

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLOS SALINO-SÓDICOS SUBMETIDOS A PARCELAMENTO DA LÂMINA DE LIXIVIAÇÃO

Hugo Alberto Ruiz¹, Reginaldo Arruda Sampaio², Maurício de Oliveira³,
Paulo Afonso Ferreira¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571-000 – Viçosa, MG – Brasil.

² Universidade Federal de Minas Gerais, Caixa Postal 135, CEP 39.404-006 - Montes Claros, MG - Brasil. Correo electrónico : rsampaio@ufmg.br

³ Escola Superior de Agricultura de Mossoró, CEP 59630-000 Mossoró, RN – Brasil
(*in memoriam*).

Physical characteristics of a saline sodic soil under different leaching fractionation

Keywords: Salinity, salts leaching, soil reclamation.

ABSTRACT

The aim of this work was evaluate the influence of leaching on chemical characteristics of saline sodic soil samples. Cylinders were filled with samples of soils FLUVENT (Ae1), FLUVENT collected at 0-20 cm (Ae2-s) and 20-50 cm (Ae2-i) depth, and VERTISOL (V). Gypsum was incorporated up to 15 cm depth in an amount to replace 100% exchangeable sodium. Leaching consisted in applying a solution with CaCl₂ and MgCl₂, at one time only and the same volume fractionated in two, four and six times, respectively, with intervals of 22 days among each application. Clay dispersion and water retention capacity in soils diminished with the gypsum and leaching fractionation. In Ae1 soil, the infiltration rate was very low, then stopping its determination. In all soils, with the exception of V, because of the greater content of silt, the infiltration rate of the not-treated samples was lower compared with treated samples. In general, significant differences amongst leaching application were not detected for soil physics characteristics.

Palavras chaves: Salinidade, lixiviação de sais, recuperação de solos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do parcelamento da lâmina de lixiviação sobre as características físicas de solos salino-sódicos. Cilindros foram preenchidos com amostras de solos: NEOSSOLO FLÚVICO (Ae1); NEOSSOLO FLÚVICO, coletado a 0-20 cm (Ae2-s) e 20-50 cm (Ae2-i) de profundidade, e VERTISSOLO (V). O gesso foi incorporado até 15 cm de profundidade, numa quantidade equivalente a 100% da necessidade de gesso para substituição do sódio trocável. O manejo de água consistiu na aplicação de solução de lixiviação com CaCl_2 e MgCl_2 de uma única vez e do mesmo volume parcelado em duas, quatro e seis vezes, respectivamente, com intervalos de 22 dias entre cada aplicação. Verificou-se que o gesso e a lâmina de lixiviação diminuíram a dispersão de argila e a capacidade de retenção de água no equivalente de umidade de todas as amostras de solo. No solo Ae1 a taxa de infiltração da solução foi muito baixa, impossibilitando a sua determinação. Nos demais solos, à exceção do V em razão do maior teor de silte, a taxa de infiltração das amostras não-tratadas foi inferior à das amostras submetidas aos tratamentos. Em geral, não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre as formas de aplicação da lâmina, em relação às características físicas estudadas.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de solos salinos, salino-sódicos e sódicos é comum nas regiões áridas e semi-áridas em razão da baixa precipitação pluvial e alta taxa de evaporação. Nestas circunstâncias, os sais não são lixiviados, acumulando-se em quantidades prejudiciais ao crescimento normal das plantas. É importante destacar que, em solos com problemas de drenagem, o processo de salinização pode ser acelerado pelo uso da irrigação com água contendo altas concentrações de sais (Fageria *et al.*, 1999; Oliveira *et al.*, 2002; Medeiros *et al.*, 2003). De acordo com Pereira (1983), os solos afetados por sais ocupam uma área de aproximadamente 9,1 milhões de hectares no Nordeste brasileiro.

Os solos salino-sódicos, embora apresentem uma percentagem de sódio trocável superior a 15%, possuem uma razoável permeabilidade em razão da elevada concentração de sais solúveis (Oliveira, 1997; Freire *et al.*, 2003b). No processo de recuperação destes solos, a retirada imediata dos sais pode causar a dispersão de argila e a conseguinte redução da condutividade hidráulica do solo

(Shainberg e Letey, 1984; Ferreira, 1997).

As propriedades hidráulicas dos solos salino-sódicos podem se manter inalteradas, durante a recuperação, com a aplicação de água de média a elevada concentração salina, em razão do efeito floculante dos sais sobre as argilas (Ayers e Westcot, 1987; Veloso, 1991; Holanda e Amorim, 1997; Freire *et al.*, 2003a).

O uso de corretivos químicos, particularmente o gesso, de menor custo, parece ser a forma mais prática de recuperação dos solos salino-sódicos (Pereira *et al.*, 1986; Santos e Hernandez, 1997; Oliveira *et al.*, 2002; Ruiz *et al.*, 2004). Entretanto, o gesso possui baixa solubilidade. Neste caso, uma rápida lixiviação da maior parte dos sais do solo, antes do cálcio do corretivo substituir grande parte do sódio adsorvido ao complexo de troca, poderá causar a dispersão de argilas e dificultar o processo de recuperação destes solos (Sampaio, 1993).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do parcelamento da lâmina de lixiviação sobre as características físicas de solos salino-sódicos, que receberam gesso na camada superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se amostras de um NEOSSOLO FLÚVICO de Ipanguaçu (RN), coletadas até 20 cm (Ae1); de outro NEOSSOLO FLÚVICO de Caicó (RN), coletadas a 0-20 cm (Ae2-s) e 20-50 cm (Ae2-i), e de um VERTISSOLO de Mossoró (RN), coletadas entre 15 e 45 cm de profundidade (V).

As características físicas das amostras são apresentadas no Quadro 1. Com base

nas análises os solos foram classificados por Sampaio (1993) como salino-sódicos.

No ensaio, realizado em laboratório, as amostras de solos foram acondicionadas em anéis de PVC de 15 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento total. Foram usados dois anéis inferiores de 15 cm e um superior de 20 cm. As colunas foram preenchidas com solo até 45 cm de altura, sendo os 5 cm restantes utilizados para aplicação da lâmina de lixiviação. Utilizou-se um

Quadro 1: Características químicas e físicas das amostras de NEOSSOLOS FLÚVICOS (Ae1, Ae2-s e Ae2-i) e de VERTISSOLO (V).

Table 1: Physical and chemical characteristics of the samples of Fluvent (Ae1, Ae2-s e Ae2-i) and Vertisol (V).

Característica	Ae1	Ae2-s	Ae2-i	V
Porcentagem de sódio trocável (%)	57	51	20	18
Necessidade de gesso (g kg ⁻¹)	12,9	8,1	2,5	3,6
Areia grossa (kg kg ⁻¹)	0,01	0,20	0,18	0,15
Areia fina (kg kg ⁻¹)	0,09	0,49	0,52	0,20
Silte (kg kg ⁻¹)	0,53	0,06	0,08	0,25
Argila (kg kg ⁻¹)	0,37	0,25	0,22	0,40
Argila dispersa em água (kg kg ⁻¹)	0,32	0,13	0,09	0,27
Grau de dispersão (kg kg ⁻¹)	0,86	0,53	0,41	0,65
Densidade Real (g cm ⁻³)	2,53	2,60	2,65	2,44
Densidade Aparente ¹ (g cm ⁻³)	1,20	1,30	1,40	1,30
Porosidade (m ³ m ⁻³)	0,53	0,50	0,47	0,47
Equivalente de umidade (kg kg ⁻¹)	0,37	0,19	0,21	0,27
Velocidade de infiltração ² (mm h ⁻¹)	0,0	0,4	26,0	0,9

¹ Método da proveta (EMBRAPA, 1997).

² No período do teste de infiltração não houve infiltração de água na amostra de solo Ae1, de forma que a taxa de infiltração foi considerada zero.

funil colocado na parte superior para se promover o acondicionamento uniforme do solo dentro da coluna. Na seção inferior das colunas colocaram-se telas de náilon para conter o solo e, sob estas, um recipiente para coletar a solução lixiviada. Um dispositivo semelhante, porém, com tubos de PVC de 7,5 cm de diâmetro, foi montado dentro das seções intermediária e inferior das colunas maiores, para determinação da taxa de infiltração (Figura 1).

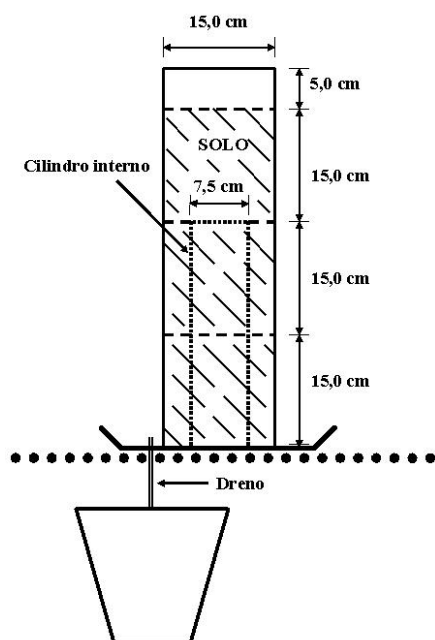


Figura 1: Esquema da unidade de experimental.
Figure 1: Scheme of the experimental unit.

Os tratamentos corresponderam a um arranjo fatorial 4 x 4, sendo as quatro amostras de solo indicadas (Ae1; Ae2-s; Ae2-i e V) e quatro modalidades de aplicação da lâmina de lixiviação. As lâminas de lixiviação foram equivalentes a três vezes o volume de poros da coluna de solo e foram aplicadas de uma única vez (P1) e parceladas em duas (P2), quatro (P4) e seis vezes (P6), respectivamente, com intervalos de 22 dias entre cada aplicação. Nos intervalos, as colunas foram

cobertas com plástico para evitar as perdas de água por evaporação. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições dos tratamentos.

O corretivo utilizado foi o $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ p.a. numa quantidade equivalente a 100% da necessidade de gesso para a totalidade de solo na coluna (Richards, 1954). O gesso foi incorporado nos 15 cm superficiais e o conjunto, mantido sob incubação por 43 dias à temperatura ambiente, que variou na faixa dos 18 aos 25°C. Na incubação e nas lixiviações utilizou-se uma solução de CaCl_2 2,5 mmol L^{-1} e de MgCl_2 2,6 mmol L^{-1} , com pH de 7,4 e condutividade elétrica de 1,2 Ds m^{-1} (Sampaio e Ruiz, 1996). Após a última lixiviação, as colunas foram desmontadas, as amostras, separadas por anel, secadas ao ar e peneiradas por malha de 2 mm. O cilindro de 7,5 cm de diâmetro do anel intermediário foi preservado, para a determinação da taxa de infiltração.

Nas amostras peneiradas determinaram-se: a argila dispersa em água (ADA) e o equivalente de umidade (EU) (EMBRAPA, 1997), calculando-se os valores relativos (r) pelo quociente entre os valores das amostras tratadas (t) e as não tratadas (n):

- $\text{ADAr} = \text{ADAt}/\text{ADAn}$
- $\text{Eur} = \text{Eut}/\text{Eun}$

A taxa de infiltração foi determinada com a mesma solução de lixiviação. As amostras foram acondicionadas em permeômetros (Veloso, 1991) e saturadas durante dez minutos. Em seguida, os permeômetros foram interligados a frascos de Mariotte, mantendo uma lâmina de solução sobre a superfície do solo de 2 cm durante um período de 12 horas. Após esse período de equilíbrio, determinou-se a infiltração de hora em hora, até cinco horas, calculando-se a infiltração acumulada (IA).

No período do teste de infiltração não houve infiltração de água na amostra de

solo Ae1, de forma que a taxa de infiltração foi considerada zero. Vale salientar, entretanto, que, durante a realização do experimento, ocorreu infiltração de água e coleta do lixiviado neste solo após vários dias da aplicação da lâmina de lixiviação.

Nas análises estatísticas, a soma de quadrados para os tratamentos da análise de variância foi desdobrada, de acordo com um esquema de contrastes ortogonais. Para a infiltração de água no solo foram ajustadas equações de regressão, relacionando a infiltração acumulada com o tempo de infiltração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores relativos da argila dispersa em água (ADAr) (Quadro 2) diminuíram em relação às amostras não-tratadas (Quadro 1). Com exceção da amostra de NEOSSOLO FLÚVICO de Caicó, coletado a 20-50 cm de profundidade (Ae2-i), os menores valores da ADAr foram observados no anel superior, possivelmente em razão da maior substituição do sódio trocável pela incorporação de gesso neste anel (Quadro 3). Na amostra de solo Ae2-i, a ADAr foi bastante elevada nos três anéis e, em especial, no anel superior. Neste caso, em razão da boa permeabilidade deste solo, pode ter ocorrido uma rápida remoção de sais, o que pode ter provocado a dispersão de argilas mesmo com a redução da percentagem de sódio trocável (PST). Christiansen (1947), El-Swaify e Swindale (1968) e Loveday (1976) destacaram que a floculação das argilas é mais sensível à variação na concentração salina da solução do que a PST.

Considerando o parcelamento, observa-se que, de modo geral, não houve diferenças entre as formas de aplicação da lâmina (Quadro 2). Isso indicaria que as variações na PST e na condutividade elétrica (CE), eventualmente ocorridas entre os parcelamentos, não foram suficientes para

refletir mudanças nessa característica física do solo.

Os valores do equivalente de umidade relativo (EUR) indicam que a capacidade de retenção da água, diminuiu em todas as amostras de solo após os tratamentos (Quadro 2). Apenas nos anéis subjacentes da amostra de NEOSSOLO FLÚVICO de Ipanguaçu (Ae1), o valor do EUR não se modificou.

O EUR apresentou o mesmo comportamento observado para a ADAr. Isso indicaria que em razão da floculação das argilas ocorreu a diminuição da superfície específica e, por conseguinte, da adsorção da água. Bresler *et al.* (1982) e Shainberg e Letey (1984) destacam que, a diminuição da PST em solos com montmorilonita, resulta na formação de agregados de montmorilonitas, com menor superfície específica e, por conseguinte, menor capacidade de retenção da água.

Assim como foi observado para a ADAr, o EUR não diferiu entre as formas de aplicação da lâmina (Quadro 2), ou seja, a magnitude das mudanças ocorridas nas amostras de solo não foi suficiente para refletir na dispersão de argila e na retenção de água por essas amostras.

Na amostra de solo Ae1, não houve infiltração da água no período de teste, e não foi possível determinar a infiltração acumulada (IA). Neste solo, a PST manteve-se ainda elevada, o que pode ter provocado, com a remoção dos sais durante o teste de infiltração, a dispersão e, ou, expansão das argilas. Shainberg *et al.* (1971), Pupisky e Shainberg (1979) e Shainberg e Letey (1984) afirmam que, em solos esmectíticos, quando a solução é de baixa concentração eletrolítica e a PST é menor que 15%, apenas a dispersão assume função importante na redução da infiltração de água no solo. Entretanto, constatou-se neste solo aumento do volume da amostra de solo ao ser umedecida, caracterizando uma alta expansão de argilas, conforme

Quadro 2: Valores médios e contrastes ortogonais da argila dispersa em água relativa (ADAr) e do equivalente de umidade relativo (EUR) das amostras de solo dos anéis superior (S), médio (M) e inferior (I), considerando o parcelamento da lâmina de lixiviação (Pi).

Table 2: Average values and orthogonal contrasts of the relative water clay dispersion (ADAr) and relative soil moisture equivalent (EUR) of soils samples of the cylinders upper (S), middle (M) and bottom (I), considering the leaching depth parceled (Pi).

Solo	Pi	ADAr			EUR		
		S	M	I	S	M	I
Ae1	1	0,08	0,74	0,85	0,81	1,03	1,10
	2	0,06	0,77	0,81	0,81	1,04	1,01
	4	0,06	0,72	0,88	0,76	1,04	1,13
	6	0,09	0,58	0,88	0,76	1,05	1,14
Ae2-s	1	0,10	0,59	0,52	0,54	0,71	0,76
	2	0,09	0,56	0,54	0,55	0,74	0,77
	4	0,07	0,54	0,53	0,54	0,72	0,76
	6	0,10	0,45	0,47	0,55	0,73	0,75
Ae2-i	1	1,04	0,82	0,71	0,72	0,71	0,74
	2	0,87	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
	4	0,98	0,76	0,75	0,69	0,73	0,73
	6	0,81	0,68	0,70	0,71	0,73	0,73
V	1	0,25	0,72	0,70	0,51	0,85	0,89
	2	0,25	0,71	0,70	0,46	0,83	0,88
	4	0,32	0,72	0,67	0,47	0,84	0,89
	6	0,50	0,60	0,65	0,56	0,83	0,84
Contrastes Ortogonais¹							
Ae1	C ₁ ²	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C ₂	ns	ns	ns	0,10	ns	ns
	C ₃	-0,03	ns	ns	ns	ns	ns
Ae2-s	C ₁	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C ₃	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ae2-i	C ₁	ns	ns	ns	ns	-0,05	ns
	C ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C ₃	0,17	ns	ns	ns	ns	ns
V	C ₁	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	C ₃	ns	0,12	ns	ns	ns	ns

¹ Valor numérico no contraste indica significância a 5% de probabilidade pelo teste F.

²C₁ = 3P₁ - P₂ - P₄ - P₆; C₂ = 2P₂ - P₄ - P₆; C₃ = P₄ - P₆ (aplicação única (P1) e parcelada em duas (P2), quatro (P4) e seis vezes (P6), respectivamente).

Quadro 3: Valores médios da condutividade elétrica (CE) e da percentagem de sódio trocável (PST) das amostras de solo dos anéis superior (S), médio (M) e inferior (I) dos diferentes solos.

Table 3: Average values of the electrical conductivity of saturated soil paste extract and exchangeable sodium percentage of soils samples of the cylinders upper (S), middle (M) and bottom (I) of different soils.

Solo	Característica	Amos tranão - tratada ¹	Amostra tratada ²		
			S	M	I
Ae1	CE (dS m ⁻¹)	10,1	4,9	3,5	4,2
	PST (%)	57,0	1,6	7,5	14,0
Ae2-s	CE (dS m ⁻¹)	11,9	4,7	3,3	3,2
	PST (%)	51,0	0,9	1,7	2,6
Ae2-i	CE (dS m ⁻¹)	4,3	1,4	1,3	1,5
	PST (%)	20,0	1,2	1,5	1,9
V	CE (dS m ⁻¹)	4,5	4,9	1,5	1,7
	PST (%)	18,0	1,4	1,6	3,6

¹ Média das amostras antes da aplicação dos tratamentos.

² Média das amostras após aplicação de gesso e lixiviação.

também observado por Silva *et al.* (2005) e Regea *et al.* (1997). Um outro fator que pode explicar a baixa infiltração de água neste solo é o teor elevado de silte, que pelo seu tamanho, causa à obstrução dos poros do solo (Resende *et al.*, 2002).

No NEOSSOLO FLÚVICO de Caicó, coletado a 0-20 cm de profundidade (Ae2-s), as amostras que receberam os diferentes tratamentos apresentaram maiores valores para a infiltração acumulada (IA) do que a amostra não-tratada (Figura 2). Isso indicaria que na amostra não-tratada, cuja PST era elevada (Quadro 3), os sais solúveis foram retirados e, em conseqüência, a argila dispersou-se obstruindo os poros. Nas amostras tratadas com gesso e submetidas aos processos de lixiviação, ocorreu à redução da PST e, mesmo havendo a redução da CE, o cálcio, como elemento de efeito menos dispersante que o sódio, impediu uma maior dispersão das argilas.

No solo Ae2-i, a PST da amostra não-

tratada era bastante inferior a da amostra de solo Ae2-s (Quadro 3). Isso sugere que, nessa amostra de solo, a PST foi determinante sobre a IA. Observa-se que a CE da amostra não-tratada do solo Ae2-s superou a do solo Ae2-i (Quadro 3) e mesmo, assim, dado a grande diferença na PST, a IA desse último foi muito maior do que a da amostra de solo Ae2-s. Em relação às amostras submetidas à lixiviação, observou-se que a IA dessas últimas superou a da amostra não-tratada (Figura 3). Isso evidenciaria que a aplicação de gesso exerceu um efeito positivo sobre as propriedades hidráulicas da amostra de solo, principalmente pela substituição do sódio adsorvido e pelo aumento da concentração salina da solução. Este fato também foi confirmado, por meio de estudos, por Abrol e Bhumbla (1973), Freitas *et al.*, (1984), Cleis (1986), Melo *et al.* (1988), Barreto Filho *et al.* (2003) e Barros *et al.* (2004).

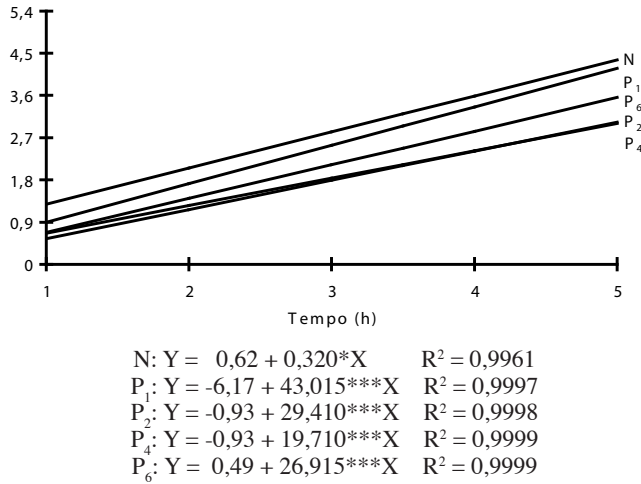


Figura 2: Infiltração acumulada em função do tempo de percolação no solo Ae2-s. N = amostra não-tratada; P_1 = aplicação da lâmina de lixiviação de uma única vez; P_2 = parcelamento em duas vezes; P_4 = parcelamento em quatro vezes e P_6 = parcelamento em seis vezes. *, *** Significativos a 5 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figure 2: Infiltration accumulated in function of the time of percolating in the Ae2-s soil. N = not-treated sample; P_1 = application of the leaching depth of an only time; P_2 = parceled in two times; P_4 = parceled in four times and P_6 = parceled in six times. *, *** Significant 5 and 0.1% of probability, respectively, for test t.

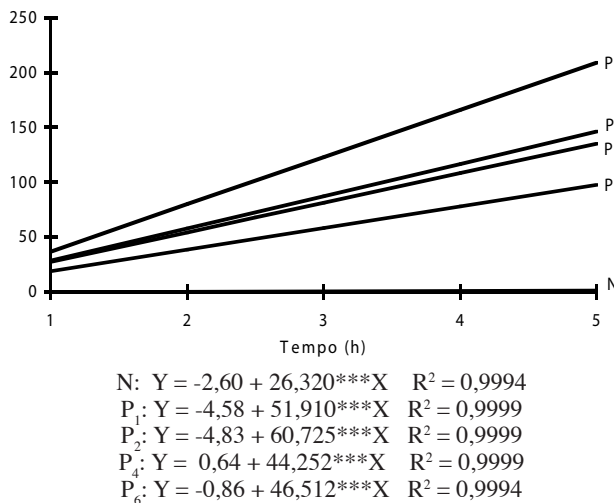


Figura 3: Infiltração acumulada em função do tempo de percolação no solo Ae2-i. N = amostra não-tratada; P_1 = aplicação da lâmina de lixiviação de uma única vez; P_2 = parcelamento em duas vezes; P_4 = parcelamento em quatro vezes e P_6 = parcelamento em seis vezes. *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.

Figure 3: Infiltration accumulated in function of the time of percolating in the Ae2-i soil. N = not-treated sample; P_1 = application of the leaching depth of an only time; P_2 = parceled in two times; P_4 = parceled in four times and P_6 = parceled in six times. *** Significant 0.1% of probability for test t.

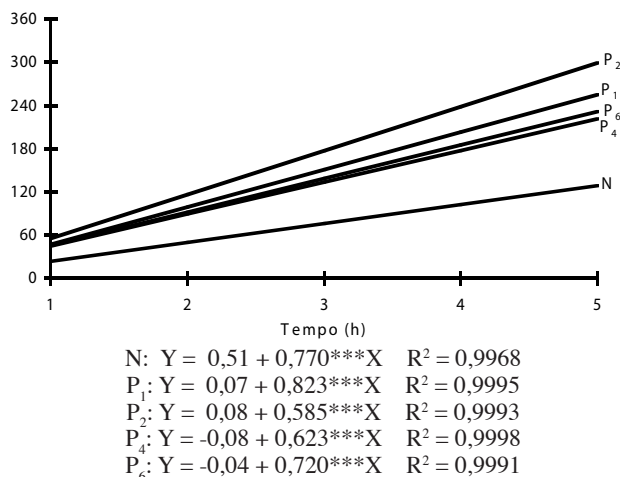


Figura 4: Infiltração acumulada em função do tempo de percolação no solo V. N = amostra não-tratada; P₁ = aplicação da lâmina de lixiviação de uma única vez; P₂ = parcelamento em duas vezes; P₄ = parcelamento em quatro vezes e P₆ = parcelamento em seis vezes.

*** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste t.

Figure 4: Infiltration accumulated in function of the time of percolating in the V soil. N = not-treated sample; P₁ = application of the leaching depth of an only time; P₂ = parceled in two times; P₄ = parceled in four times and P₆ = parceled in six times.

*** Significant 0.1% of probability for test t.

No VERTISSOLO (V), a IA da amostra não-tratada foi aproximadamente igual à das amostras submetidas aos processos de recuperação (Figura 4). Neste solo, especificamente, a aplicação de gesso e lixiviação de sais, com conseqüente redução da PST e da CE (Quadro 3), não aumentaram a IA no solo. Observa-se que tanto a PST quanto a CE do anel intermediário deste solo assemelham-se a do solo Ae2-i (Quadro 3), cuja IA aumentou após os tratamentos com gesso e lixiviação, entretanto, o solo V apresenta um teor de silte muito mais elevado (Quadro1), o que pode explicar a falta de efeito na IA exercido pela redução da PST. Conforme citado acima, o silte, em razão da sua dimensão, pode causar entupimento dos poros e reduzir a infiltração (Resende *et al.*, 2002).

A IA está de modo geral relacionada à ADAr, de forma que, a diminuição desta última, em relação aos valores das amostras

não-tratadas (Quadro 1), confirmaria o efeito positivo dos tratamentos sobre a floculação das argilas e melhoria da permeabilidade do solo, exceto para os solos com teores mais elevados de silte. Segundo Ferreira (1997) a aplicação de gesso em solo disperso por sódio aumenta a condutividade hidráulica, uma vez que, a substituição do sódio pelo cálcio na micela, reduz a espessura da dupla camada difusa, de forma que, a fração coloidal do solo, antes dispersa, agrega-se, restabelecendo a porosidade e melhorando a permeabilidade do solo.

Considerando o parcelamento da lâmina de lixiviação, observa-se que não houve um comportamento definido das formas de aplicação da lâmina (Figuras 2, 3 e 4). Isso sugere que as variações ocorridas nas amostras de solo, conseqüentes das modalidades de aplicação, não foram suficientes a ponto de influenciar a IA.

CONCLUSÕES

As aplicações do gesso e da solução de lixiviação reduzem a dispersão de argilas e à retenção de água de solos salino-sódicos.

As condições de infiltração de água em solos salino-sódicos com baixo teor de silte melhoram com a adição de gesso e aplicação de lâmina de lixiviação.

A aplicação da lâmina de lixiviação de forma parcelada não influencia a dispersão de argilas, retenção de água e infiltração de água em solos salino-sódicos.

BIBLIOGRAFIA

- ABROL, I.P., BHUMBLA, D.R. 1973. Field studies on salt leaching in a highly saline sodic soil. *Soil Sci.*, Baltimore, 115 (6), 429-433.
- AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. 1987. La calidad del agua en la agricultura. Roma, FAO, 174 p.
- BARRETO FILHO, F.L., GUERRA, H.O.C., GHEYI, H.R. 2003. Conductividad hidraulica en un suelo aluvial en respuesta al porcentaje de sodio intercambiable. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, 7 (2) 403-407.
- BARROS, M. de F.C., FONTES, M.P.F., ALVAREZ V., V.H., RUIZ, H.A. 2004. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, 8 (1) 59-64.
- BRESLER, E., McNEAL, B.L., CARTER, D.L. 1982. Saline and sodic soils. Principles-dynamics-modeling. New York, Springer-Verlag, 238 p.
- CHRISTIANSEN, J.E. 1947. Some permeability characteristics of saline and alkali soils. *Agr. Eng., St. Joseph*, 28 (1) 147-153.
- CLEIS, J.B.P. 1986. Crescimento e desenvolvimento de arroz (*Oryza sativa*, L.) em solo salino-sódico submetido a diversos tratamentos de recuperação. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba. 71 p.
- EL-SWAIFY, S.A., SWINDALE, L.D. 1968. Hydraulic conductivity of some tropical soils as a guide to irrigation water quality. In 9^o International Congress of Soil Science, Adelaide, v.1, p. 381-389.
- EMBRAPA. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2^a ed., Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 212 p.
- FAGERIA, N.K., STONE, L.F., SANTOS, A.B. dos. 1999. Maximização da eficiência de produção das culturas. Brasília, Embrapa Arroz e Feijão, 294 p.
- FERREIRA, P.A. 1997. Aspectos físico-químicos do solo. In Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, UFPB/SBEA, p. 37-67.
- FREIRE, M.B.G. dos S., RUIZ, H.A., RIBEIRO, M.R., FERREIRA, P.A., ALVAREZ V., V.H., FREIRE, F.J. 2003a. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambiental*, 17 (1) 45-52.
- FREIRE, M.B.G. dos S., RUIZ, H.A., RIBEIRO, M.R., FERREIRA, P.A., ALVAREZ V., V.H., FREIRE, F.J. 2003b. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, 7 (2) 227-232.

- FREITAS, J.A.D., COELHO, M.A., FERREYRA H., F.F. 1984. Efeito de corretivos químicos e materiais orgânicos no movimento da água e estrutura de solo salino-sódico. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 8 (3) 261-264, 1984.
- HOLANDA, J.S., AMORIM, J.R.A. de. 1997. Qualidade da água para irrigação. In Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, UFPB/SBEA, p. 137-169.
- LOVEDAY, J. 1976. Relative significance of electrolyte and cation exchange effects when gypsum is applied to a sodic clay soil. Aust. J. Soil Res., Melbourne, 14 (3) 361-371.
- MEDEIROS, J.F. de, LISBOA, R de A., OLIVEIRA, M. de, SILVA JÚNIOR, M.J. da, ALVES, L.P. 2003. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande, 7 (3) 469-472.
- MELO, F.B., COELHO, M.A., FERREYRA H., F.F., 1988. Efeito do gesso e da concentração salina da água na condutibilidade hidráulica do solo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 12 (2) 89-92.
- OLIVEIRA, L.B. de, RIBEIRO, M.R., FERREIRA, M. da G. de V.X., LIMA, J.F.W.F. de, MARQUES, F.A. 2002. Inferências pedológicas aplicadas ao perímetro irrigado de Custódia, PE. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 37 (10) 1477-1486.
- OLIVEIRA, M. 1997. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, UFPB/SBEA, p.1-35.
- PEREIRA, J.R. 1983. Solos salinos e sódicos. In 15ª Reunião brasileira de fertilidade do solo, Campinas, SP, SBCS, p.127-143.
- PEREIRA, J.R., VALDIVIESO, C.R., CORDEIRO, G.G. 1986. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. In 1º Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, Brasília, 1985, Ibrafos/Embrapa/Petrofértil, p.85-105.
- PUPISKY, H., SHAINBERG, I. 1979. Salt effects on the hydraulic conductivity of a sandy soil. Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, 43 (3) 429-433.
- REGEA, M., YANO, T., SHAINBERG, I. 1997. The response of low and high swelling smectites to sodic conditions. Soil Sc. 162 (4) :299-307.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B.de, CORRÊA, G.F. 2002. Pedologia. base para distinção de ambientes. 4ª ed., Viçosa, NEPUT, 338 p.
- RICHARDS, L.A. (ed.). 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook*, 60, Washington, USDA, 160 p.
- RUIZ, H.A., SAMPAIO, R.A., OLIVEIRA, M. de, ALVAREZ V., V.H. 2004. Características químicas de solos salino-sódicos submetidos a parcelamento da lâmina de lixiviação. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 39 (11) 1119-1126.
- SAMPAIO, R.A. 1993. Manejo da água na recuperação de solos salino-sódicos, em colunas. Dissertação de Mestrado em Solos. Universidade Federal de Viçosa, 75 p.
- SAMPAIO, R.A., RUIZ, H.A. 1996. Características das soluções drenadas na recuperação de solos salino-sódicos com lixiviações parceladas. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 20 (1) 13-20.

- SANTOS, R.V. dos, HERNANDEZ, F.F.F. 1997. Recuperação dos solos afetados por sais. In Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada: XXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Campina Grande, UFPB/SBEA, p. 319-361.
- SHAINBERG, I., BRESLER, E., KLAUSNER, Y. 1971. Studies on Na/Ca montmorillonite systems. The swelling pressure. *Soil Sci.*, Baltimore, 111 (4) 214-219.
- SHAINBERG, I., LETEY, J. 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, Berkeley, 52 (2) 1-57.
- SILVA, E.F. da, ASSIS JÚNIOR, R.N. de, SOUSA, J.I.G. 2005. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre atributos hídricos de um Neossolo. *R. Bras. Ci. Solo*, 29 (3) 389-396.
- VELOSO, M.E.C. 1991. Efeito de diferentes qualidades de água sobre algumas propriedades físico-químicas de um brunizem avermelhado. Dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 1991. 52 p.