



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA  
**Vinculada ao Ministério da Agricultura**  
SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS

**Boletim de Pesquisa n.º 11**

**ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS SÓDICOS  
E SALINO-SÓDICOS**

Rio de Janeiro  
1982

## **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA**

**Ministro: Dr. ANGELO AMAURY STABILE**

**Secretário Geral: Dr. JOSÉ UBIRAJARA TIMM**

### **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

**Presidente: Dr. ELISEU ROBERTO DE ANDRADE ALVES**

**Diretores Executivos: Dr. ÁGIDE GORGATTI NETTO**

**Dr. JOSÉ PRAZERES RAMALHO DE CASTRO**

**Dr. RAYMUNDO FONSECA SOUZA**

### **SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS**

**Chefe: Dr. ABEILARD FERNANDO DE CASTRO**

**Chefe Adjunto Técnico: Dr. CLOTÁRIO OLIVIER DA SILVEIRA**

**Chefe Adjunto Administrativo: Dr. CESAR AUGUSTO LOURENÇO**

ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM  
SOLOS SÓDICOS E SALINO-SÓDICOS

**Editor:** Comitê de Publicações do SNLCS/EMBRAPA

**Endereço:** Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos  
Rua Jardim Botânico, 1024  
22460 - Rio de Janeiro, RJ.  
Brasil



EMBRAPA

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Vinculada ao Ministério da Agricultura

SERVIÇO NACIONAL DE LEVANTAMENTO E CONSERVAÇÃO DE SOLOS

Boletim de Pesquisa nº 11

ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS SÓDICOS E SALINO-SÓDICOS

JOSÉ LOPES DE PAULA  
Pesquisador do SNLCS

MARDONIO AGUIAR COELHO  
Professor Adjunto do Departamento de  
Engenharia Agrícola e Edafologia do  
C.C.A. - U.F.C.

FERNANDO FERREYRA HERNANDEZ  
Professor Adjunto do Departamento de  
Engenharia Agrícola e Edafologia do  
C.C.A. - U.F.C.

JOSÉ FERREIRA ALVES  
Professor Assistente do Departamento  
de Fitotecnia do C.C.A. - U.F.C.

Rio de Janeiro

1982

PEDE-SE PERMUTA  
PLEASE EXCHANGE  
ON DEMANDE L'ÉCHANGE

Paula, José Lopes de

Estabilidade de agregados em solos sódicos e salino-sódicos, por José Lopes de Paula e outros. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCS, 1982.

10 p. ilustr. (EMBRAPA.SNLCS. Boletim de Pesquisa, 11 ).

Colaboração de: Mardonio Aguiar Coelho, Fernando Ferreyra Hernandez e José Ferreira Alves.

1. Solos Salinos-Agregados-Estabilidade.  
2. Solos Salino-Sódicos-Agregados-Estabilidade. I. Coelho, Mardonio Aguiar. colab.II. Hernandez, Fernando Ferreyra. colab.III. Alves, José Ferreira. Colab.IV. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. V: Título. VI. Série.

CDD.19ed. 631.43

© EMBRAPA

## RELAÇÃO DAS TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Características físicas de treze amostras de solos de Morada Nova.....	4
Tabela 2 - Características químicas de treze amostras de solos de Morada Nova.....	5
Tabela 3 - Coeficientes de correlação (r) entre estabilidade de agregados e algumas características físicas e químicas de solos de Morada Nova.....	6
Tabela 4 - Percentagem de agregados estáveis (2,00 - 0,25 mm) de treze amostras de solos de Morada Nova ...	7
Fig. 1 - Relação entre percentagem de agregados estáveis em água e percentagem de sódio trocável (PST) e condutividade elétrica (CE). (Faixas de PST e CE delimitadas nas abcissas relacionam-se às classes de salinidade).....	8

## SUMÁRIO

	Pág.
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	2
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	2
CONCLUSÃO.....	3
BIBLIOGRAFIA.....	9



## ESTABILIDADE DE AGREGADOS EM SOLOS SÓDICOS E SALINO-SÓDICOS

RESUMO - Treze amostras de solo com estrutura não deformada coletadas no Projeto de Irrigação de Morada Nova (Ceará) e classificadas como: não salino-não sódico(3), não salino-ligeiramente sódico (3), ligeiramente salino-ligeiramente sódico (2), extremamente salino-moderadamente sódico (2), fortemente salino-fortemente sódico (1) e extremamente salino-extremamente sódico (2), foram utilizadas na determinação da percentagem de agregados estáveis em água, de diâmetro entre 2 e 0,25 mm, empregando-se secagem ao ar, umedecimento por atomização e tamisação em água durante quatro minutos. Verificou-se estreita relação entre estabilidade e características de salinidade - PST, CE e RAS - expressa pelos coeficientes de correlação, negativos e significativos ao nível de 1%. Observou-se sensível diferença entre % de agregados estáveis correspondentes às classes de baixa salinidade(NSNA, NSLA e LSLA) e as de alta salinidade (ESMA, FSFA e ESEA). Constatou-se ainda um valor limite de PST igual a 17, acima do qual ocorreu redução bastante expressiva da estabilidade dos agregados.

## AGGREGATE STABILITY OF SODIC AND SALINE-SODIC SOILS

ABSTRACT - Thirteen undisturbed soil samples collected in the irrigated district of Morada Nova (State of Ceará, Brazil) and classified as: nonsaline-nonsodic (3), nonsaline-slightly sodic (3), slightly saline-slightly sodic (2), extremely saline-moderately sodic (2), strongly saline-strongly sodic (1) and extremely saline-extremely sodic (2), were used to determine the percentage of water stable aggregates of 2.0-0.25 mm size fraction. Close relationship was found between aggregate stability and exchangeable sodium percentage (PST), electrical conductivity (EC) and sodium absorption ratio (SAR) with negative correlation coefficients significant at 1% level. Marked differences in aggregate stability were found between samples of low and high salinity and at an ESP value of 17 occurred drastic decrease in aggregate stability of the samples studied.

## INTRODUÇÃO

O solo em condições naturais apresenta-se com suas partículas reunidas, em maior ou menor grau, formando agregados. A distribuição do tamanho desses agregados e sua estabilidade influem diretamente na retenção e movimento da água, aeração, penetração e desenvolvimento do sistema radicular.

Argila, matéria orgânica e óxidos de ferro são fatores de grande importância na agregação do solo e na estabilidade de seus agregados, sendo correntes na literatura as evidências dessa afirmação (Baver 1935; Islam & Hossain 1954; Chester et alii 1957; Arca & Weed 1966). Tisdall et alii (1978) verificaram aumentos da taxa de infiltração e da estabilidade de agregados em solo franco arenoso decorrentes da adição de matéria orgânica.

O efeito prejudicial do sódio trocável sobre a estrutura do solo tem sido observado por muitos pesquisadores dentre os quais Puri et alii (1940) e Brooks et alii (1956). Reeve et alii (1954) verificaram que o potássio trocável teve influência positiva na agregação, enquanto que a percentagem de sódio trocável influiu significativamente na deterioração das condições estruturais dos solos estudados. Amostras de solos analisadas por Kemper & Kock (1966) não apresentavam quantidades extremas de sódio trocável, mas os resultados indicaram que este ion foi um dos fatores dominantes na redução da estabilidade dos agregados, a qual apresentou valores praticamente nulos a uma percentagem de sódio trocável superior a 20.

A ausência de dados sobre a estabilidade de agregados em solos afetados por sais no Nordeste do Brasil e a possibilidade de utilização deste parâmetro na avaliação de métodos de recuperação e de melhoramento das condições físico-hídricas desses solos conduziu à execução do presente trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Solos

Treze amostras de solo, com estrutura não deformada, da camada superficial (0-20 cm) foram coletadas no Perímetro K do Projeto de Irrigação de Morada Nova (CE) em locais selecionados com base nos resultados relatados por Coelho (1980), de modo a incluir ampla faixa de variação nos valores de percentagem de sódio trocável (PST) e condutividade elétrica (CE). As amostras foram classificadas de acordo com o critério de salinidade sugerido por Pizarro (1976) em: não salino-não sódico (NSNA), amostras 15, 65 e 80; não salino-levemente sódico (NSLA), amostras 74, 78 e 140; levemente salino-levemente sódico (LSLA), amostras 144 e 147; extremamente salino-moderadamente sódico (ESMA), amostras 37 e 58; fortemente salino-fortemente sódico (FSFA), amostra 56 e extremamente salino-extremamente sódico - (ESEA), amostras 137 e 143.

### Métodos de análises

Em amostras destorroadas e passadas em peneira de 2 mm foram determinados: composição granulométrica, grau de floculação, umidade a 1/3 e 15 atm, pH, condutividade elétrica (CE), cations trocáveis, capacidade de troca de cations (CTC), matéria orgânica (MO), ferro livre, percentagem de sódio trocável (PST) e relação de adsorção de sódio (RAS), segundo métodos descritos por Richards (1954), USDA (1967) e Vettori (1969). Na determinação da estabilidade dos agregados (de diâmetro compreendido entre 2,0 e 0,25 mm) foi utilizado o método descrito por Paula & Coelho (1981), em amostras secas ao ar, umedecidas por atomização em vidro de relógio e com tamisação em água durante quatro minutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas e químicas das treze amostras de solo estão contidas nas Tabelas 1 e 2. Verificou-se teores de silte superiores a 30%, elevadas percentagens de argila (31 a 57%) e valores de grau de floculação inferiores a 20, na quase totalidade das amostras, predominando a classe textural argila. Valores

de CTC superiores a 20 meq/100 g na maioria das amostras indicam a presença de argilo-minerais do grupo 2:1. Os teores de matéria orgânica e ferro livre são baixos e o pH varia de 5,9 a 7,2. A amplitude dos valores da PST (1,7 a 35,7) e de CE (0,6 a 35,0 mmhos/cm) indica o grau de variabilidade desses solos de aluvião.

Constatou-se correlação positiva e significativa entre percentagem de agregados estáveis e teores de argila e matéria orgânica (Tabela 3). O efeito positivo mas não significativo do ferro livre sobre a estabilidade dos agregados foi devido ao baixo teor desse elemento nas amostras estudadas (Singer et alii 1977). A relação altamente significativa e positiva verificada entre CTC, cations trocáveis  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  e  $K^+$  e a estabilidade de agregados concorda com os resultados de Islam & Hossain (1954) e Brooks et alii (1956), enquanto a ausência de correlação significativa com o sódio trocável foi igualmente observada por Reeve et alii (1954). Verificou-se estreita relação entre estabilidade de agregados e características de salinidade - PST, CE e RAS - expressa pelos coeficientes de correlação, negativos e significativos ao nível de 1%, obtidos para as 13 amostras. Observou-se sensível diferença entre percentagens de agregados estáveis correspondentes as classes de baixa salinidade (NSNA, NSLA e LSLA) e as de alta salinidade (ESMA, FSFA e ESEA) conforme pode ser verificado através da Tabela 4 e Figura 1. Constatou-se ainda a existência de um valor limite de PST igual a 17, acima do qual ocorreu uma redução bastante expressiva da estabilidade de agregados.

### CONCLUSÃO

Os resultados obtidos comprovaram o efeito adverso do sódio sobre a estrutura do solo, nas amostras estudadas, e conduzem à conclusão de que a estabilidade de agregados pode ser utilizada como parâmetro na avaliação de métodos de recuperação de solos afetados por sais.

Tabela 1 - Características físicas de treze amostras de solos de Morada Nova, CE.

Amostra	areia grossa %	areia fina %	silte %	argila total %	grau de flocula ção	umidade 1/3 atm. %	umidade 15 atm. %	Classe textural (*)
144	1,5	3,6	43,3	52,6	18	27,8	17,4	Argila
140	1,6	16,3	38,1	44,0	16	23,8	14,9	Argila
74	6,8	5,1	31,3	56,8	11	27,8	18,0	Argila
37	7,8	10,8	39,4	42,0	26	25,8	16,5	Argila
15	8,9	5,1	50,6	35,4	17	23,2	13,7	Fr.Arg.Silt.
4 78	2,2	16,8	41,6	39,4	19	23,1	13,6	Fr.Arg.Silt.
143	2,9	15,2	45,7	36,2	0	21,2	13,1	Fr.Arg.Silt.
137	19,0	25,2	23,8	32,0	7	18,9	10,9	Fr.Argiloso
80	6,4	26,2	35,9	31,5	9	17,7	10,8	Fr.Argiloso
58	10,1	10,8	40,3	38,8	16	20,7	12,7	Fr.Argiloso
63	1,0	8,0	40,1	50,9	13	25,3	16,3	Arg.Siltosa
147	2,3	6,5	48,8	42,4	13	23,6	14,4	Arg.Siltosa
56	54,3	24,8	11,7	9,2	14	8,4	3,6	Areia Franca

(\*) De acordo com o Manual de Método de Trabalho de Campo da S.B.C.S.

Tabela 2 - Características químicas de treze amostras de solos de Morada Nova, CE.

Amostra	pH	Complexo sortivo (meq/100g)							V %	M.O. %	Fe livre %	PST	CE mmhos/cm	RAS
		Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	CTC						
144	7,2	18,05	6,35	1,20	4,16	0,00	0,00	29,76	100	1,31	0,91	13,98	2,34	6,68
140	6,8	9,64	6,94	0,78	2,47	0,00	1,16	20,99	94	1,22	1,07	11,77	0,98	5,34
74	6,3	11,50	7,27	1,14	4,01	0,03	3,11	27,06	88	1,87	0,84	14,82	1,60	7,83
37	5,6	6,60	5,43	0,60	3,28	0,03	3,27	19,21	83	1,43	1,19	17,07	32,00	19,51
15	6,8	11,10	7,98	0,48	0,86	0,00	1,32	21,74	94	1,93	0,77	3,96	0,76	2,62
78	6,8	12,96	5,94	0,72	3,51	0,00	0,83	23,96	97	1,51	1,00	14,65	0,58	4,10
143	6,7	9,34	3,55	0,44	6,68	0,00	1,49	21,50	93	1,15	0,90	31,07	18,20	34,04
137	6,7	6,18	2,17	0,38	5,28	0,00	0,83	14,84	94	0,76	0,90	35,58	35,00	76,18
80	6,1	10,15	4,47	0,41	0,31	0,03	3,11	18,48	83	1,32	1,05	1,68	0,61	2,23
58	6,1	4,95	3,23	0,33	2,46	0,02	2,13	13,12	84	1,22	0,96	18,75	33,00	54,45
63	6,2	13,50	9,32	0,83	1,24	0,03	2,94	27,86	89	1,24	1,19	4,45	0,93	4,04
147	6,4	12,36	5,74	0,68	2,89	0,03	2,78	24,48	89	1,50	1,16	11,81	2,30	7,44
56	5,9	3,16	3,68	0,20	3,11	0,03	1,62	11,80	86	0,79	0,57	26,36	9,50	28,90

Tabela 3 - Coeficientes de correlação (r) entre estabilidade de agregados e algumas características físicas e químicas de amostras de solos de Morada Nova, CE.

---

Argila (%)	0,626 *
Areia (%)	-0,236 ns
Cálcio trocável (meq/100g)	0,764 **
Magnésio trocável (meq/100g)	0,822 **
Potássio trocável (meq/100g)	0,712 **
Sódio trocável (meq/100g)	-0,492 ns
Matéria orgânica (%)	0,651 *
Ferro livre (%)	0,514 ns
CTC (meq/100g)	0,775 **
PST	-0,841 **
RAS	-0,902 **
CE extrato de saturação mmhos/cm	-0,736 **

---

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade.

\*\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ns - não significativo.



Tabela 4 - Percentagem de agregados estáveis (2,00 - 0,25 mm)  
de 13 amostras de solos de Morada Nova, CE.

Amostra	Classe de salinidade	Agregados estáveis (g/100g)
144	(LSLA)	75,9
140	(NSLA)	74,1
147	(LSLA)	73,8
63	(NSNA)	72,2
80	(NSNA)	65,5
74	(NSLA)	63,6
15	(NSNA)	62,2
78	(NSLA)	62,0
37	(ESMA)	58,0
143	(ESEA)	15,9
58	(ESMA)	12,6
56	(FSFA)	11,5
137	(ESEA)	0,6

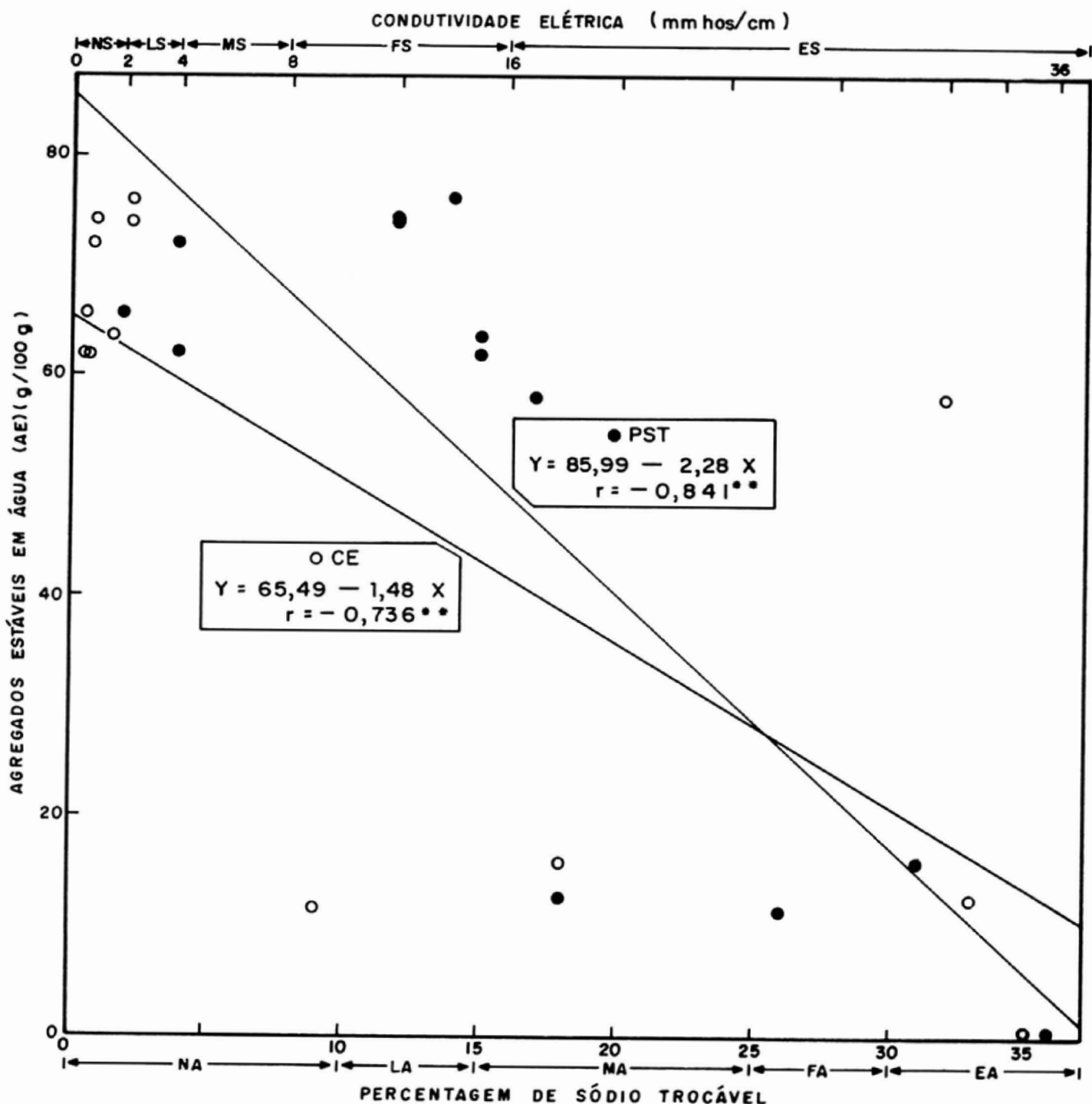


Figura 1 - Relação entre percentagem de agregados estáveis em água e percentagem de sódio trocável (PST) e condutividade elétrica (CE). (Faixas de PST e CE delimitadas nas abcissas relacionam-se às classes de salinidade).

## BIBLIOGRAFIA

- ARCA, M.N. & WEED, S.B. Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxide and clay. Soil Sci. Baltimore, 103(3): 164-170, 1966.
- BAVER, L.D. Factors contributing to the genesis of soil microstructure. Am. Soil Survey Ass. B. 16:55-56, 1935.
- BROOKS, R.H.; BOWER, C.A. & REEVES, C.A. The effect of various exchangeable cations upon the physical condition of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 20:325-7, 1956.
- CHESTER, G.; ATTOE, O.J. & ALLEN, O.N. Soil aggregation in relation to soil constituents. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 21:272-7, 1957.
- COELHO, M.A. Caracterização dos problemas de sais na área do Perímetro K do Projeto de Irrigação de Morada Nova. In: Relatório de Pesquisa do Convênio CNPq/FCPC-Dessalinização. Fortaleza, 1980, 44p. (Mimeografado).
- ESTADOS UNIDOS, Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. Washington, D.C. 1967. Soil Survey Investigations Report, 1.
- ISLAM, M.A. & HOSSAIN, M. Aggregation of East Bengal soils in relation to their chemical composition. Soil Sci. Baltimore, 78:429-34. 1954.
- KEMPER, W.D. & KOCK, E.J. Aggregate stability of soils from Western United States and Canada. Washington, United States Department of Agriculture, 1966. 52p. (Technical Bulletin, 1966).
- PAULA, J.L. de. & COELHO, M.A. Método para determinação da estabilidade de agregados em solos Salinos e Sódicos. 1981. No prelo.

- PURI, A.N.; ASGHAR, A.G. & DUA, A.N. Influence of clay, exchangeable bases and higroscopic moisture on soil cohesion. Soil Sci. Baltimore, 49:239-49, 1940.
- REEVE, R.C.; BOWER, C.A.; BROOKS, R.H. & GSHWEEND, F.B. A comparison of the effect of exchangeable sodium and potassium upon the physical condition of soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 18 (2): 130-32, 1954.
- RICHARDS, L.A. ed. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil Washington, USDA. 1954. (Agriculture Handbook, 60).
- SINGER, M.S.; BLACKARD, J.; JANITSKY, P. Dithionite iron and soil cation content as factors in soil erodibility. 1977. 10p. (California Water Resources Center Contribution, 166).
- TISDAL, J.M.; COCKROFT, B. & UREN, N.C. The stability of soil aggregares as affected by organic materials microbial activity and physical disruption Aust. J. Soil Res. 16:9-17, 1978.
- VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Bol. Tec., 7).