



## Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação

**Marcelo A. Miranda<sup>1</sup>, Emanuel E. M. de Oliveira<sup>2</sup>, Karen C. F. dos Santos<sup>3</sup>,  
Maria B. G. dos S. Freire<sup>1</sup> & Brivaldo G. de Almeida<sup>1</sup>**

### RESUMO

A salinização vem promovendo a degradação de solos no Semiárido do Brasil, os quais precisam ser recuperados para que possam ter utilização agrícola. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de condicionadores orgânicos e químicos em atributos físico-hídricos de um Neossolo Flúvico salino-sódico, no Sertão de Pernambuco. O experimento foi instalado em colunas de solo, sendo aplicados 10 tratamentos: esterco ovino, esterco bovino, gesso, seis doses de polímero sintético e a testemunha, em delineamento em blocos casualizados. As colunas foram submetidas a lixiviação durante 70 dias e analisadas as soluções percoladas aos sete e 70 dias e os solos após a lixiviação. Nos lixiviados foram medidos o pH e a CE e determinados os teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$ ; no solo foram medidos o pH e a CE e determinado o teor de  $\text{Na}^+$  do extrato de saturação, o teor de  $\text{Na}^+$  trocável e a CTC, para cálculo da PST, além das variáveis físico-hídricas do solo. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Scott Knott a 0,05 de probabilidade. Os tratamentos, especialmente os estercos, o gesso e o polímero na menor concentração, diminuíram a CE, a PST e o  $\text{Na}^+$  solúvel, aumentando a condutividade hidráulica do solo.

**Palavras-chave:** solos salinos, solos sódicos, melhoradores

## Chemical and organic amendments in reclamation of saline-sodic soil in greenhouse

### ABSTRACT

The salinization is degrading Brazilian semi-arid soils, which need to be reclaimed for agricultural utilization. This work aimed to evaluate use of organic and chemical amendments in a Fluvisol having saline-sodic properties in Pernambuco's semi-arid region. Soil experiment was conducted in soil columns, with 10 treatments: sheep manure, cow manure, gypsum, synthetic polymer in six concentrations and the control, in randomized block design. The columns were submitted to leaching during 70 days, being analyzed the leachates collected at 7 and 70 days and the soil after leaching. In leachates, the pH, EC and concentration of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Cl}^-$  were determined; in the saturation extract, pH and EC were measured, and  $\text{Na}^+$  concentration in saturation extract, and exchangeable  $\text{Na}^+$  and cation exchange capacity (CEC) were determined to calculate exchangeable sodium percentage (ESP). Soil physico-hydric variables were also determined. The data obtained were submitted to variance analysis and to Scott Knott test at 0,05 level of probability. The treatments, especially manures, gypsum and polymer at smaller concentration decreased EC, ESP and soluble  $\text{Na}^+$ , increasing hydraulic conductivity of the soil.

**Key words:** saline soils, sodic soils, amendments

## INTRODUÇÃO

A região semiárida do Brasil abrange 969.589,4 km<sup>2</sup>, correspondendo a quase 90% da Região Nordeste. O semiárido apresenta períodos de secas intercalados com chuvas de alta intensidade e distribuição irregular, proporcionando déficit de umidade no solo durante a maior parte do ano (Silva, 2006). O emprego de técnicas de irrigação de forma inadequada tem levado áreas anteriormente produtivas à exclusão do setor produtivo, em virtude da degradação dos solos.

Especialmente no semiárido, a agricultura depende da irrigação e esta, por sua vez, depende da quantidade e qualidade da água disponível para atender às necessidades hídricas das culturas e gerar a lixiviação do excesso de sais, evitando que sejam acumulados no solo. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade, é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (Freire & Freire, 2007), além de promover alterações nos atributos físico-químicos do solo (Freire et al., 2003a e b). Contudo, nem sempre a irrigação é conduzida adequadamente, podendo causar a degradação de áreas extensas, que se tornam salinas e sódicas, necessitando serem recuperadas para restabelecer a capacidade produtiva. A técnica de correção mais utilizada corresponde ao uso do gesso com uma lâmina de irrigação suficiente para promover a lixiviação do excesso de sais (Ribeiro et al., 2009). Outros produtos têm sido testados com bons resultados, como os adubos orgânicos, de fácil acesso aos pequenos produtores (Gomes et al., 2000; Santos et al., 2005).

A maior parte dos adubos de origem orgânica (animal ou vegetal) contém vários nutrientes para as plantas (particularmente nitrogênio e fósforo, além de pequenas quantidades de potássio e elementos raros). Embora em concentrações muito inferiores às dos inorgânicos, podem contribuir significativamente para a nutrição vegetal, tal como de outros benefícios.

Segundo Freire & Freire (2007), condicionadores orgânicos (esterco de curral, casca de arroz e vinhaça) também podem contribuir na redução da percentagem de sódio trocável (PST) devido, possivelmente à liberação de CO<sub>2</sub> e ácidos orgânicos durante a decomposição da matéria orgânica, além de atuarem como fontes de cálcio e magnésio, em detrimento do sódio.

Avaliando a possibilidade de uso desses produtos na recuperação de solos salino-sódicos, Gomes et al. (2000), relatam reduções na percentagem de sódio trocável (PST) nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade do solo, com destaque para a camada de 0-20 cm, quando ocorreram diminuições de 48,5 para 14% no tratamento com esterco de curral, de 46 para 29% para o tratamento com casca de arroz e de 25 para 17,7%, no tratamento com o uso de gesso.

Ainda segundo esses autores, no cultivo de arroz sob inundação, a salinidade (CEes), a PST e o pH do solo, tendem a diminuir com o tempo, sobremaneira na camada superficial (0-20 cm), independente do emprego dos condicionadores químicos ou orgânicos. Os menores valores de PST no solo foram obtidos com o uso do gesso, enquanto os menores valores de salinidade (CEes) no solo foram alcançados com utilização da vinhaça.

Outro condicionador químico utilizado na recuperação de solos salinos diz respeito aos polímeros e, dentre esses, o de poliacrilamida (PAM), que tem recebido maior destaque no cenário mundial (Almeida, 2008). O PAM é um condicionador de solos formado a partir da polimerização de monômeros de acrilamida e tem sido o mais indicado para a melhoria da qualidade física dos solos. Pesquisas com o uso do PAM como condicionador de solo se iniciaram em 1950 (Barvenik, 1994). Comparado com os primeiros polímeros usados nesta época, a nova geração de polímeros tem peso molecular mais elevado e maior solubilidade em água (Sojka & Lentz, 1994; Chan & Sivapragasam, 1996;), o que leva ao seu uso em baixas taxas de aplicação (Sivapalan, 2006).

Tem-se destacado, na Austrália, os efeitos da aplicação dos PAM's aniônicos no aumento da qualidade física de solos salinos, principalmente no aumento da sua retenção de água (Sojka & Surapaneni, 2000; Sivapalan, 2002). Outras pesquisas mostram o aumento da eficiência do PAM quando aplicado conjuntamente com gesso. Neste contexto, Wallace & Wallace (1996), estudando floculação de argilas pelo PAM, concluíram que é necessário o uso combinado deste polímero com produtos à base de cálcio para controle da erosão e melhoria da taxa de infiltração.

No Brasil poucos são os estudos realizados com os polímeros, que têm dado ênfase ao uso de polímeros denominados hidroabsorventes (Prevedello & Balena, 2000; Azevedo et al., 2002; Oliveira et al., 2004; Vale et al., 2006). Tais polímeros, também chamados hidrorretentores, não reagem com os constituintes do solo, exercendo apenas efeito direto, aumentando a retenção de água no solo, sendo que a maior parte da água armazenada nesses polímeros fica disponível em tensões relativamente baixas (Johnson, 1984). Portanto, há carência, no Brasil, de metodologias para o uso de outros tipos de polímeros, sobretudo com aplicação do PAM em solos salinos, para redução deste caráter nesses solos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do uso de diferentes condicionadores químicos e orgânicos em propriedades de um Neossolo Flúvico salino-sódico, visando à recuperação de seus atributos químicos e físicos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na instalação do experimento foi utilizada uma amostra de Neossolo Flúvico salino-sódico do Perímetro Irrigado de Custódia, Sertão de Pernambuco, coletado na profundidade de 0-20 cm; após a coleta a amostra de solo foi secada ao ar, destorroada e passada em peneira de 4 mm para a montagem do experimento e de 2 mm para as análises de caracterização química e física, conforme USSS Staff (Tabelas 1 e 2). Para a determinação da densidade do solo foi coletada uma amostra indeformada em cilindro volumétrico, na mesma profundidade.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, sendo aplicados 10 tratamentos: esterco ovino (40 t ha<sup>-1</sup>), esterco bovino (40 t ha<sup>-1</sup>), gesso (4 t ha<sup>-1</sup>) e seis concentrações do polímero (0,001, 0,005, 0,010, 0,025, 0,050 e 0,100%), além do tratamento testemunha (sem a utilização de condicionadores), em quatro blocos, totalizando 40 unidades

**Tabela 1.** Caracterização química da amostra de Neossolo Flúvico salino-sódico (0-20 cm)

pH <sub>H2O</sub>	Complexo de troca				Extrato da pasta saturada			
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CTC <sup>1</sup>	PST <sup>2</sup>	CEes <sup>3</sup>	pHes <sup>4</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%		dS m <sup>-1</sup>		mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>	
7,10	3,82	0,94	14,85	25,70	16,14	7,85	10,30	0,87

<sup>1</sup> Capacidade de troca de cátions<sup>2</sup> Percentagem de sódio trocável<sup>3</sup> Condutividade elétrica do extrato de saturação<sup>4</sup> pH do extrato de saturação**Tabela 2.** Caracterização física da amostra de Neossolo Flúvico salino-sódico (0-20 cm)

Composição granulométrica			Classe textural	Ds <sup>1</sup>	Dp <sup>2</sup>	P <sub>T</sub> <sup>3</sup>	K <sub>0</sub> <sup>4</sup>
Areia	Silte	Argila					
g kg <sup>-1</sup>				kg dm <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>	mm h <sup>-1</sup>	
623,6	190,7	185,7	Franco arenosa	1,40	2,58	0,46	0,00

<sup>1</sup> Densidade do solo<sup>2</sup> Densidade das partículas<sup>3</sup> Porosidade total<sup>4</sup> Condutividade hidráulica em meio saturado

experimentais. O polímero usado foi do tipo aniônico, à base de poliácridamida (PAM), de alto peso molecular, não tóxico ao ambiente, fabricado pela Cytec e denominado poliácridamida Superfloc A-130.

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Agronomia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, em que as unidades experimentais foram montadas em tubos de PVC com dimensões de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura, com um sistema de drenagem na base para a coleta do lixiviado. As colunas foram preenchidas com solo até os 150 mm de altura e os 50 mm restantes utilizados para aplicação da lâmina de lixiviação.

Antes do acondicionamento do solo na coluna, conforme cada tratamento, foram incorporados o esterco ovino, o bovino, o gesso e o polímero nas diferentes concentrações, estes em solução; após a aplicação dos condicionadores as colunas de solo foram umedecidas lentamente com água destilada até atingirem a saturação completa. Para evitar perdas por evaporação, as colunas foram cobertas na superfície com sacos plásticos e, em seguida, foi aplicada uma lâmina de lixiviação com água destilada.

A lâmina de lixiviação utilizada foi equivalente à precipitação média anual no município de Custódia, local de origem do solo, correspondente ao volume total de 4.680 mL para a área da coluna. Este volume foi dividido em dez frações de 468 mL, aplicadas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 e 70 dias após o período de saturação, sendo realizadas coletas do lixiviado no início (primeira parcela, aos sete dias) e no fim (última parcela, aos 70 dias) do experimento.

Após a última lixiviação foi realizada a determinação da condutividade hidráulica em meio saturado nas amostras das colunas; em seguida, com auxílio de anéis volumétricos (5,0 x 2,5 cm, diâmetro e altura, respectivamente) foram coletadas amostras para determinação da umidade volumétrica saturada (porosidade total), umidade volumétrica na tensão de -60 cm (macro e microporosidade) e densidade do solo, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). O restante das

amostras de solo das colunas foi colocado em bandejas para secagem ao ar, destorroado e passado em peneira de 2 mm, para posteriores análises químicas.

Nos lixiviados coletados aos 7 e 70 dias de passagem de água nas colunas foram medidos o pH e a CE, determinando-se os cátions Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> por fotometria de emissão de chama e o ânion Cl<sup>-</sup> por volumetria (USSS Staff, 1954).

Nas amostras de solo coletadas das colunas foi medido o pH em água (1:2,5), determinado o Na<sup>+</sup> trocável extraído com solução de acetato de amônio 1 mol L<sup>-1</sup> (pH 7,0) e dosado por fotometria de emissão de chama e a capacidade de troca de cátions, pelo método do acetato de sódio/acetato de amônio (USSS, 1954). A percentagem do sódio trocável (PST) foi calculada pela relação entre o sódio trocável e a capacidade de troca de cátions (CTC). Visando a determinação dos elementos solúveis, prepararam-se os extratos da pasta saturada medindo-se a CE e se determinando o teor de Na<sup>+</sup> por fotometria de emissão de chama.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Scott Knott, a nível de 0,05 de probabilidade, para comparação das médias entre os tratamentos aplicados ao solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

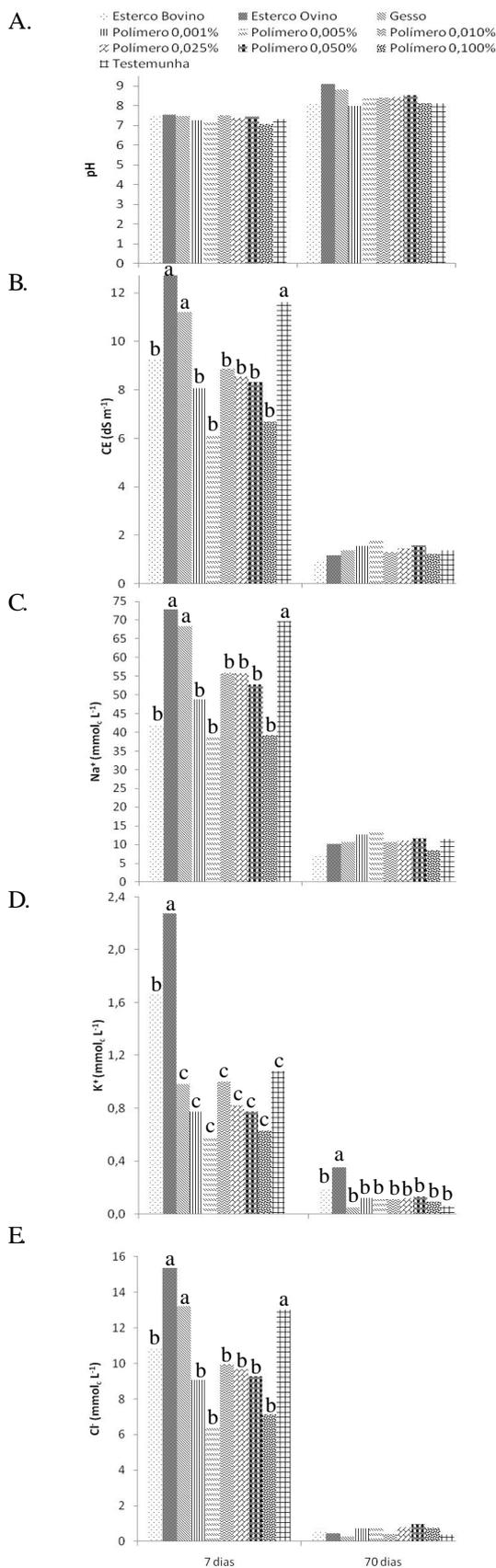
Observou-se uma grande diferenciação entre os lixiviados coletados aos 7 e 70 dias de passagem da água nas colunas, especialmente para a CE e os teores de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (Figura 1). O pH do lixiviado não foi alterado pelos tratamentos aplicados, verificando-se apenas um leve acréscimo de seus valores do primeiro (7 dias) para o último (70 dias) lixiviado coletado (Figura 1A).

O pH foi a única variável a ter seus valores aumentados de acordo com o grande número de lavagens; contudo, sem diferença significativa entre os tratamentos; esses resultados diferem daqueles obtidos por Silva et al. (2008) e Pessoa et al. (2010), que observaram redução nos valores de pH nos últimos lixiviados; no entanto, os autores utilizaram soluções salinas à base de cloretos na irrigação, o que pode ter promovido a saída de ânions carbonato e bicarbonato dos solos, contribuindo para a redução no pH, ao longo da lixiviação.

As outras variáveis avaliadas no lixiviado diferiram em função dos tratamentos aplicados, sobretudo na primeira coleta (Figura 1); aos 7 dias de lixiviação destacou-se a maior CE para o tratamento com aplicação de esterco ovino e gesso, semelhante à testemunha, enquanto o de esterco bovino teve valores próximos aos obtidos para os tratamentos de polímero (Figura 1B); essas diferenças, entretanto, desapareceram com o tempo de lixiviação já que, no último lixiviado, não foram observadas diferenças na CE dos tratamentos.

Os tratamentos de polímero não promoveram diferenças entre si na composição do lixiviado e estiveram sempre abaixo dos de esterco, gesso e, mesmo, da testemunha, mas ao final se igualaram a estes, o que pode indicar uma lixiviação mais lenta dos sais com o acréscimo deste produto.

Essas mesmas diferenças da CE também foram observadas para Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup>, que tiveram os maiores teores nos tratamentos



Obs.: Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Skott Knott

**Figura 1.** Valores de pH (A), CE (B) e teores de Na<sup>+</sup> (C), K<sup>+</sup> (D) e Cl<sup>-</sup> (E) dos lixiviados coletados aos 7 e 70 dias de lixiviação nas colunas do Neossolo Flúvico salino-sódico, em função do uso de condicionadores

com aplicação de esterco ovino, gesso e a testemunha no primeiro lixiviado (sete dias), diferenças que desapareceram no último lixiviado coletado (70 dias), enquanto para o K<sup>+</sup> os maiores teores foram observados nos tratamentos de aplicação dos estercos ovino e, depois, bovino, provavelmente pelo aporte deste elemento nos estercos utilizados (Figura 1A), o que se confirma pela superioridade desses dois tratamentos em K<sup>+</sup>, mesmo no lixiviado coletado aos 70 dias, enquanto para as outras variáveis avaliadas não houve diferença entre os tratamentos no lixiviado final.

Ressalte-se o efeito da lixiviação na diminuição da CE (Figura 1B), que caiu de 12,7 dS m<sup>-1</sup> (esterco ovino, aos 7 dias de lixiviação) para valores inferiores a 2,0 dS m<sup>-1</sup> (todos os tratamentos, aos 70 dias de lixiviação). A lixiviação deste solo com água de boa qualidade promoveu a retirada de sais em todos os tratamentos aplicados, até na testemunha, diferentemente do que foi observado por Silva et al. (2008) e Pessoa et al. (2010), que verificaram aumento na CE do lixiviado com o tempo; entretanto, referidos autores utilizaram soluções salinas na irrigação dos solos.

Os elevados teores de Na<sup>+</sup> nos lixiviados de todos os tratamentos se destacaram diante dos de K<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> (Figura 1C, D e E), devido à presença de Na<sup>+</sup> em elevadas concentrações no solo ao original (Tabela 1). Esses altos teores de Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> podem ser atribuídos à composição mineralógica dos solos ou à contribuição da irrigação com águas salinas, geralmente cloretadas sódicas, como observado por Fernandes et al. (2009), em Perímetro Irrigado com solos de mesma classe, no Sertão de Pernambuco.

Na avaliação do solo após a lixiviação observou-se que não houve influência dos tratamentos aplicados sobre o pH, a CEes e os teores de Na<sup>+</sup> no extrato de saturação (Tabela 3); no entanto, estes não foram os mesmos do início do experimento (Tabela 1). Verificou-se uma grande diminuição na CEes, que passou de 16,14 dS m<sup>-1</sup> para valores inferiores a 2,0 dS m<sup>-1</sup>, indicando a correção da salinidade do solo apenas com a passagem da lâmina de água, pois os tratamentos que receberam os condicionadores não diferiram da testemunha. No entanto, o pH permaneceu elevado, o que compromete o desenvolvimento das plantas pela indisponibilização de alguns

**Tabela 3.** Valores de pH do solo, condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), percentagem de sódio trocável (PST) e Na<sup>+</sup> no extrato de saturação do Neossolo Flúvico salino-sódico, em função do uso de condicionadores

Tratamento	pHes	CEes dS m <sup>-1</sup>	PST %	Na <sup>+</sup> mmolc L <sup>-1</sup>
Esterco bovino	8,35	1,58	6,85	12,57
Esterco ovino	8,51	1,39	6,57	12,13
Gesso	7,81	1,08	5,05	7,70
Polímero 0,001%	8,22	0,94	7,45	8,27
Polímero 0,005%	8,23	1,16	7,57	10,51
Polímero 0,010%	8,15	0,94	6,27	8,27
Polímero 0,025%	8,05	1,06	7,04	9,15
Polímero 0,050%	8,18	1,63	6,63	15,42
Polímero 0,100%	8,01	0,78	5,10	6,86
Testemunha	8,16	0,89	5,74	7,26
CV %	2,59	41,78	19,72	40,88

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Skott Knott a 0,05 de probabilidade

nutrientes (Freire & Freire, 2007), dificultando a utilização agrícola deste solo. Além disso, os teores de  $\text{Na}^+$  no extrato de saturação também permaneceram altos, podendo contribuir para a dispersão e movimentação de partículas coloidais no perfil, que podem obstruir poros, reduzindo a condutividade hidráulica do solo (Freire et al., 2003a).

Em solos afetados por sais, especialmente os sódicos, a água de irrigação deverá apresentar uma concentração salina maior que a do valor limite, para que as condições físicas sejam satisfatoriamente mantidas (Gupta & Abrol, 1990; Freire et al., 2003a). Todavia, quando no solo são aplicadas soluções mais concentradas para minimizar a dispersão, é preciso que sejam cultivadas plantas tolerantes às condições salinas, com um manejo adequado da água, para evitar a salinização e/ou sodificação. Por outro lado, a diluição da solução do solo pelo uso de águas de irrigação de boa qualidade, ou mesmo de chuva, pode incrementar a dispersão das argilas, acarretando o selamento superficial e dificultando a infiltração da água no perfil do solo (Minhas & Sharma, 1986).

A PST do solo foi consideravelmente diminuída com a lixiviação (Tabela 3), comparando-se com o valor inicial do solo (Tabela 1), entretanto, também não diferiu entre os tratamentos de condicionadores aplicados. A destruição da estrutura com o preparo do solo (destorroamento e peneiramento) pode ter promovido este comportamento similar entre o solo dos tratamentos submetido à passagem da água, permitindo uma lixiviação similar para todos.

Apesar disto, foram observadas, com a acomodação das partículas do solo devido à percolação promovida durante os 70 dias, diferenças na velocidade de passagem da lâmina aplicada entre os tratamentos, que refletiram nos resultados da condutividade hidráulica em meio saturado (Tabela 4). Assim, ao final da passagem da lâmina de lixiviação o valor de  $K_0$  foi superior quando aplicado o esterco bovino, seguido dos tratamentos de esterco ovino, gesso e polímero na menor concentração (0,001%); nos demais tratamentos de polímero e na testemunha a  $K_0$  foi nula, indicando que o solo está com condições físicas degradadas para o manejo da irrigação.

Devido ao baixo custo deste condicionador, o gesso parece ser uma fonte alternativa satisfatória na busca do aumento das taxas de fluxo de água nos poros deste solo. De fato, outras pesquisas já têm acenado para o grande potencial deste produto na melhoria da qualidade do solo. Rosa Júnior et al. (2006) afirmam que sua aplicação melhora as características físicas do solo, especialmente o tamanho dos agregados, reduz os valores de argila dispersa em água, induzindo aumentos no grau de floculação. Em solos afetados por sódio, o gesso reduz o selamento superficial, aumentando a taxa de infiltração de água no solo (Malik et al., 1991).

Embora os tratamentos com polímero não tenham aumentado a  $K_0$  (exceto para a concentração 0,001%), promoveram um aumento na macroporosidade (Tabela 4). Este efeito se deve, provavelmente, à ação aglutinadora do PAM, aumentando o tamanho dos agregados, sobretudo em concentrações mais baixas, como observado na de 0,005%, com um aumento de 16% na macroporosidade. Nessas concentrações o PAM é adsorvido de modo específico e tais mecanismos de adsorção à superfície dos agregados dos solos explicam este comportamento. Malik & Letey (1991), estudando o efeito do tamanho de partículas do solo na adsorção de PAM, comentaram que a viscosidade da solução do polímero interfere na sua penetração em agregados dos solos e, quanto mais diluído, melhores são os efeitos de sua aplicação ao solo.

Quanto ao efeito dos condicionadores na densidade do solo, todos promoveram, de um modo geral, diminuição na compactação do solo, fato confirmado pelos seus valores menores que a testemunha, sendo os esterco aqueles mais eficientes, o que se deve ao aumento do volume dos poros, promovido com a incorporação desses esterco ao solo, comprovado com os maiores valores de umidade volumétrica na saturação dos solos, isto é, maior porosidade total (Tabela 4). Por outro lado, a densidade do solo foi alterada em relação à amostra de solo ao original (Tabela 2); isto se explica pela destruição da estrutura com o preparo do solo para a montagem das colunas, com o destorroamento e peneiramento, atingindo valores bem inferiores, com pequenas alterações entre os tratamentos aplicados.

**Tabela 4.** Resultados das variáveis físico-hídricas do Neossolo Flúvico salino-sódico em função do uso de condicionadores

Tratamento	$\theta_{\text{sat}}^1$	$\theta_{-60\text{cm}}^2$	Macro <sup>3</sup>	Micro <sup>4</sup>	Ds <sup>5</sup>	$K_0^{6*}$
			$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$		$\text{kg dm}^{-3}$	$\text{mm h}^{-1}$
Esterco bovino	0,326	0,257	0,070	0,257	0,95	1,5 A
Esterco ovino	0,320	0,254	0,065	0,254	0,96	1,1 B
Gesso	0,310	0,241	0,069	0,241	0,99	0,8 B
Polímero 0,001%	0,311	0,237	0,074	0,237	0,98	0,8 B
Polímero 0,005%	0,313	0,243	0,070	0,243	1,01	0,0 C
Polímero 0,010%	0,308	0,235	0,073	0,235	0,99	0,0 C
Polímero 0,025%	0,303	0,237	0,066	0,237	1,01	0,0 C
Polímero 0,050%	0,317	0,237	0,080	0,237	0,96	0,0 C
Polímero 0,100%	0,311	0,238	0,074	0,238	0,99	0,0 C
Testemunha	0,310	0,240	0,069	0,240	1,01	0,0 C
CV %	3,84	3,22	5,95	3,77	2,72	90,59

<sup>1</sup> Umidade volumétrica na saturação

<sup>2</sup> Umidade volumétrica na tensão de -60 cm de coluna de água

<sup>3</sup> Macroporosidade

<sup>4</sup> Microporosidade

<sup>5</sup> Densidade do solo

<sup>6</sup> Condutividade hidráulica em meio saturado

\* Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade

É de conhecimento geral que a matéria orgânica atua como agente ligante entre os componentes dos solos, interferindo de maneira positiva nos seus atributos físicos, aumentando a condutividade hidráulica e a infiltração de água (Freire & Freire, 2007). Em solos salinos e sódicos, efeitos da matéria orgânica podem ser bastante positivos ao promover maior agregação às partículas do solo, com diminuição da dispersão promovida pelo sódio. No entanto, estudos referentes à natureza das interações que ocorrem entre o sódio, cálcio e magnésio trocáveis com os tipos de compostos orgânicos em diversos níveis precisam ser incrementados para verificar o potencial de uso de resíduos orgânicos em solos afetados por sais, bem como os efeitos dos sais na sua decomposição, contribuindo para o entendimento do comportamento físico e químico desses solos, e para a implementação de técnicas de manejo, com base científica confiável.

A água destilada aplicada na lixiviação diluiu os sais no solo, diminuindo sua salinidade, expressa pela CE<sub>s</sub> (Tabela 3); no entanto, os valores de PST, mesmo sendo inferiores ao limite de solos sódicos, conforme o USSS (1954), ainda permaneceram elevados para o solo em questão comprometendo, nele, a infiltração de água. Freire et al. (2003a), trabalhando com solos da mesma região, verificaram que valores inferiores aos observados neste trabalho foram suficientes para promover uma drástica redução da K<sub>0</sub>, dificultando seu uso com irrigação, atribuindo este comportamento diferenciado à mineralogia dos solos, com presença de argilominerais do tipo 2:1 expansivos, que são mais reativos à presença de Na<sup>+</sup> no sistema.

Isto comprova que a irrigação com água de boa qualidade em solos salino-sódicos pode diminuir sua salinidade mas prejudicar os atributos físicos desses solos, pela potencialização dos efeitos dispersivos do Na<sup>+</sup>, sendo preferível o uso de águas com concentrações mais altas de sais, desde que sejam sais de Ca<sup>2+</sup>, por ser este floculante e atuar na correção da sodicidade dos referidos solos, o que pode ser obtido pelo uso do gesso (Ribeiro et al., 2009).

## CONCLUSÕES

1. As propriedades físico-hídricas do Neossolo Flúvico salino-sódico estudado, foram melhoradas com o uso dos esterco, gesso e polímero a 0,001%.

2. O polímero aniônico à base de poliácridamida utilizado em concentrações superiores a 0,001%, não foi efetivo na melhoria do solo em estudo.

## LITERATURA CITADA

Almeida, B. G. Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008. 105p. Tese Doutorado

Azevedo, T. L. F.; Bertonha, A.; Gonçalves, A. C. A.; Freitas, P. L. de; Rezende, R.; Frizzzone, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. *Acta Scientiarum*, v.24, p.1239-1243, 2002.

Barvenik, F. W. Polycrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science*, v.158, p.235-243, 1994.

Chan, K. Y.; Sivapragasam, S. Amelioration of a degraded hardsetting soil using an anionic polymeric conditioner. *Soil Technology*, v.9, p.91-100, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

Fernandes, J. G.; Freire, M. B. G. dos S.; Cunha, J. C.; Galvêncio, J. D.; Corrêa, M. M.; Santos, P. R. dos. Qualidade físico-química das águas utilizadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, p.27-34, 2009.

Freire, M. B. G. S.; Freire, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. cap.16, p.929-954.

Freire, M. B. G. S.; Ruiz, H. A.; Ribeiro, M. R.; Ferreira, P. A.; Alvarez V., V. H.; Freire, F. J. Condutividade hidráulica de solos de Pernambuco em resposta à condutividade elétrica e RAS da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.45-52, 2003a.

Freire, M. B. G. S.; Ruiz, H. A.; Ribeiro, M. R.; Ferreira, P. A.; Alvarez V., V. H.; Freire, F. J. Estimativa do risco de sodificação de solos de Pernambuco pelo uso de águas salinas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.227-232, 2003b.

Gomes, E. M.; Gheyi, H. R.; Silva, E. F. de França e. Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, p.355-361, 2000.

Gupta, R. K.; Abrol, I. P. Salt affected soils: Their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Science*, v.11, p.224-288, 1990.

Johnson, M. S. The effects of gel-forming polycrylamides on soil moisture storage in sandy soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.35, p.1196-1200, 1984.

Malik, M.; Amrhein, C.; Letey, J. Polyacrylamide to improve water flow and salt removal in a high shrink-swell soil. *Soil Science Society of America Journal*, v.55, p.1664-1667, 1991.

Malik, M.; Letey, J. Adsorption of polyacrylamide and polysaccharide polymers on soil material. *Soil Science Society of America Journal*, v.55, p.380-383, 1991.

Minhas, P. S.; Sharma, D. R. Hydraulic conductivity and clay dispersion as affected by application sequence of saline and simulated rain water. *Irrigation Science*, v.63, p.159-167, 1986.

Oliveira, R. A.; Rezende, L. S.; Martinez, M. A.; Miranda, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, p.160-163, 2004.

Pessoa, L. G. M.; Oliveira, E. E. M. de; Freire, M. B. G. dos S.; Freire, F. J.; Miranda, M. A.; Santos, R. L. dos. Composição química e salinidade do lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, p.406-412, 2010.

- Prevedello, C. L.; Balena, S. P. Efeito de polímeros hidroretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.251-258, 2000.
- Ribeiro, M. R.; Barros, M. F. C.; Freire, M. B. G. S. Química dos solos salinos e sódicos. In: Melo, V. F.; Alleoni, L. R. (ed) In: *Química e mineralogia do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. v.2., cap.19, p.449- 484, 2009.
- Rosa Júnior, E. J.; Martins, R. M. G.; Rosa, Y. B. C. J.; Cremon, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.36, p.37-44, 2006.
- Santos, M. de F. G. dos; Oliveira, F. A. de; Cavalcante, L. F.; Medeiros, J. F. de; Souza, C. C. de. Solo sódico tratado com gesso agrícola, composto de lixo urbano e vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.9, p.307-313, 2005.
- Silva, M. de O.; Freire, M. B. G. dos S.; Mendes, A. M. S.; Fernandes, M. B.; Oliveira, D. A. de. Composição do lixiviado em quatro solos do Rio Grande do Norte irrigados com águas salinas. *Revista Caatinga*, v.21, p.189-203, 2008.
- Silva, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido: Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. Brasília: Centro de Desenvolvimento Sustentável/UNB, 2006. 298p. Tese Doutorado
- Sivapalan, S. Potential use of polyacrylamides (PAM) in Australian irrigated agriculture. In: *Irrigation Australia 2002 Conference, 2002, Sydney. Proceedings...* Sydney: National Committee of Australia/International Commission on Irrigation and Drainage, 2002. p.339-346.
- Sivapalan, S. Benefits of treating a sandy soil with a crosslinked type polyacrylamide. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.46, p.579-584, 2006.
- Sojka, R. E.; Lentz, R. D. Time for yet another look at soil conditioners. *Soil Science*, v.158, p.233-234. 1994.
- Sojka, R. E.; Surapaneni, A. Potential use of polyacrylamide (PAM) in Australian agriculture to improve off and on-site environmental impacts and infiltration management. Tatura: Institute for Sustainable Irrigated Agriculture, 2000. 39p. Final Report UNE 39
- USSL - United States Salinity Laboratory. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. 1.ed. Washington: United States Department of Agriculture, 1954. 160 p.
- Vale, G. F. R.; Carvalho, S. P.; Paiva, L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. *Coffee Science*, v.1, p.7-13. 2006.
- Wallace, A.; Wallace, G. A. Need for solution or exchangeable calcium and/or critical EC level for flocculation of clay by polyacrylamides. In: *Managing Irrigation-Induced Erosion and Infiltration with Polyacrylamide*, 1996, Twin Falls. Proceedings... Twin Falls: University of Idaho, 1996. p.59-63.