

ANÁLISE MECÂNICA EM SOLOS DA ZONA SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE. SOLOS: NORMAIS, CALCÁRIOS, CALCÁRIOS COM SAIS SOLÚVEIS E SALINOS¹

LUIZ BEZERRA DE OLIVEIRA²

Sumário

O presente trabalho estuda a dispersão da fração argila (fração menor que 2 micra), em amostras de solo da Zona Semi-árida do Nordeste.

Foram utilizados o hidróxido de sódio e o hexametáfosfato de sódio como dispersante e o método da pipeta com utilização do Cilindro de Koettinge e Koettinge modificado.

Foram estudadas 33 amostras de solo, assim distribuídas:

10 amostras de solos normais (sem sais solúveis e sem carbonatos);

16 amostras de solo calcário;

04 amostras de solo calcário com sais solúveis;

03 amostras de solo salino.

Foram empregados os seguintes tratamentos:

Trat. 1: Sem tratamento.

Trat. 2: Com tratamento prévio da amostra pelo HCl a 10%.

Trat. 3: Com lavagem prévia da amostra pelo álcool etílico a 60%.

Trat. 4: Com lavagem prévia da amostra com água destilada.

Os tratamentos foram feitos de acordo com a natureza do solo.

Considerando os resultados obtidos com os dois dispersantes, para cada grupo de amostras e, levando-se em conta:

a) os tratamentos indicados;

b) as classes texturais das amostras (fornecidas pelos técnicos da Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura);

c) os maiores valores encontrados para a fração argila.

São apresentadas várias conclusões, destacando-se entre elas as seguintes:

I. Para solos normais (não calcários, não salinos e não alcalinos): é indiferente o emprego do NaOH ou do HEXA.

II. Para solos calcários: o NaOH (*Trat. 2*) apresentou melhores resultados em todas as amostras. O HEXA (*Trat. 1*) apresentou resultados concordantes com a textura de campo, com exceção de uma amostra, mas com valores mais baixos para a argila, em relação ao NaOH (*Trat. 2*).

III. Para solos calcários com sais solúveis: o NaOH (*Trat. 2*) foi o mais eficiente para as amostras estudadas. O HEXA com os *Trat. 3* e *4* foi também eficiente.

IV. Para solos salinos: em amostras com teores de sais solúveis baixos é indiferente o uso dos dois dispersantes com os *Trat. 1, 3* e *4*. Em amostras com elevados teores de sais solúveis o HEXA é o indicado, com os *Trat. 3* ou *4*. O NaOH não deve ser empregado no *Trat. 1*.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho estuda a dispersão total da argila (fração menor que 2 micra), em amostras de solos: normais, calcários, calcários com sais solúveis e salinos, provenientes da região semi-árida do Nordeste brasileiro.

Foram utilizados: o hidróxido de sódio e o hexametáfosfato de sódio como agentes de dispersão, o

método da pipeta com emprego do Cilindro de Koettinge, modificado (Oliveira 1966) e 4 tratamentos, conforme são descritos abaixo:

Trat. 1. Sem tratamento;

Trat. 2. Com tratamento prévio da amostra pelo HCl 10% (eliminação dos carbonatos);

Trat. 3. Lavagem prévia da amostra com álcool etílico 60%;

Trat. 4. Lavagem prévia da amostra com água destilada.

A precisão do método da pipeta na análise mecânica do solo depende do modo como a fração argi-

¹ Boletim Técnico n.º 1 (nova série) do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Nordeste (IPEANE).

² Químico, especializado em solos, encarregado do Setor de Física da Seção de Solos do IPEANE, Recife, PE., e bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

la é dispersada. A experiência tem demonstrado que nenhum método de análise mecânica é empregado eficientemente para todos os tipos de solo. Por exemplo, uma mesma técnica e um determinado dispersante pode dar resultados precisos para um grande número de amostras de solos, como é o caso do hidróxido de sódio e a maioria dos solos da zona úmida do Nordeste, mas pode conduzir a resultados imprecisos quando surgem amostras de solo: orgânico, latossólico, calcário, gipsífero ou salino.

Este fato foi constatado por nós quando da análise de algumas centenas de amostras de solo, procedentes das diversas zonas fisiográficas do Nordeste.

A uniformização de técnicas e o uso de um dispersante que tenha um poder de dispersão elevado, vem sendo estudado por muitos pesquisadores na tentativa de estabelecer um processo único para a análise mecânica do solo pelo método da pipeta.

Segundo trabalhos de Tyner (1963), do Laboratório de Salinidade de Riverside-Califórnia (U.S. Salinity Laboratory Staff 1954), o uso do hexametáfosfato de sódio, como dispersante é considerado satisfatório³ para diferentes tipos de solos tais como: calcários, podsolizados e salinos dos Estados Unidos, segundo Tyner (1963), apenas um solo com 3,3% de sulfato de cálcio e 12,8% de carbonato de cálcio, o hexametáfosfato de sódio não proporcionou uma boa dispersão.

Com o aparecimento de amostras calcárias para analisar, passamos a realizar a dispersão total dessas amostras após eliminação dos carbonatos por meio de uma solução de ácido clorídrico a 10%, antes de adicionar o hidróxido de sódio. Os resultados foram concordantes com a textura de campo e os teores de argila foram sempre mais elevados em relação as mesmas amostras analisadas, sem tratamento.

Verificando a literatura sobre o assunto vimos, como já foi anteriormente citado, que o hexametáfosfato de sódio era empregado com ótimos resultados para a dispersão de solos *calcários* e *salinos*. Resolvemos então adotar o método de Riverside (Handbook (60) (Tyner 1963) com pequenas modificações e comparar os resultados obtidos com os do hidróxido de sódio, com e sem tratamento prévio de amostras pelo HCl a 10%.

Paralelamente a esse estudo resolvemos escolher algumas amostras de solos: *normais*, *calcários com sais solúveis* e *salinos* e aplicar os dois dispersantes

³ Consideramos resultado satisfatório aquele obtido para a fração argila (maior resultado) e que seja concordante com a classificação textural de campo.

com os tratamentos indicados em função da natureza da amostra.

Os resultados obtidos são apresentados e discutidos constituindo assim, mais uma contribuição do Setor de Física do Solo da Seção de Solos do IPEANE, com o objetivo de proporcionar subsídios para um melhor conhecimento dos problemas de solos existentes no Nordeste.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização dos solos estudados

Foram estudadas 33 amostras de solo, distribuídas em 4 grupos. As análises foram feitas com três repetições para cada amostra e os resultados expressos em gramas da fração por 100 gramas de solo sêco em estufa (105.° C).

1.º Grupo (*Solos normais*). Amostras: 1876, 1877, 1878 e 1879; Solos Ouricuri, Município de Ouricuri, Pernambuco.

Amostras: 1883, 1884, 1885 e 1886; Solo Vermelho do Sertão, Município de Bodocó, Pernambuco.

Amostras: 1678, 1677, 1678 e 1679; Solo Itacuruba, Município de Floresta, Pernambuco.

2.º Grupo (*solos calcários*). Amostras: 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015, Unidade Exu, Município de Serrita, Pernambuco.

Amostras: 4314, 4315, 4316, 4317, 4319, 4320, 4321, 4322, 4324, 4325 e 4326; Solo Grumossolo, Município de Juazeiro, Bahia.

3.º Grupo (*solos calcários com sais solúveis*). Amostras: 5971, 5972 e 5973; Município de Petrolina, Pernambuco.

Amostra 7789; Ilha de Assunção, Município de Cabrobó, Pernambuco.

4.º Grupo (*solos salinos*). Amostras: 7837, 7893 e 7801; Solos aluviais, Ilha de Assunção, Município de Cabrobó, Pernambuco.

As características químicas e físico-químicas⁴ dessas amostras são apresentadas nos Quadros I e 2.

Métodos empregados

Mecanismo da dispersão. O complexo coloidal do solo é que rege as propriedades físicas e químicas deste. Os cations H^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ adsorvidos no complexo coloidal do solo são responsáveis pela floculação ou dispersão da fração argila, quando o solo é tratado com água. Esses fenômenos de dispersão ou floculação são regidos pelas propriedades inerentes ao cation preponderante no complexo coloidal.

Sendo o cation Na^+ aquele que pelas suas propriedades provoca uma dispersão elevada, é sempre o mais usado para deslocar os outros cations do

⁴ Essas determinações foram obtidas no arquivo da Seção de Solos do IPEANE e realizadas sob a responsabilidade dos Químicos: Arão Horowitz, Humberto Dantas e Stênio Jayme Galvão.

complexo e dar assim, uma condição que permita medir a totalidade da fração argila (menor que 2 micra), contida no solo. Desta forma são usualmente empregados os sais e hidróxidos de sódio, tais como: CO_3Na_2 , $\text{C}_2\text{O}_4\text{Na}_2$, NaOH , PO_3Na . Estes sais e hidróxido, quando adicionados em solução aquosa com uma amostra de solo, provocam uma reação de troca no complexo argila, fazendo entrar o Na^+ para o complexo, deixando em solução os outros cations. Se isto acontece, toda a fração argila contida no solo deve ficar em suspensão, ou seja, completamente dispersa no meio aquoso.

Este mecanismo deveria ser aplicado para todos os tipos de solo, mas apresenta certas limitações quando as amostras possuem as seguintes características:

- estão com o seu complexo sortivo com elevada percentagem de sódio trocável;
- com o complexo saturado com cálcio e presença de calcário;
- com presença de elevada concentração de sais solúveis.

Desta forma a ação de certos dispersantes, passa a ser duvidosa ou ineficiente. No caso, torna-se necessário a escolha de determinados dispersantes e de tratamentos prévios das amostras.

No presente trabalho empregamos o hidróxido de sódio e o hexametáfosfato de sódio. O mecanismo da dispersão do primeiro obedece, em linhas gerais ao que foi descrito. O do hexametáfosfato se baseia, também na reação de troca entre este sal e os cations adsorvidos no complexo, principalmente, quando este está saturado de cálcio ou existe carbonato de cálcio na amostra.

Os estudos de Partridge (1937) e Smith (1934), citados por Tyner (1963), revelam "que na solução do metáfosfato de sódio, há uma forma altamente polimerizada, provavelmente como o $(\text{PO}_3\text{Na})_6$, daí a sua denominação de *hexametáfosfato de sódio*. Assim sendo, o hexametáfosfato reage com os compostos de cálcio para formar um complexo aniônico solúvel, altamente indissociável, o qual não só remove completamente o ion cálcio como evita a sua precipitação pelo sabão ou a deteção pelos anions oxalato, fosfato ou carbonato". Por estas propriedades o hexametáfosfato é empregado na dispersão de solos calcários.

No caso de amostra com altos teores de sais solúveis e o emprêgo do método da pipeta, êsses sais são determinados juntamente com a fração argila dispersa, daí a necessidade de sua eliminação prévia da amostra.

QUADRO 1. Características químicas e físico químicas das amostras estudadas

N.º amostra	Horizonte	Profundidade (cm)	pH	Condutividade ext. saturação mohms/cm	CO_2Ca %	Matéria orgânica	Salinidade %
1.º Grupo							
1876	A ₁₁	0-8	4,50	0,50	nihil	3,21	
1877	A ₁₂	8-15/20	4,40	0,90	nihil	1,36	
1878	A ₂	15/20-25/30	4,40	0,8	nihil	1,00	
1883	A ₁	0-4/5	6,20	1,54	nihil	5,10	
1884	A ₂	4/5-13	6,00	1,33	nihil	2,43	
1885	B ₁	13-20	5,80	1,10	nihil	1,38	
1676	A ₁	0-20	6,25	0,70	nihil	0,71	
1677	B ₂	20-40	5,65	0,10	nihil	0,53	
1678	B ₃	40-60	6,40	1,92	nihil	0,26	
1679	C	60-+	6,75	2,22	nihil	0,17	
2.º Grupo							
2011	A ₁	0-10	7,40	0,74	3,40	3,76	
2012	A ₂	10-35	7,60	0,42	2,59	2,07	
2013	B ₁	35-66	8,00	0,35	10,34	0,71	
2014	B ₂	66-105	8,00	0,82	18,80	0,62	
2015	B ₃	105-130	7,90	2,00	15,84	0,31	
4314	—	0-20	7,85	0,16	4,68	0,57	
4315	—	20-60	7,95	0,14	4,80	—	
4316	—	60-100	8,10	0,24	4,80	—	
4317	—	100-150	7,85	0,45	5,08	—	
4319	—	0-25	8,00	0,23	6,18	0,74	
4320	—	25-50	8,10	0,16	5,90	—	
4321	—	50-100	8,25	0,31	5,90	—	
4322	—	100-150	7,55	1,43	5,38	—	
4324	—	20-50	7,95	0,20	5,65	1,16	
4325	—	50-100	8,15	0,29	4,15	—	
4326	—	100-170	7,60	1,61	3,65	—	
3.º Grupo							
5971	III	28-65	7,50	26,0	2,44	0,52	0,80
5972	IV	65-110	7,40	19,0	2,31	0,38	0,50
5973	V	110-185	7,90	13,0	3,34	0,33	0,40
7789	IV	80-100	7,35	10,0	4,23	0,26	0,30
4.º Grupo							
7837	III	160-180	6,05	6,5	nihil	0,26	0,20
7893	II	50-70	7,35	10,0	nihil	0,33	0,50
7801	II	50-70	6,35	4,3	nihil	0,29	0,10

Caracterização da amostra. Pelos dados analíticos obtidos no Setor de Química, tais como: pH, condutividade elétrica, carbonato de cálcio e Na% no complexo, a amostra é selecionada como: *solos normais, calcários, calcários com sais solúveis, salinos e alcalinos.*

As amostras foram caracterizadas de acordo com o seguinte critério:

Solos normais. Quando não apresentam sais solúveis, sulfatos e carbonatos de cálcio e têm pH menor do que 7,5.

Solos calcários. Quando o teor de CO_3Ca está acima de 0,15%, pH variando de 7 a 8,5 e condutividade no extrato de saturação expresso em miliohms/cm menor que 4.

Solos calcários com sais solúveis. Quando apresentam as características acima e a condutividade expressa em miliohms/cm é maior do que 4.

Solos salinos. Quando a condutividade expressa em miliohms/cm é maior que 4, o pH é menor do que 7, e o Na% no complexo é menor do que 15%.

Os tratamentos foram aplicados em função da natureza do solo conforme o seguinte esquema: usando-se o NaOH e o hexametáfosfato como dispersante:

Solos normais: Tratamento 1.

Solos calcários: Tratamento 1 e 2.

Solos calcários com sais solúveis: Tratamento 1, 2, 3 e 4.

Solos salinos: Tratamento 1, 3 e 4.

Para fins comparativos todas as amostras foram analisadas com tratamento empregando-se água destilada somente (dispersão natural).

Tratamentos prévios. Tratamento da amostra pelo HCl a 10% (Trat. 2). Pesam-se 20 gramas de solo seco ao ar e coloca-se numa cápsula de porcelana de 250 ml. Adiciona-se uma quantidade de HCl 10%, calculada em função do teor de carbonato de cálcio existente na amostra obtida, multiplicando esse valor por 5,1⁵ acrescentado de 20%. Agita-se um pouco com um bastão de vidro e cobre-se a cápsula com um vidro de relógio. Deixa-se em repouso por uma noite. Passa-se o conteúdo da cápsula para um funil de vidro com o papel de filtro

⁵ Obtido da reação do $\text{HCl} + \text{CO}_3\text{Ca}$, com os seguintes fatores de conversão: sendo 0,73 a quantidade de HCl em peso, expressa em gramas, necessária para neutralizar 1 grama de CO_3Ca ; tendo o HCl concentrado, 35,5 g de HCl em 100 ml, 0,73 g de HCl correspondem a 2,05 ml de ácido concentrado ($0,73 \times 0,355$); para a solução de HCl 10% essa quantidade será de 20,5 ml. Para as 20 gramas de amostra tratada temos: peso do CO_3Ca % $\times 20,5 \times 0,25 = 5,1$.

qualitativo. Lava-se bem com água destilada até que uma pequena porção do filtrado não apresente reação de cloretos com o AgNO_3 a 5%. Em seguida coloca-se a amostra num bequer de 250 ml, adiciona-se 100 ml de água destilada e 10 ml do dispersante escolhido.

Lavagem da amostra pelo álcool a 60% (Trat. 3). Pesam-se 20 gramas de solo seco ao ar e coloca-se num funil de vidro contendo papel de filtro qualitativo. Adiciona-se álcool etílico a 60%, colocando-se nova quantidade, após o esgotamento da anterior. Conclui-se a operação depois que uma pequena porção do filtrado não apresente reação de cloretos pelo AgNO_3 . Em seguida, passa-se a amostra para um bequer de 250 ml com 100 ml de água destilada e põe-se o dispersante escolhido.

Lavagem da amostra com água destilada (Trat. 4). Proceda-se como acima foi descrito, usando-se a água destilada no lugar do álcool a 60%.

Análise mecânica (dispersante: hidróxido de sódio). Solução do NaOH normal. Prepara-se uma solução de NaOH normal, utilizando-se um produto p.a. e titula-se com uma solução de ácido sulfúrico normal, aferindo-a para fator 1.

Método. (IQA modificado) (Anon 1949). Pesam-se 30 gramas da terra fina seca ao ar e coloca-se num bequer de 250 ml. Juntam-se 100 ml de água destilada e exatamente 10 ml da solução normal de NaOH. Agita-se com um bastão de vidro e cobre-se o bequer com um vidro de relógio. Deixa-se o solo e a solução em contacto, durante uma noite.

No dia seguinte, transfere-se o conteúdo do bequer para um copo metálico (tipo Boyoucos), de um agitador elétrico. Lava-se o bequer e adiciona-se mais 300 a 400 ml de água destilada. Agita-se durante 15 minutos. Decorrido esse tempo, passa-se o dispersado através de uma peneira de malha de 0,2 mm de diâmetro, colocada sobre um funil adaptada na boca de um cilindro de Koettinge modificado, de 1.000 ml. Lava-se bem a areia que ficou retida na peneira, por meio de jato forte de água destilada, até completar o volume do cilindro. Fecha-se a boca do cilindro com uma rôlha de borracha e agita-se fortemente, com a mão durante 2 minutos, marcando o tempo em cronômetro. Coloca-se o cilindro no suporte (próprio), abre-se a rôlha e anota-se o tempo a partir desse momento. Decorridos exatamente 8 minutos, faz-se a primeira coleta da alíquota, procedendo-se da seguinte maneira:

a) retira-se o intermediário da agulha inferior e deixa-se passar um pouco do conteúdo do cilindro. Em seguida, recolhem-se 25 ml do dispersado para

um balão aferido de 25 ml. Passa-se o conteúdo deste, para uma "fôrma pirex", lava-se duas a três vezes o balão colocando-se o lavado na "fôrma pirex". Transfere-se essa "fôrma" para uma estufa a 105-110°C e deixa-se durante uma noite (contém as frações limo, argila).

b) depois de 2 horas e 50 minutos, procede-se a segunda amostragem que corresponde a fração argila, da mesma forma descrita no item a, coletando-se a alíquota na agulha superior.

No intervalo dessas amostragens conclue-se a operação de separação da *areia grossa*, da seguinte maneira:

Passa-se a peneira para uma cápsula de porcelana de 250 ml e continua-se a lavagem de areia com água, por meio de um jato forte de uma torneira, até que não se observe a presença de areia fina no fundo da cápsula. Transfere-se essa areia para um bequer de 50 ml, numerado e de peso conhecido e coloca-se na estufa a 105-110°C.

No dia seguinte, retiram-se as "fôrmas" e o bequer da estufa para um dessecador. Depois de 1 a 2 horas, pesam-se os mesmos, rapidamente, em balança elétrica de precisão.

As percentagens de areia grossa, areia fina, limo e argila são obtidas aplicando-se as fórmulas abaixo. Os resultados são expressos em gramas da fração por 100 gramas de solo seco a 105°C.

1. (Argila+Limo) % = $200 \times (\text{peso limo+argila}) - 0,01 \times f$
2. Argila % = $200 \times (\text{peso argila}) - 0,01 \times f$
3. Limo % = $(\text{argila+limo}) \% - \text{argila} \% \times f$
4. Areia grossa % = $5 \times (\text{peso areia grossa}) \times f$
5. Areia fina % = $100 - (\text{argila} \% + \text{limo} \% + \text{areia grossa} \%)$

Observações: O número 0,01 representa o peso de hidróxido de sódio contido nos 25 ml do dispersado e (f) o fator de transformação de umidade para solo seco a 105°C.

Análise mecânica (com hexametáfosfato de sódio.) Preparo da solução do hexametáfosfato. (U.S.

salinity Laboratory Staff 1954). Dissolvem-se 35,7 gramas de hexametáfosfato de sódio e 7,94 gramas de carbonato de sódio em água e dilui-se para 1 litro. O hexametáfosfato é preparado da seguinte forma: colocam-se 125 gramas de fosfato monossódico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) em uma cápsula de platina, leva-se para uma mufla e aquece-se lentamente até 650°C. Mantém-se essa temperatura durante meia hora. Em seguida remove-se a cápsula da mufla e derrama-se, imediatamente, seu conteúdo sobre uma superfície limpa, (mármore) em tiras compridas, para que se esfrie rapidamente. Uma vez frio pesa-se a quantidade necessária acima indicada. O carbonato de sódio é usado para alcalinizar a solução, evitando a hidrólise de hexametáfosfato e a sua transformação em ortofosfato.

Nota: a preparação do hexametáfosfato, acima descrita deve ser rigorosamente observada. O resfriamento após a fusão do fosfato monossódico deve ser rápido afim de formar o hexametáfosfato vítreo. Se o resfriamento for lento ele solidifica formando o metafosfato de sódio, solúvel e cristalino que não apresenta a propriedade de formar complexos indissociáveis.

Método. Pesam-se 20 gramas de terra fina seca ao ar e coloca-se num bequer de 250 ml. Juntam-se 100 ml de água destilada e exatamente 10 ml da solução de hexametáfosfato de sódio. Em seguida procede-se como foi descrito para o método do hidróxido de sódio.

Para obter-se o peso do hexametáfosfato contido nos 25 ml do dispersado, usa-se uma prova em branco, determinando-se o peso do resíduo que fica nas duas alíquotas, coletadas na primeira e segunda agulhas do cilindro.

RESULTADOS

A seguir apresentaremos os Quadros 3 a 6 que contêm os resultados obtidos na dispersão das amostras com o hidróxido de sódio e o hexametáfosfato de sódio. Esses dados correspondem à média de 3 determinações para cada amostra e são expressos em gramas por 100 gramas de solo seco a 105°C.

QUADRO 2. Percentagem de argila obtida, sem dispersante, para três grupos de amostras e tratamentos

2.º Grupo	% argila		3.º Grupo	% argila				4.º Grupo	% argila		
	Trat. 1	Trat. 2		Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4		Trat. 1	Trat. 3	Trat. 4
2011.....	18,7	15,2	5971.....	4,4	18,0	21,8	20,6	7837.....	12,8	9,3	9,9
2012.....	23,5	14,4	5972.....	4,4	20,1	24,7	24,9	7893.....	2,3	1,2	13,5
2013.....	10,0	16,2	5973.....	4,6	21,7	26,4	29,9	7801.....	15,1	9,8	10,1
2014.....	3,4	22,0	7789.....	21,7	8,6	19,5	20,6	—	—	—	—
2015.....	1,1	13,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

QUADRO 3. Resultados da dispersão do hidróxido de sódio e do hexametáfosfato em solos normais (não salinos e não carbonatados)

N.º amostra	com NaOH				com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
1876.....	19,0	59,8	9,7	11,5	19,0	59,5	11,5	10,0
1877.....	20,0	60,4	8,9	10,7	21,2	59,9	9,5	9,4
1878.....	26,3	52,2	9,9	11,6	27,3	51,9	10,3	10,5
1883.....	19,1	41,3	18,7	20,9	19,4	41,9	18,1	20,7
1884.....	18,6	41,6	16,3	24,5	18,9	41,1	15,6	24,4
1885.....	35,4	18,4	14,3	31,9	35,7	19,0	13,0	32,3
1886.....	8,1	18,0	10,1	63,8	8,1	19,4	8,4	64,1
1676.....	27,8	42,5	13,2	16,5	26,2	49,2	8,4	16,8
1677.....	26,2	23,2	9,0	41,6	26,9	23,1	7,3	37,7
1678.....	27,7	26,7	10,8	35,0	30,5	28,0	7,1	33,8
1679.....	33,3	34,3	9,7	22,7	32,7	40,7	6,1	20,5

QUADRO 4. Resultados da dispersão do hidróxido de sódio e do hexametáfosfato de sódio em amostras de solos calcários, sem e com tratamento prévio pelo ácido clorídrico a 10%

N.º amostra	Trat. 1 com NaOH				Trat. 1 com PO ₃ Na				Trat. 2 com NaOH				Trat. 2 com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
2011.....	10,0	24,3	35,1	30,6	8,8	26,3	29,5	35,4	8,8	27,3	17,4	46,5	8,9	37,4	36,5	17,2
2012.....	8,4	17,9	38,9	34,8	8,4	18,6	29,7	43,9	7,5	21,5	15,9	55,1	8,4	28,7	39,3	23,6
2013.....	8,2	18,4	42,3	31,1	8,1	16,2	32,3	43,4	4,3	29,7	13,3	50,7	4,9	33,2	31,3	25,6
2014.....	7,7	17,3	31,4	45,6	7,7	17,7	21,4	50,2	4,5	32,4	13,5	49,6	4,2	34,5	15,7	45,6
2015.....	5,6	20,7	31,1	42,6	4,6	21,0	23,3	46,1	2,9	30,1	21,5	43,6	3,3	35,3	33,4	27,5
4314.....	17,8	7,5	31,3	43,4	—	—	—	—	11,8	23,4	12,3	58,5	—	—	—	—
4315.....	14,9	4,5	41,1	39,5	—	—	—	—	11,8	23,6	12,2	52,4	—	—	—	—
4316.....	16,5	29,6	10,7	43,8	—	—	—	—	13,1	48,9	13,1	51,1	—	—	—	—
4317.....	12,1	10,0	31,6	46,5	—	—	—	—	9,9	22,7	12,1	55,3	—	—	—	—
4319.....	17,0	7,2	43,9	31,9	—	—	—	—	15,3	21,9	10,2	52,6	—	—	—	—
4320.....	17,7	15,8	31,8	34,7	—	—	—	—	15,8	25,4	9,4	49,4	—	—	—	—
4321.....	13,1	15,2	39,1	32,6	—	—	—	—	13,4	24,7	11,4	50,5	—	—	—	—
4322.....	13,2	14,4	28,4	44,0	—	—	—	—	11,0	24,3	12,0	52,7	—	—	—	—
4324.....	23,2	17,1	29,4	30,3	—	—	—	—	19,8	26,6	10,0	44,6	—	—	—	—
4325.....	20,5	18,4	29,9	31,2	—	—	—	—	19,8	23,9	10,0	47,3	—	—	—	—
4326.....	22,2	16,3	25,3	36,2	—	—	—	—	19,2	27,0	9,7	47,1	—	—	—	—

QUADRO 5. Resultados da dispersão do hidróxido de sódio e do hexametáfosfato de sódio, em amostras de solos calcários com sais solúveis

N.º amostra	Trat. 1 com NaOH				Trat. 1 com PO ₃ Na				Trat. 2 com NaOH				Trat. 2 com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
5991.....	15,5	22,3	56,7	5,4	14,1	23,9	28,8	29,8	12,3	29,6	15,8	42,5	10,8	31,4	27,8	30,
5972.....	12,4	23,6	38,3	25,6	10,6	26,2	20,3	42,8	19,1	20,5	16,9	46,5	10,3	27,5	23,2	32,7
5973.....	8,7	25,9	26,4	35,6	7,4	24,9	19,9	47,3	7,4	23,5	18,6	47,5	7,5	26,3	13,6	46,1
7789.....	27,1	43,7	9,0	20,1	27,9	42,8	12,4	16,8	26,8	41,6	0,0	25,6	27,8	44,8	12,8	14,6
N.º amostra	Trat. 3 com NaOH				Trat. 3 com PO ₃ Na				Trat. 4 com NaOH				Trat. 4 com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
5971.....	14,5	24,2	28,5	32,7	14,7	24,4	17,6	45,2	15,8	27,6	20,6	35,9	10,5	22,8	17,9	42,6
5972.....	12,9	23,0	24,6	39,5	11,5	23,8	18,2	46,3	13,2	23,4	21,5	41,8	13,2	22,1	18,3	46,3
5973.....	8,8	21,0	27,8	42,3	7,9	25,1	18,7	48,2	8,4	22,7	22,7	46,1	8,4	22,0	19,7	49,8
7789.....	26,6	43,5	8,1	21,7	23,8	47,3	7,8	21,1	28,1	44,8	0,6	17,3	20,0	45,8	6,2	22,9

QUADRO 6. Resultados da dispersão do hidróxido de sódio e do hexametáfosfato de sódio em amostras de solos *selinos*, com vários tratamentos

N.º amostra	Trat. 1 com NaOH				Trat. 1 com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
7837.....	4,9	69,4	13,5	12,1	5,5	68,0	12,3	14,1
7893.....	10,0	50,4	36,1	3,5	9,6	49,3	17,1	23,9
7801.....	3,7	71,9	10,9	13,4	3,5	71,2	9,4	15,8
N.º amostra	Trat. 3 com NaOH				Trat. 3 com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
7837.....	5,2	69,4	12,5	12,8	5,8	67,0	12,9	14,2
7893.....	11,0	46,3	40,3	2,3	10,4	48,4	15,5	25,7
7801.....	3,8	71,5	9,5	15,1	3,8	70,6	9,3	16,2
N.º amostra	Trat. 4 com NaOH				Trat. 4 com PO ₃ Na			
	A. G.	A. F.	L.	Arg.	A. G.	A. F.	L.	Arg.
7837.....	5,1	69,1	11,9	13,8	4,7	69,4	11,3	14,6
7893.....	10,4	49,8	19,2	20,5	11,1	47,5	15,1	26,2
7801.....	6,0	63,1	10,2	14,6	4,0	70,7	10,7	14,6

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

1.º Grupo. Observando-se os resultados obtidos, Quadro 3, verifica-se que a dispersão total da fração argila foi obtida com os dois dispersantes e os seus resultados foram, praticamente os mesmos. Considerando as amostras como representativas de três solos bem distintos um do outro, com diferentes processos de formação, reações e horizontes, verifica-se que: para solos normais, sejam ácidos ou neutros, isentos de sais solúveis e carbonatos, é indiferente o uso do hidróxido de sódio ou de hexametáfosfato de sódio como agentes de dispersão eficientes.

Resultados idênticos foram por nós alcançados em dezenas de amostras de solos normais provenientes do Agreste e Sertão. Bergoglio (1959) estudando alguns solos do Rio Grande do Sul verificou que o hidróxido de sódio apresentou melhores resultados na dispersão da argila do que o hexametáfosfato e o hidróxido de amônio. Os estudos de Medina e Grohmann (1962), elegeram o NaOH como o melhor dispersante para a maioria dos solos de São Paulo.

2.º Grupo. Observando-se os resultados do Quadro 4, verifica-se que os maiores valores encontrados para a fração argila, foram com o NaOH (Trat. 2). Nota-se que o tratamento prévio da amostra com HCl a 10%, provocou um aumento na fração argila e diminuição da fração limo. Os teores das frações limo + argila, permaneceram praticamente, os mesmos sendo indiferentes ao tratamento ou ao dispersante.

Se considerarmos a textura de campo determinada a pedido nosso, pelos colegas: Achá, Paulo Jacomine e Clotário Silveira da DPFS, para esse grupo de amostras, na sua totalidade *argilosa*, o HEXA com o Trat. 1, deu para a fração *argila* resultados que as classificavam como *argilosas*, com exceção da amostra 2011. Nota-se que esse dispersante usado sem tratamento da amostra dá resultados para a fração *limo*, mais elevados que o NaOH no Trat. 2, e mais baixos que o NaOH Trat. 1.

O uso do HEXA na amostra tratada Trat. 2, não é indicada, pois os valores obtidos para a fração argila foram muito baixos, exceção feita para a amostra 2014, cujo resultado foi semelhante ao NaOH Trat. 2. Essa discrepância está sendo devidamente estudada. A razão disto pode ser justificada pela acidez excessiva apresentada pelas amostras depois de eliminados os carbonatos pelo HCl, cujos pHs determinados eletrometricamente, apresentaram valores variando entre 2,85 a 3,05. Possivelmente, essa acidez inibiu a ação do hexametáfosfato.

Além do solo Exu, foram estudados 3 perfis de "grumussolo", usando-se somente o NaOH, com e

sem eliminação dos carbonatos. Infelizmente as amostras não foram analisadas como o HEXA em virtude de não existirem mais amostras na Seção de Solos. Como se pode verificar o NaOH Trat. 2, apresentou valores mais elevados para a fração *argila* e concordantes com a classe textural das amostras, *argilosa*.

Pelo exposto verifica-se que:

a) o NaOH com o Trat. 2 apresentou melhores resultados (maior dispersão da argila) em tôdas as amostras;

b) o HEXA Trat. 1, apresentou resultados concordantes como a textura de campo, com exceção de uma amostra, mas com valores sempre mais baixos para a *argila*, quando comparados com o NaOH Trat. 2;

c) o NaOH Trat. 1 não provocou a dispersão total da fração argila;

d) os valores da fração limo + argila variaram muito pouco para os dois dispersantes e tratamentos.

Podemos então concluir que a dispersão da argila total de solos calcários deve ser feita com NaOH após eliminação dos carbonatos, conforme foi descrito. Este dispersante não deve ser usado na amostra sem tratamento. O HEXA pode ser usado na amostra sem tratamento, também com resultados satisfatórios, e não deve ser usado com a amostra tratada pelo HCl.

3.º Grupo. Observando-se o Quadro 5 que apresenta os resultados da dispersão de solos calcários com sais solúveis, com aplicação dos 4 tratamentos citados no presente, e considerando as classes texturais de campo: *argilo arenoso* para a amostra 5971; *argiloso* para as amostras 5972 e 5973 e *franco argilo arenoso* para 7789, podemos apreciar o seguinte:

Amostra 5971:

a) os resultados obtidos com o NaOH Trat. 2, HEXA Trat. 3, HEXA Trat. 4, foram semelhantes;

b) o NaOH Trat. 1, não provocou a dispersão total da argila;

c) o NaOH Trat. 3 e Trat. 4 acusou teores mais baixos para a argila, em relação ao NaOH Trat. 2;

d) a elevada concentração de sais solúveis prejudicou a ação dispersante do NaOH e do HEXA.

Amostra 5972:

a) a dispersão da argila com o NaOH Trat. 2, HEXA Trat. 3 e HEXA Trat. 4 foi equivalente;

b) o HEXA Trat. 1, apresentou resultados aproximados dos três acima citados;

c) o NaOH Trat. 4, se assemelhou ao HEXA Trat. 1;

d) os teores da fração limo + argila, continuaram praticamente iguais para todos os tratamentos independentes dos dispersantes;

e) o HEXA Trat. 2, não dispersou a totalidade da argila;

Amostra 5973:

Os itens *a*, *b*, *c* e *d*, da amostra 5972 se aplicam para essa amostra.

a) o HEXA Trat. 2, apresentou resultados semelhantes ao HEXA Trat. 1, ligeiramente inferior ao NaOH Trat. 2;

Amostra 7789:

a) o NaOH Trat. 2, apresentou o maior valor para a fração argila;

b) o HEXA Trat. 4, foi o que mais se aproximou do acima citado;

c) o NaOH Trat. 1, NaOH Trat. 3, e HEXA Trat. 3, foram similares, mas com teores de argila um pouco inferior do NaOH Trat. 2;

d) o HEXA Trat. 1, HEXA Trat. 2, e NaOH Trat. 4, apresentaram valores para a fração argila bem aproximados um do outro, mas não atingindo a classe textural de campo.

Pelas observações acima feitas, podemos sugerir a adoção dos seguintes critérios:

Quando a amostra apresentar uma elevada concentração de sais solúveis, mesmo com teor de CO_3Ca baixo, efetuar a dispersão da argila depois do tratamento prévio da amostra pelo HCl e usar o NaOH ou o HEXA após eliminação dos sais pelo álcool a 60% ou água destilada.

A eficiência do NaOH no presente caso se deve a eliminação dos carbonatos e dos sais solúveis (pela lavagem), após tratamento com o HCl, trazendo como consequência uma modificação do complexo sortivo. O pH das amostras após tratamento, acusou um valor próximo de 3, indicando uma hidrogenação da argila. No caso do HEXA, a lavagem da amostra com álcool ou água também modificou um pouco a natureza do complexo argila, provocando uma alcalinização (pH variando entre 7,85 e 8,10), facilitando a ação do HEXA sobre calcário insolúvel e o deslocamento do cálcio pelo sódio no complexo.

Quando a amostra apresentar baixa concentração de sais solúveis, independentemente do teor de CO_3Ca , efetuar a dispersão após tratamento da amostra pelo HCl com o NaOH ou o HEXA na amostra sem tratamento.

4.º Grupo. Verificando-se o Quadro 6 que apresenta o efeito da dispersão da argila pelo NaOH e HEXA em 3 amostras de solo salinos, podemos veri-

ficar o que segue, tendo em vista as classes texturais dessas amostras obtidas pelo método de campo: *franco arenoso* para a amostra 7837; *franco argilo arenoso* para 7893 e *franco arenoso* para a 7801.

Amostra 7837:

a) pouca variação foi encontrada para os teores de argila, seja com o NaOH como pelo HEXA, nos três tratamentos empregados;

b) observam-se que os teores de argila obtidos pelo HEXA foram ligeiramente mais elevados que pelo NaOH, mas todos eles se encontram dentro dos limites da classe textural de campo.

Amostra 7893:

a) o HEXA nos três tratamentos deu resultados semelhantes e mais alto que com o NaOH Trat. 4;

b) o NaOH que no Trat. 1, como no Trat. 2, não provocou a dispersão da argila, o mesmo não acontecendo no Trat. 3 (lavagem com água). Acreditamos que isto se explica pela presença do sulfato de cálcio na amostra, preponderando sobre os demais sais.

Amostra 7801:

a) similarmente à amostra 7837, os valores da fração argila foram praticamente iguais para todos os tratamentos e os dois dispersantes. Este fato está ligado a quantidade de sais solúveis existentes nas amostras e a composição desses sais no extrato de saturação.

Em função desses resultados, podemos sugerir:

Para amostras contendo teores de sais solúveis baixos ou médios⁶: usar NaOH ou o HEXA sem qualquer tratamento da amostra.

Para amostras contendo elevados teores de sais solúveis⁷: usar o HEXA após eliminar dos sais solúveis pelo álcool 60% ou água destilada. O NaOH não deve ser usado na amostra sem tratamento, nem seria recomendável seu uso após eliminação dos sais solúveis.

O conhecimento da composição dos sais solúveis existentes na amostra é de grande valia quando da escolha do dispersante ou tratamento.

AGRADECIMENTOS

É nosso dever agradecer ao Eng.º Agrônomo e Eng.º Civil Agamenon Moutinho da Silva pela eficiente colaboração quando da sua permanência no nosso Setor de Física do Solo, e aos auxiliares de Laboratório Zélia Cavalcanti de Oliveira, Florisval dos Santos Lima, Dyrce Rodrigues Barbosa e Nilton Estevão da Silva, pela ajuda na parte analítica.

⁶ Valores compreendidos entre 4 e 10. miliohms/cm determinados no extrato de saturação.

⁷ Condutividade no extrato de saturação maior que 10 miliohms/cm.

REFERÊNCIAS

- Anon. 1949. Método de análise de solos. Bol. n.º 11 do Inst. Quim. Agric., Min. Agricultura, Rio de Janeiro.
- Bergoglio, H. 1959. Comparação entre três dispersantes usados na análise mecânica do solo. An. 5.º Congr. Bras. Cienc. de Solo.
- Medina, H. P. & Grohmann, F. A. 1962. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. An. 6.º Congr. Bras. Cienc. de Solo.
- Oliveira, L. B. 1966. Modificação do "Cilindro de Koettinge", utilizado na análise mecânica do solo. Pesq. agropec. bras. 1:245-247.
- Partridge, B. P. 1937. The chemistry of the metaphosphate. Dual Service News.
- Smith, G. W. 1934. Solft, hard water. Proc. A. A. T. C. C. in American Dyestuff Reporter.
- Tyner, E. H. 1963. The use of sodium metaphosphate of soils for mechanical analysis. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 4:106-113.
- U. S. Salinity Laboratory Staff 1954. Diagnose and improvement of saline and alkali soils (Riverside-California). Agr. Handbook n.º 60, U. S. Dep. Agriculture.

MECHANICAL ANALISYS IN SOME SOILS OF THE SEMI-ARID REGION IN NORTHEAST BRAZIL: NORMAL, CALCAREOUS, CALCAREOUS WITH SOLUBLE SALTS, AND SALINE SOILS

Abstract

In this paper the author studies the dispersion of the 2 clay fractions of some soil samples of the semi-arid region in Northeast Brazil, aiming to test the effectiveness of sodium hydroxide and hexametaphosphate as dispersing agents in mechanical analysis of different kinds of soils, namely: normal calcareous, calcareous with soluble salts, and saline soils.

Thirty three soil samples were used: 10 normal soils, 16 calcareous, 4 calcareous with soluble salts, and 3 saline soils.

The following pre-treatments were employed:

Treat. 1. no pre-treatment.

Treat. 2. 10% HCl pre-treatment.

Treat. 3. previous washing of sample with 60% alcohol ethilic.

Treat. 4. previous washing of sample with distilled water.

These pre-treatments were selected according to the nature of each group of soils, as follows:

Normal soils: Pre-treatment 1.

Calcareous soils. Pre-treatments 1 and 2.

Calcareous with soluble salts: Pre-treatments 1, 2, 3, and 4.

Saline soils. Pre-treatments 1, 3 and 4.

Considering the results obtained with the 2 dispersing agents, and taking into account the following items:

- a) the pre-treatment used;
- b) the textural classification, as determined in the field;
- c) the highest value obtained for the 2 micra clay fraction.

The author presents the following conclusions:

I. Normal soils: The effectiveness of sodium hydroxide and sodium hexametaphosphate as dispersing agents is the same.

II. Calcareous soils. Sodium hydroxide (*Treat. 2*) produced the best results. Except for one sample, the hexametaphosphate (*Treat. 1*) presented results in accordance to the field texture.

III. Calcareous with soluble salts: Sodium hydroxide (*Treat. 2*) was again the best.

Sodium hexametaphosphate (*Treat. 3* and *4*) was also effective.

IV. Saline soils.

a) Low content soluble salts: Sodium hydroxide and hexametaphosphate may be used without pre-treatment.

b) High content of soluble salts: Hexametaphosphate (*Treat. 3* and *4*) is preferable. In this case sodium hydroxide cannot be used.