **Agricultura Técnica**, Chillánene, v.62, n.1, p.1-7, 2002.

OLIVEIRA, L.A.; GONÇALVES, R.M.; MARTINS, F.P. Constraste de condutividade hidráulica em solos de texturas arenosa e argilosa encontrados nos tributários da margem esquerda do rio Tijuco, Município de Itiuiutaba, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.11, n.33, març. 2010. p.230-243.

RODRIGUES, W.S.; LACERDA, N.B.; OLIVEIRA, T.S. Análise granulométrica em solos de diferentes classes por agitação horizontal. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.40, n.4, dez. 2009. p.474-485.

VALÉRIO, B.S.B.; SILVA, M.J.B.; PASSOS, M.S.; BOCALON, H.; ALVES, A.M.L.; FONTOURA, J.A.S. Comparação entre diferentes métodos para determinação da porcentagem de argila em sedimentos marinhos finos. **12a Mostra de Produção Universitária**, Rio Grande-RS, 2013.

VAZ, C.M.P.; NAIME, J.M.; SILVA, A.M. Analisador granulométrico de solos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, n.5, out. 1996. p.1153-1155.