

Períodos de incubação de enxofre elementar em atributos químicos de um solo salinizado**Elemental sulfur incubation periods in chemical attributes of a salinized soil**

DOI:10.34117/bjdv5n9-151

Recebimento dos originais: 20/08/2019

Aceitação para publicação: 23/09/2019

Pedro Jorge da Silva Severo

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, Pombal -PB, Brasil
Email: pjorgesevero33@gmail.com

Josinaldo Lopes Araujo Rocha

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, Pombal -PB, Brasil
Email: jhosinal_araujo@yahoo.com.br

Leônidas Canuto dos Saltos

Graduando em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, Pombal -PB, Brasil
Email: canuto.100@hotmail.com

Israel Almeida da Silva

Graduado em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, Pombal -PB, Brasil
Email: israelfla81@gmail.com

Amanda Ferreira da Silva

Graduanda em Agronomia
Instituição: Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 - Pereiros, Pombal -PB, Brasil
Email: amandafferreiradasilva18@hotmail.com

RESUMO

Os solos das regiões áridas e semiáridas podem naturalmente conter sódio trocável em teores suficientes para reduzir significativamente o desenvolvimento e a produtividade da maioria culturas. Entre os métodos empregados na recuperação destes solos, destaque-se o uso de produtos químicos como ácido sulfúrico, sulfato de cálcio e enxofre elementar. No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito do enxofre elementar sobre os atributos químicos de um solo com altos teores de sais solúveis e Na^+ trocável. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação, utilizando-se amostras de um Neossolo Flúvico sódico sálico de textura franco-arenosa. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso e com um arranjo fatorial 4 x 5 com 5 repetições. O primeiro fator correspondeu a quatro doses de enxofre elementar (S^0) (0,400,

800 e 1.200 mg dm⁻³) enquanto que segundo correspondeu a cinco períodos de incubação (0; 7, 14, 21 e 28 dias). Foram avaliados os teores de Ca²⁺+Mg²⁺, K⁺, Na⁺ e os valores de pH, CEes, PST e a CTC do solo. O enxofre elementar influenciou positivamente os atributos químicos do solo, aumentando os teores de Ca²⁺+Mg²⁺ e o valor da CTC do solo, reduzindo o teor de Na⁺ trocável e os valores de pH, PST, proporcionando assim melhor fertilidade. Os períodos de incubação também proporcionaram melhores resultados na ação do enxofre elementar. Contudo, para que se possa atingir valores os pH 6,5 e PST 15%, adequados para a maioria das culturas agrícolas, se faz necessário períodos de incubação de 58 e 184 dias, respectivamente. Já para atingir esses valores, em função das doses, se faz necessário doses de 3000 e 6539 mg de S⁰ dm⁻³ de solo.

Palavras Chave: Salinidade, sodicidade, correção, enxofre elementar.

ABSTRACT

Soils in arid and semi-arid regions can naturally contain sufficient exchangeable sodium to significantly reduce the development and yield of most crops. Among the methods employed in the recovery of these soils, we highlight the use of chemicals such as sulfuric acid, calcium sulfate and elemental sulfur. The present work aimed to evaluate the effect of elemental sulfur on the chemical attributes of a soil with high soluble salts and exchangeable Na + contents. The experiment was carried out in a greenhouse, using samples of a sandy-sandy saline Fluvic Sodium Floss. A randomized complete block design with a 4 x 5 factorial arrangement with 5 replications was used. The first factor corresponded to four doses of elemental sulfur (S⁰) (0, 400, 800 and 1200 mg dm⁻³) while the second factor corresponded to five incubation periods (0; 7, 14, 21 and 28 days). The Ca²⁺+ Mg²⁺, K⁺, Na⁺ contents and the pH, CEes, PST and soil CTC values were evaluated. Elemental sulfur positively influenced the chemical attributes of the soil, increasing the Ca²⁺+ Mg²⁺ contents and the soil CTC value, reducing the exchangeable Na⁺ content and the pH, PST values, thus providing better fertility. Incubation periods also provided better results on the action of elemental sulfur. However, in order to achieve pH 6.5 and PST 15%, suitable for most crops, incubation periods of 58 and 184 days, respectively, are required. Already to reach these values, depending on the doses, it is necessary doses of 3000 and 6539 mg of S⁰ dm⁻³ of soil.

Keywords : Salinity, sodicity, correction, elemental sulfur.

1 INTRODUÇÃO

Nos perímetros irrigados de regiões áridas e semiáridas do mundo, o excesso de sais solúveis e de Na⁺ trocável no solo constitui uma das principais causas da diminuição do crescimento e produção das culturas (QADIR et al., 2007). No Brasil, o Nordeste é a região onde esse processo é mais intenso, devido a condições edafoclimáticas como elevada temperatura, baixa pluviosidade e adição de sais via água de irrigação, em condições de drenagem deficiente (RIBEIRO et al., 2003).

Solos salino-sódicos são aqueles que apresentam elevados teores de sais solúveis associados a elevados teores de sódio trocável. Esses solos apresentam CEes a 25°C maior que 4,0 dS m⁻¹, PST superior a 15% e pH raramente superior a 8,5. Nestes solos a simples lavagem

não é suficiente para sua recuperação. Nesta condição, o excesso de sódio aliado ao seu elevado raio hidratado, promove dispersão de argilas, que podem ser iluviadas no perfil do solo, entupindo os poros, e promovendo a formação de camadas adensadas ou impermeáveis. Essas características, de forma direta ou indireta, proporcionam desequilíbrios fisiológicos e nutricionais nas plantas, ocasionando diminuição no crescimento e produtividade das culturas (SOUSA et al., 2012, SÁ et al., 2015).

A escolha da técnica ou estratégia adequada para a recuperação ou remediação de solos afetados pela salinidade depende do tipo de problema a ser enfrentando. No Perímetro Irrigado de São Gonçalo, Distrito de Sousa (PB), onde se estima que 40% dos lotes estão afetados pela salinidade, quase sempre, o excesso de sais está associado com o excesso de sódio trocável, o que exige o uso de corretivos e, ou técnicas capazes de eliminar este cátion da zona radicular das plantas.

O enxofre elementar, em muitos trabalhos, demonstrou ser eficiente na diminuição do Na trocável, além de contribuir com a redução do pH do solo (SÁ et al. 2013a e 2013b, KARIMIZARCHI et al. 2014, SÁ et al. 2018). O processo de oxidação do enxofre elementar (S^0) ocorre principalmente pela ação de bactérias do gênero *Acidithiobacillus* (STAMFORD et al. 2002), que oxidam o S^0 a SO_4^{2-} e, após reação com o H^+ da hidrólise da água, produzem ácido sulfúrico, reduzindo o pH do solo (STAMFORD et al. 2002, HEYDARNEZHAD et al. 2012).

Portanto, a recuperação de solos com problema de salinidade é de suma importância para a continuidade das atividades agrícolas.

Assim sendo, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência das doses do enxofre elementar nos atributos químicos de um solo com excesso de sais e de sódio trocável, sob condições de diferentes períodos de incubação em 70% da capacidade de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), Campus de Pombal-PB.

Foram utilizadas amostras de um NEOSSOLO FLÚVICO, salino sódico, textura franco arenosa. As amostras foram coletadas na camada de 0-20 cm, no Perímetro Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km do município de Sousa (PB) ($6^{\circ}50'15,24''S$, $38^{\circ}17'53,29''W$ e altitude de 233 m).

Na caracterização inicial do solo (Tabela 1), realizada conforme Embrapa (2011), foram avaliados a condutividade eletrolítica do extrato de saturação (CEes), pH, teores trocáveis de Na, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P disponível e matéria orgânica. Os teores trocáveis de Na⁺ foram determinados pela diferença entre os teores desse cátion extraído com a solução de Mehlich-1 e os teores solúveis de Na⁺ obtidos na pasta saturada (Richards 1954). Os teores de matéria orgânica foram estimados pelo método da via úmida (Embrapa 2011). Com os teores trocáveis dos cátions analisados, foram estimados a capacidade de troca de cátions potencial (CTC), porcentagem de Na⁺ trocável (PST), relação Ca:Mg e as porcentagens de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ na CTC do solo. Em virtude dos elevados valores de pH do solo, os teores de H + Al não foram avaliados, pressupondo-se que seus valores seriam nulos.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do Neossolo Flúvico salino-sódico utilizado no experimento. (Pombal – PB, 2019)

Atributos	Valor
pH (CaCl ₂)	10,15
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,33
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	4,60
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,80
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,30
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	0,00
SB (cmol _c dm ⁻³)	6,02
CTC (cmol _c dm ⁻³)	6,02
CEes (dS m ⁻¹)	11,50
V (%)	100,00
PST (%)	76,30
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00
M.O. (g kg ⁻¹)	13,00
Areia (g kg ⁻¹)	569,00
Silte (g kg ⁻¹)	271,00
Argila (g kg ⁻¹)	160,00
Ds (g cm ⁻³)	1,43
Dp (g cm ⁻³)	2,63
Porosidade (m ³ m ³)	0,44

Análises realizadas conforme Embrapa (2011). PST: porcentagem de Na trocável; CE_{es}: condutividade eletrolítica do extrato de saturação; M.O.: matéria orgânica, pelo método Walkley-Black; P e K⁺: extraídos por Mehlich-1; Na⁺: teor de sódio obtido pela diferença entre os teores extraídos pela solução de Mehlich-1 e os teores da pasta saturada; Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis extraídos em KCl 1,0 mol L⁻¹.

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com um arranjo fatorial 4 x 5, com 5 repetições, sendo quatro doses de S^0 (0, 400, 800 e 1.200 mg dm^{-3}) e cinco períodos de incubação (0; 7, 14, 21 e 28). Cada unidade experimental foi constituída por um vaso contendo 1,0 dm^3 de solo. A fonte de S^0 foi o enxofre puro p.a. com 99 % de pureza. A quantidade de enxofre elementar foi determinada através do cálculo utilizado na determinação da quantidade necessária de sulfato de cálcio para diminuir o PST para 15%.

Após a incorporação dos corretivos em todo o volume de solo, em cada tratamento, em cada vaso o solo foi mantido por 28 dias com umidade correspondente a 70 % da capacidade de campo. Para manutenção constante dessa proporção da capacidade campo ao longo dos períodos de incubação, a massa de água perdida pela a evaporação. Para isso, após a aplicação da lamina d'água referente à quantidade necessária para suprir a proporção da capacidade de campo estabelecida, foi feita a pesagem de cada vaso; a cada dois (2) dias foram feitas pesagens até o final do período de incubação, tomando como sendo a massa de água perdida por evaporação a diferença entre a pesagem inicial e a dos intervalos de cada pesagem.

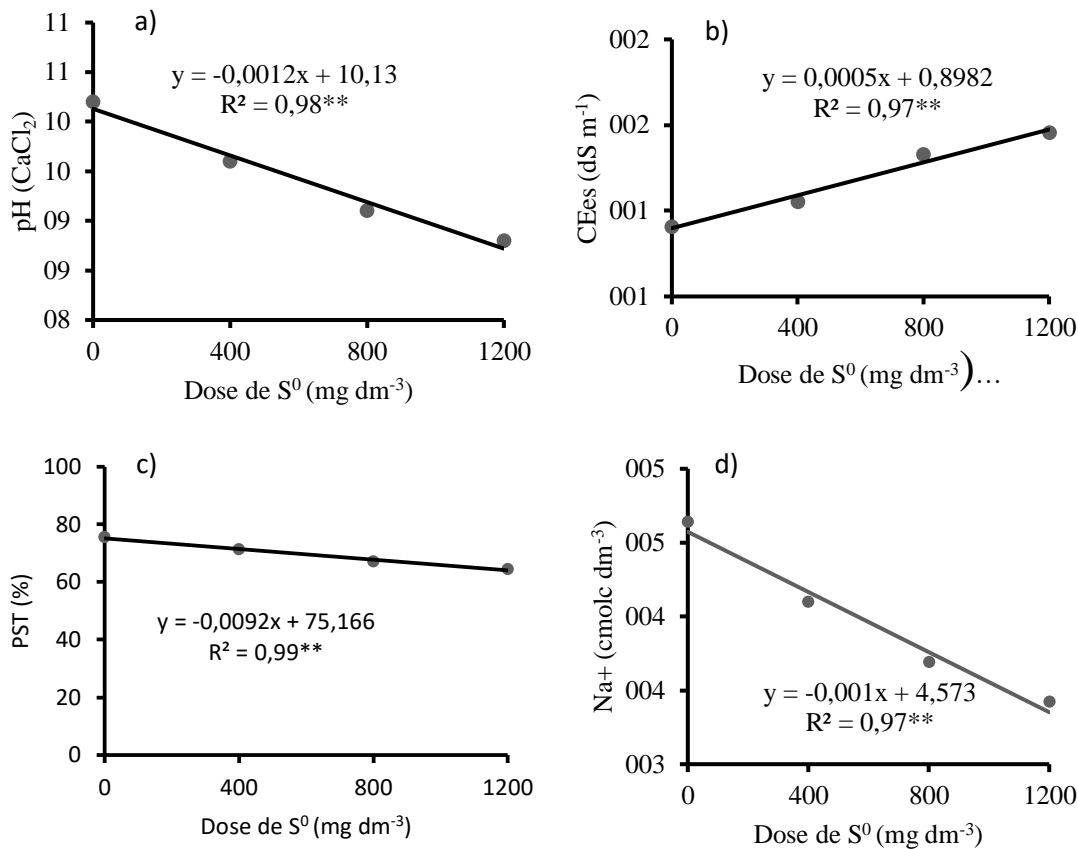
Após o período de incubação, aplicou-se uma lâmina de lixiviação com volume de água (CEes = 0,2 dS m^{-1}) equivalente a duas vezes a porosidade total do solo. Após a lixiviação dos sais, foram retirados, de cada vaso, cerca de 300 g de solo, com os quais foi realizada uma nova caracterização química, para fins de fertilidade (EMBRAPA 2011) onde foram avaliados CEes (condutividade elétrica), pH ($CaCl_2$), teores trocáveis de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ . Os teores trocáveis de Na^+ foram determinados pela diferença entre os teores desse cátion extraído com a solução de Mehlich-1 e os teores de Na^+ extraídos em água. Com estes dados foram estimados a CTC (capacidade de troca de cátions potencial), a PST (percentagem de sódio trocável) e a relação Ca:Mg.

A análise estatística consistiu na análise de variância e de regressão polinomial, utilizando-se o programa SISVAR 4.1 (FERREIRA 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre as doses de S^0 e os períodos de incubação, todavia, a maioria dos atributos avaliados foram influenciados significativamente por esses fatores de modo isolado (Figura 1). Observou-se, também, que os valores de pH (Figura 1a), PST (Figura 1c) e Na^+ (Figura 1d) diminuíram em função do progressivo aumento das doses de S^0 (Figura 1a). No entanto, houve aumento da CEes (Figura 1b).⁰⁻³

Figura - 1. Valores de pH (a), condutividade eletrolítica (CEEs) do extrato de saturação (b), porcentagem de Na⁺ trocável (PST) (c) e valores de Na⁺ trocável, em função de doses de enxofre elementar (S⁰), em Neossolo Flúvico salino-sódico (Pombal, PB, 2019). ** significativo a 5 % pelo teste t.

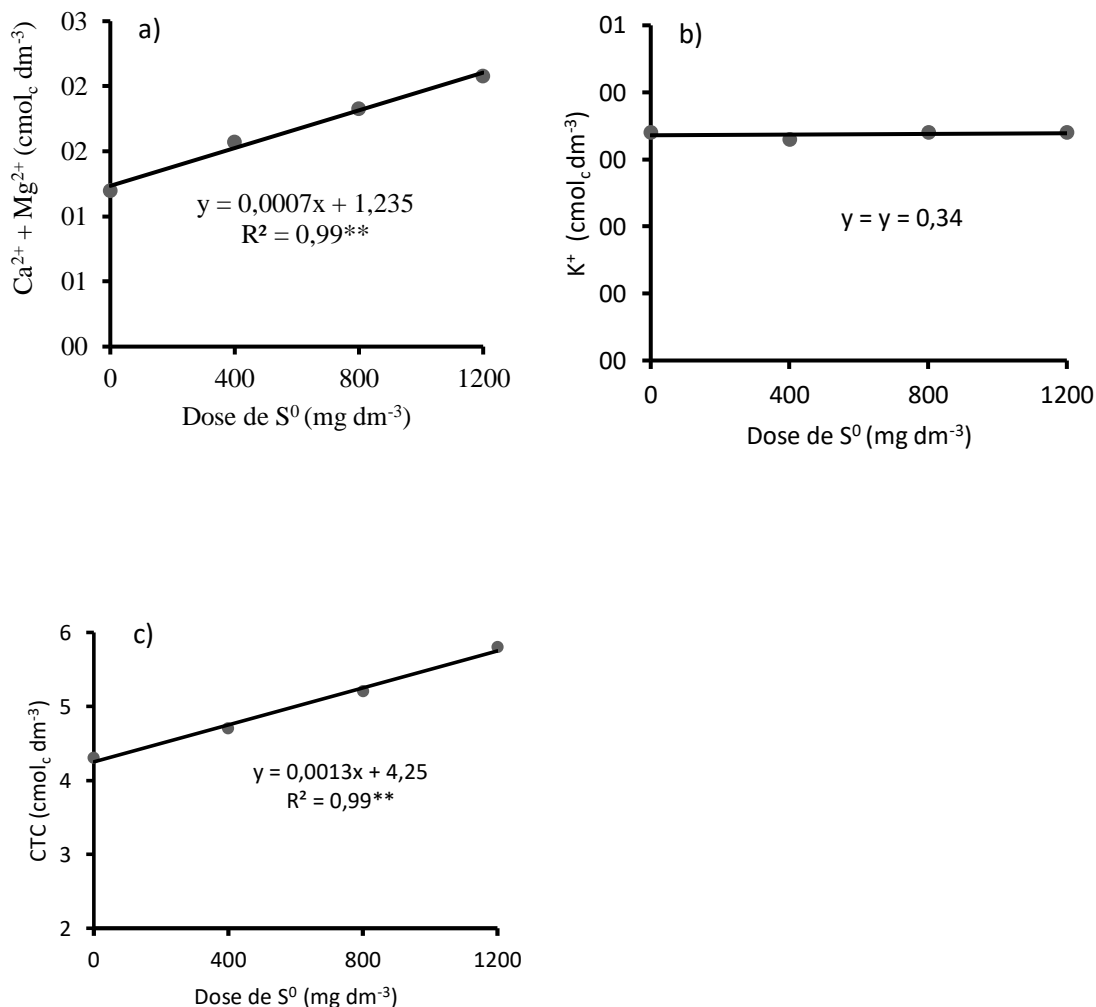


A redução do pH provocada pelo enxofre elementar deve-se à oxidação biológica desse produto, a qual gera ácido sulfúrico no solo (STAMFORD et al., 2007) e também pelo efeito indireto pelo aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo, os quais substituem o Na⁺ no complexo sortivo. De acordo com a equação do gráfico da figura 1a, para que o pH possa atingir um valor de 6,5, seria necessária aproximadamente uma dose de 3000 mg de S⁰ dm⁻³ de solo. A diminuição da PST é resultante da diminuição dos teores trocáveis de Na⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺, assim como a geração de sulfato no solo. Neste processo o sódio é deslocado para a solução do solo o qual reage com os ânions sulfatos, formando sulfato de sódio o qual é removido após a aplicação de uma lâmina de água. Assim, o sulfato e os íons H⁺ gerados pela oxidação biológica do enxofre, favoreceu a lixiviação de sódio e íons HCO₃⁻ contribuindo, desta forma, para a diminuição dos teores de Na⁺, dos valores de pH, PST do solo (LEITE et al., 2007). Resultados semelhantes foram observados em outros trabalhos (STAMFORD et al., 2002; STAMFORD et al., 2007; PEREIRA et al., 2010; SOUSA et al., 2012). Pela equação da figura 1c estima-se que para o PST possa resultar em um valor de ideal

de 15%, seria necessária uma dose de 6539 mg de S^0 dm^{-3} de solo. O aumento da CEes, com as doses de enxofre, pode ter sido proporcionado pela elevação na concentração de íons solúveis como o Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{-2} e o próprio H^+ gerado com a oxidação do S^0 (SÁ et al. 2015, STAMFORD et al. 2015).

Os teores de $Ca^{2+}+Mg^+$ (Figura 2a) e a CTC (Figura 2c) do solo aumentaram linearmente com as doses de S^0 . Porém, o teor de K^+ (Figura 2b) se manteve constante, independentemente da dose de S^0 utilizada. ⁻³

Figura - 2. Valores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (a), K^+ trocável (b) e CTC (c), em função de doses de enxofre elementar (S^0), em Neossolo Flúvico salino-sódico (Pombal, PB, 2019). ** significativo a 5 % pelo teste t.

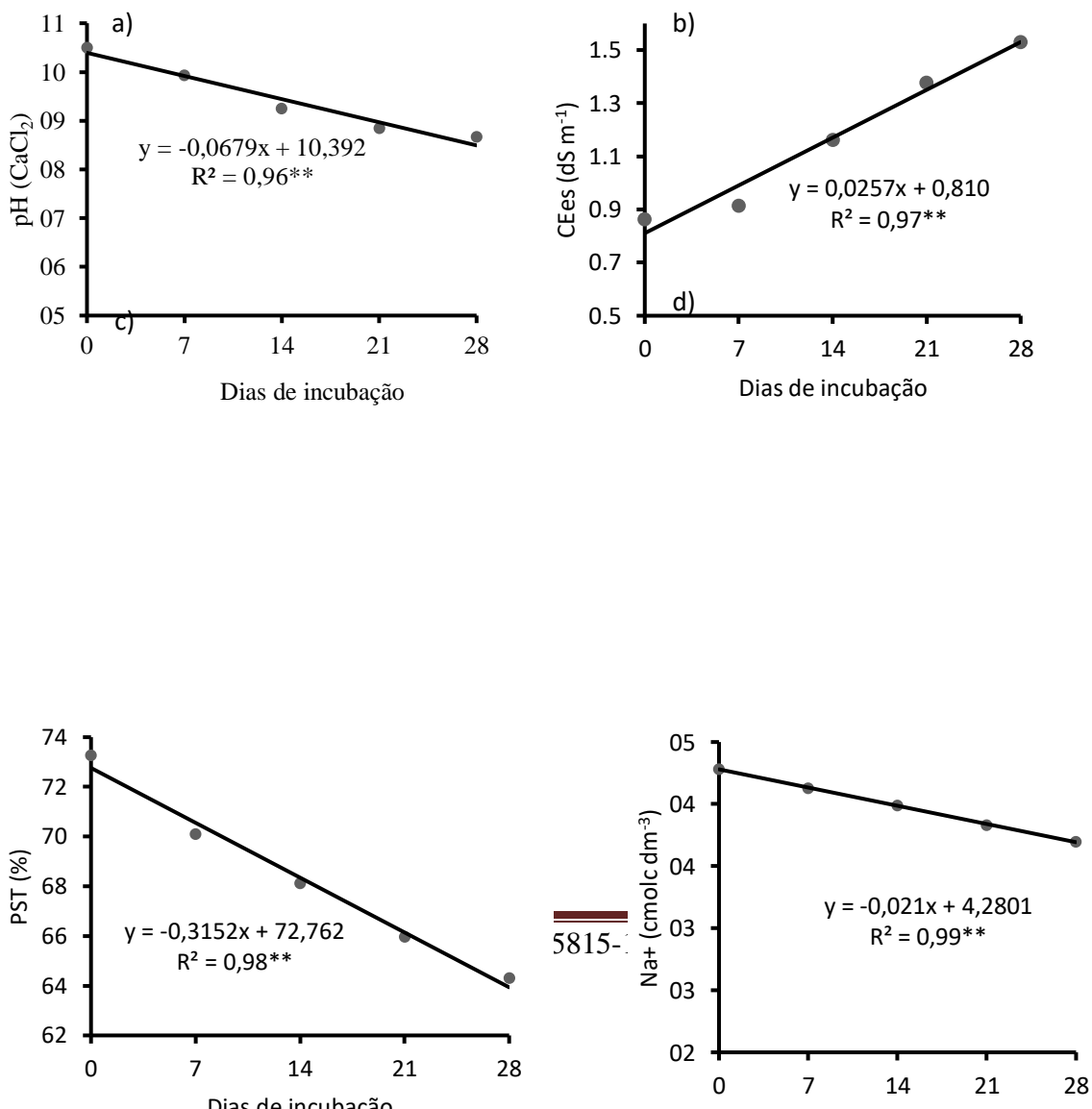


O aumento de $Ca^{2+}+Mg^+$ ocorreu como efeito indireto da redução do pH, que por sua vez condicionou o aumento de cargas negativas do solo, favorecendo a retenção desses cátions. Adicionalmente, a acidez gerada pela oxidação do S^0 , possivelmente, a solubilização de minerais primários contendo Ca^{2+} e Mg^+ , como calcita, dolomita e feldspatos, normalmente

encontrados nesses solos (CORREIA et al. 2003, AMEZKETA et al. 2005), elevando, assim, os seus teores trocáveis. Resultados semelhantes foram observados por Sousa et al. (2012) e Sá et al. (2013b). A elevação da CTC, deve-se, em princípio, ser atribuída também a geração de cargas negativas no solo. Contudo, esse aumento, em parte, deve-se a um aumento dos teores solúveis de Ca^{2+} e Mg^{+} . Em contrapartida desses resultados, a elevação da CTC não tem nenhuma influência dos teores de K^{+} , uma vez que esse atributo se manteve constante e de modo independente da dose de S^0 , assim como observado em trabalhos de Araújo et al. (2015) e Lucena et al. (2015).

A crescente dos dias sobre a incubação foi fator preponderante para o efeito do corretivo no solo, sendo que os melhores resultados, referentes à influência na melhoria dos atributos pH (Figura 3a), CEes (Figura 3b), PST (Figura 3c) e Na^{+} trocável (Figura 3d), foram observados à mediada que se prolongou o tempo da de incubação do S^0 .

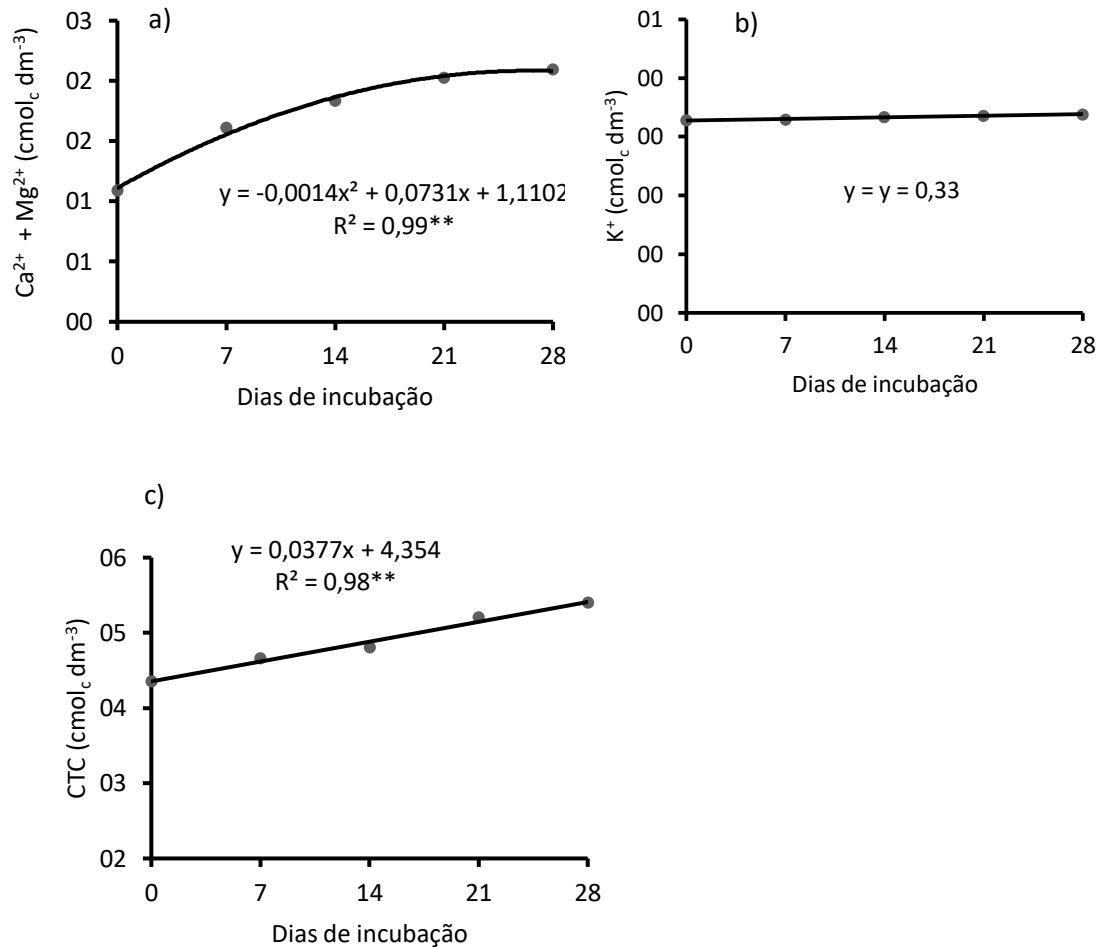
Figura - 3. Valores de pH (a), condutividade eletrolítica (CEes) do estrato de saturação (b), porcentagem de Na^{+} trocável (PST) (c) e valores de Na^{+} trocável, em função dos dias de incubação do solo com S^0 , em Neossolo Flúvico salino-sódico (Pombal, PB, 2019). ** significativo a 5 % pelo teste t.



A redução linear do pH pode ser atribuída a um maior acúmulo de H^+ na solução do solo, como consequência da oxidação biológica do S^0 e em função do progressivo aumento do tempo de incubação. Resultados semelhantes foram encontrados em Silva et al. (2014). De acordo com equação do gráfico da figura 3a, para que o pH do solo possa atingir um valor de 6,5, seria necessário um período de incubação de 58 dias. O declínio no PST também pode ser atribuído ao aumento da acidez gerada no solo e pelo aumento da solubilidade de Ca^+ e Mg^+ , que por força de concentração deslocam o Na^+ do complexo sortivo para a solução do solo. A equação do gráfico da figura 3c mostrou que para o PST atingir um valor ideal de 15%, sob estas condições de experimento, seria necessário um período de incubação de aproximadamente 184 dias.

O aumento na CEes em função dos dias de incubação de S^0 , análogo ao que aconteceu em função do acréscimo das doses de S^0 , ocorreu, provavelmente, como efeito direto da maior solubilidade dos cátions $Ca^+ + Mg^+$ (Figura 4a) gerada pelo aumento da acidez em função dos dias. Contudo, como os valores de K^+ trocável (figura 4b) se mantiveram inalterados, não houve influência desse cátion para o aumento da CEes observado. Não foram encontrados resultados semelhantes na literatura para o declínio de PST, Na^+ e para acréscimos de CEes, em função de dias de incubação de S^0 em solos com problemas de excesso de sais e Na^+

Figura 4. Valores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (a), K^+ trocável (b) e CTC (c), em função de doses de enxofre elementar (S^0), em Neossolo Flúvico salino-sódico (Pombal, PB, 2019). ** significativo a 5 % pelo teste t.



Assim, os resultados deste trabalho fornecem uma melhor compreensão de como os atributos químicos de solos de textura arenosa com excesso de sais solúveis e sódio trocável são afetados, e como se inter-relacionam durante o seu processo de remediação, principalmente em relação ao equilíbrio entre as bases trocáveis, sendo que esses efeitos devem ser levados em consideração na escolha de produtos com ação corretiva.

4 CONCLUSÕES

O enxofre elementar influencia positivamente a maioria dos atributos químicos de solos com excesso de sais e sódio trocável, aumentando os teores de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ e o valor da CTC do solo, reduzindo o teor de Na^+ trocável e os valores de pH, PST, proporcionando assim melhor fertilidade.

Para que o pH atinja o valor de 6,5, o de PST, 15%, adequados para a maioria das culturas agrícolas, se faz necessário o aumento do tempo de incubação em 58 e 184 dias, respectivamente.

O aumento progressivo da dose de enxofre elementar, até 3000 mg de $S^0 \text{ dm}^{-3}$, também reduz o pH de solo a 6,5, enquanto que 6539 mg de $S^0 \text{ dm}^{-3}$ de solo, reduz o PST a 15%.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande pela disponibilização da infraestrutura necessária a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMEZKETA, E. et al. Efficiency of sulfuric acid, mined gypsum, and two gypsum by-products in soil crusting prevention and sodic soil reclamation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 3, p. 983-989, 2005.
- ARAÚJO, Josinaldo Lopes et al. Enxofre elementar ou sulfato de cálcio para remediação de solos salino-sódicos? **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-go, v. 45, n. 4, p.388-396, out./dez. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v45i37090>
- CORREIA, M. M. et al. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 311-324, 2003.
- E M P R E S A B R A S I L E I R A D E P E S Q U I S A A G R O P E C U Á R I A (Embrapa). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**: sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLa, 2000.
- HEYDARNEZHAD, F. et al. Influence of elemental sulfur and sulfur oxidizing bacteria on some nutrient deficiency in calcareous soils. **International Journal of Agriculture and Crop Science**, London, v. 4, n. 12, p. 735-739, 2012.
- HOROWITZ, Nelson; MEURER, Egon José. Oxidação do enxofre elementar em solos tropicais. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 822-828, June 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000300015>.
- KARIMIZARCHI, M. et al. Elemental sulphur application and sweet maize (*Zea mays* L.) response in a high pH soil of Malaysia. **Malaysian Journal of Soil Science**, Serdang, v. 18, n. 1, p. 75-86, 2014.
- LEITE, E. M. et al. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 168-176, 2007.

LUCENA, Francisco Tarcísio et al. Enxofre elementar melhora os atributos químicos de um solo degradado pelo excesso de sais e de sódio. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO*, 35., 2015, Natal-RN. **Anais [...]**. Natal-RN: SBCS, 2015. v. 2.

PEREIRA, E.B; SOUSA, F.Q.; ARAUJO, J.L.; NASCIMENTO, MG.R.; LIMA, G.S. Desempenho de corretivos na recuperação de um solo salino-sódico do semiárido Paraibano. *In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS (Fertbio)*. 29., Guarapari, 2010. **Anais [...]**. Guarapari, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. CD-ROM

QADIR, M.; OSTER, J.D.; SCHUBERT, S.; NOBLE, A.D.; SAHRAWAT, K.L. Phytoremediation of sodic and salinesodic soils. **Advances in Agronomy, Newark**, v.96, p.197-247, 2007.

RIBEIRO, M. R. et al. Solos Halomórficos do Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. *In: CURI, N. et al. Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

SÁ, F. V. S. et al. Influência do gesso e biofertilizante nos atributos químicos de um solo salino-sódico e no crescimento inicial do girassol. **Irriga, Botucatu**, v. 20, n. 1, p. 46-59, 2015.

SÁ, F. V. S.; ARAUJO, J. L.; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres (Online)**, v. 3, p. 388-396, 2013a.

SÁ, F.V.S.; ARAÚJO, J.L.; NOVAES, M.C.; OLIVEIRA, S.R. Crescimento inicial de craibeira em solo salinizado corrigido com enxofre elementar. **Irriga, Botucatu**, v. 18, n. 4, p. 647-660, outubro-dezembro, 2013b.

SÁ, Francisco Vanies da Silva et al. CORREÇÃO DE SOLO SALINO-SÓDICO COM CONDICIONADORES E DOSES DE FÓSFORO PARA CULTIVO DO SORGO SACARINO. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza-ce, v. 12, n. 5, p.2854-2865, set. 2018. Disponível em: http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/838/pdf_497. Acesso em: 13 ago. 2019.

SANTOS, R.V.; MURAOKA, T. Interação salinidade e fertilidade do solo *In: GHEYI, H.R.; QUEIROZ, J.E.; MEDEIROS, J.F. (Ed.) Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada*. Campina Grande: UFPB, 1997. p.289-317.

SILVA, Karen Marcelle de Jesus et al. Utilização de Enxofre Elementar como Alternativa para acidificação de solos com pH alcalino. *In: FÓRUM FEPGE*, 8., 2014, Montes Claros-MG. **Anais [...]** Montes Claros: UNIMONTES, 2014. p. 1 - 8.

SOUSA, F.Q.; ARAÚJO, J.L.; SILVA, P.S.; PEREIRA, F.H.F.; SANTOS, R.V.; LIMA, G.S. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.2, p.173–181, 2012.

STAMFORD, N. P. et al. Effect of gypsum and sulfur with *Acidithiobacillus* on soil salinity alleviation and on cowpea biomass and nutrient status as affected by PK rock biofertilizer. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 192, n. 1, p. 287-292, 2015.

STAMFORD, N. P. et al. Effect of sulphur inoculated with *Thiobacillus* on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 139, n. 2, p. 275-281, 2002.

STAMFORD, N. P. et al. Effectiveness of sulfur with *Acidithiobacillus* and gypsum in chemical attributes of a Brazilian sodic soil. **World Journal of Microbiology Biotechnology**, Amsterdam, v. 23, n. 10, p. 1433-1439, 2007.