



ARTIGO ORIGINAL

Alciênia Silva Albuquerque¹
Nathan Castro Fonsêca^{1*}
Rivaldo Vital dos Santos²
Walleska Pereira Medeiros³

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, PE, Brasil

² Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Avenida Universitária, S/N, Santa Cecília, 58708-110, Patos, PB, Brasil

³ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Estrada do Bem Querer, 45031-900, Vitória da Conquista, BA, Brasil

*Autor correspondente:
nathanflorestal@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Semiárido
Solos
Recuperação

KEYWORDS

Semiarid
Soils
Recovery

Atributos químicos em solo salino-sódico e efeito do ácido sulfúrico no crescimento da *Prosopis juliflora*

Chemical attributes in saline-sodium soil and effect of sulfuric acid on Prosopis juliflora growth

RESUMO: O manejo inadequado dos solos irrigados resulta na degradação por salinização e sodificação, sendo necessário conhecer seus atributos químicos para adotar técnicas de correção eficientes. Assim, esta pesquisa visa identificar a variação dos atributos químicos em solos salinizados e verificar o efeito do ácido sulfúrico nesses atributos e no crescimento inicial da algaroba [*Prosopis juliflora* (SW) D. C.]. As amostras do solo utilizadas foram coletadas no Perímetro Irrigado São Gonçalo (PB) e encaminhadas ao laboratório para a caracterização química. Estudou-se a correlação entre porcentagem de sódio trocável e condutividade elétrica, pH, Ca²⁺ e Mg²⁺. Na etapa seguinte, conduziu-se um experimento com a espécie *Prosopis juliflora*, aplicando-se quatro doses crescentes de ácido sulfúrico (0, 2, 4, 6 mL/kg solo), com três repetições. Os solos foram amostrados (100 g/vaso) para determinar os teores de pH e extrair os teores de fósforo utilizando dois extratores, Mehlich¹ e Olsen. Os atributos químicos na área irrigada apresentam elevada variabilidade espacial e a aplicação das doses de H₂SO₄ no solo reduziu o pH e o crescimento desuniforme das plantas de *Prosopis juliflora*.

ABSTRACT: Inadequate management of irrigated soils results in degradation by salinization and sodicity; therefore, the knowledge of their chemical properties, for the adoption of efficient correction techniques is necessary. Thus, this research aims to identify the variation of the chemical properties of saline soils and verify the effect of sulfuric acid on these attributes and initial growth of algaroba [*Prosopis juliflora* (SW) DC]. The samples of soil used were collected at the São Gonçalo Irrigated Perimeter and sent to the laboratory for chemical characterization. The correlation between PST and CE, pH, Ca²⁺ and Mg²⁺ was studied. In the next step, an experiment was carried out on the *Prosopis juliflora* species, applying four increasing doses of H₂SO₄ (0, 2, 4, 6 ml/kg soil), with three replicates. Soils were sampled (100 g vaso⁻¹) for pH determination and extraction of P contents using two extractors: Mehlich¹ and Olsen. The chemical attributes in the irrigated area presented high spatial variability, and the application of H₂SO₄ doses in the soil provided a reduction of pH and uneven growth of *Prosopis juliflora*.

1 Introdução

Água é um fator limitante ao crescimento das plantas, visto ser essencial aos diversos processos metabólicos, sobretudo durante o período inicial de desenvolvimento (Almeida et al., 2017). Nesse aspecto, as regiões áridas e semiáridas do Nordeste do Brasil, marcadas pela ocorrência de déficit hídricos, tem sua produtividade limitada (Duarte et al., 2012). Dessa forma, a crescente demanda por alimentos e as necessidades geradas pela baixa precipitação pluvial tornaram a irrigação imperativa, contribuindo ano a ano para o desenvolvimento da agricultura nessas regiões. Contudo, nem sempre a irrigação é conduzida adequadamente, ela pode degradar áreas extensas, que se tornam salinas e sódicas, e pode alterar os atributos físico-químicos do solo, refletindo de maneira negativa na qualidade e na capacidade produtiva do solo e na economia da região (Miranda et al., 2011).

Leite et al. (2012) afirmam que nesses perímetros irrigados, os problemas de sais nos solos decorrem da drenagem deficiente da água, sendo consequências da baixa permeabilidade dos solos, das condições topográficas desfavoráveis e da constante exploração agrícola das terras.

Nesse aspecto, é imprescindível desenvolver técnicas de recuperação das áreas degradadas para restabelecer a capacidade produtiva e minimizar o abandono dessas terras. Uma das alternativas sugeridas é avaliar os atributos químicos do solo, como forma de auxiliar o uso de corretivos para melhoria do solo.

Entre os corretivos, os neutros, como sulfato de cálcio desidratado ou gesso, têm se destacado. No entanto, embora esses corretivos melhorem a permeabilidade do solo, reduzindo a densidade e aumentando a infiltração de água e a quantidade de íons sódio lixiviados, o gesso pouco reduz o pH do solo. É necessário utilizar corretivos de reação ácida, como o ácido sulfúrico (H_2SO_4), constituindo uma alternativa para a recuperação desses solos (Leite et al., 2012). Só assim é possível o desenvolvimento de espécies arbóreas como a *Prosopis juliflora*, que é uma espécie altamente resistente ao estresse hídrico, de rápido desenvolvimento, baixo requerimento nutricional (Carevic, 2014), de múltiplas utilidades e de considerável valor econômico e social, podendo ser utilizada no reflorestamento, na produção de lenha, madeira, estacas, carvão, álcool, melão, apicultura, jardinagem e sombreamento (Andrade et al., 2010).

Além disso, a espécie produz grande quantidade de vagens de excelente palatibilidade e boa digestibilidade, servindo como alimento de engorda para animais e de fácil disseminação em regiões semiáridas, com uma estrutura biológica que ajuda a fixar nitrogênio ao solo e a recuperar áreas degradadas (Embrapa, 2016). Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a variação espacial dos atributos químicos em solos salinizados e verificar o efeito do ácido sulfúrico nesses atributos e no crescimento inicial da algaroba [*Prosopis juliflora* (SW) D. C.].

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em estufa no Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos (PB). A área é caracterizada pelas coordenadas geográficas: 7°1'28" de latitude sul, 37°16'48" de longitude oeste e 242 metros de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima se enquadra no tipo Bsh (semiárido quente). A região é caracterizada por um clima com médias térmicas anuais superiores a 25°C e pluviosidade

média anual menor que 1.000 mm/ano, com períodos chuvosos irregulares (Brasil, 2018).

O solo foi coletado em lotes salinizados nos setores 7 e 10 do Perímetro Irrigado de São Gonçalo, localizado a 10 km da cidade de Sousa (PB) – que é delimitada pelas coordenadas geográficas: entre 6°45'00" e 6°50'00" de latitude sul, 38°10'00" de longitude oeste e 220 metros de altitude.

A precipitação média anual registrada está em torno de 894 mm e a temperatura média anual, em torno de 27°C, com mínima de 22°C e máxima de 38°C. A evaporação média anual é de 3.056,6 mm (Brasil, 2018). Os solos aluvionais, predominantes na área do perímetro irrigado, são profundos, de textura média a argilosa. Aparecem também com certa representatividade os vertissolos, com textura argilosa, medianamente profundos e os podzólicos, com textura que vai de arenosa a argilosa (Correia et al., 2011).

As amostras foram coletadas em profundidades entre zero e trinta centímetros, em cinco pontos distintos nos setores citados, totalizando cinco amostras. Em seguida, as amostras foram secas ao ar e destorroadas em peneira com malha de 2 mm de abertura e, finalmente, homogeneizadas e encaminhadas ao laboratório para a caracterização química do extrato de saturação e para fins de salinidade e fertilidade. O cálcio e o magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o sódio e potássio, por fotometria de emissão, e a porcentagem de sódio trocável (PST), calculada a partir dos resultados da análise de fertilidade do solo por meio da Equação 1.

$$PST = \frac{Na}{CTC} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que: PST = Porcentagem de sódio trocável (%); Na = sódio ($cmol_c dm^{-3}$); CTC = Capacidade de troca de cátions ($mmol_c dm^{-3}$).

Os tratamentos consistiram em solos de cinco lotes, quatro doses de H_2SO_4 (0, 2, 4 e 6 mL/kg de solo), com três repetições, totalizando 60 parcelas. Esses permaneceram úmidos, 70% da capacidade de campo, por 20 dias e depois foi realizada a lavagem, aplicando-se o volume de água correspondente a duas vezes a porosidade. Em seguida, foram homogeneizadas e amostradas aproximadamente 100 gramas do solo para determinar seu pH e teores de fósforo, utilizando-se dois extratores (Mehlich-1 e Olsen).

Posteriormente, foram obtidas as doses de ácido sulfúrico que mantivessem o pH dos solos em 6,5. Essas doses foram estimadas utilizando-se as equações de regressão obtidas a partir dos dados encontrados.

Realizou-se a quebra de dormência das sementes de *Prosopis juliflora* por meio de um choque térmico, colocando as sementes durante 10 segundos na água quente e, em seguida, na água fria. Foram semeadas 10 sementes por vaso e 15 dias após a emergência, realizado o desbaste, mantendo-se apenas três plantas por vaso⁻¹, deixando sempre a terra úmida com metade de sua capacidade de campo. Semanalmente, por 40 dias, foi avaliado o crescimento, em altura, das plântulas.

Realizou-se a caracterização química do solo nos cinco lotes e, em seguida, foram realizados estudos de correlação. As correlações estudadas foram entre as PST dos solos nos

diferentes lotes com os teores de cálcio, magnésio, pH e condutividade elétrica (CE).

Para a comparação dos solos dos diferentes lotes aplicou-se a comparação descritiva. Para verificar a significância das doses de ácido sulfúrico foi feita regressão polinomial, grau 2.

3 Resultados e Discussão

A seguir são apresentadas a caracterização e a classificação das amostras de solo, segundo o grau de salinidade, coletadas aleatoriamente nos cinco pontos do Perímetro Irrigado de São Gonçalo. A classificação foi baseada na concentração de sais solúveis, expressa pela condutividade elétrica, pela PST e pelo pH, extraídos da solução da pasta de saturação (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos cinco grupos de solos coletados em São Gonçalo (PB).

Table 1. Classification of the five groups of soils collected in São Gonçalo – PB.

Solos	PST(%)	pH	CEs (dS m ⁻¹)	Classificação
1	95	8,17	2,8	Sódico
2	95	8,20	3,5	Sódico
3	96	7,12	2,5	Sódico
4	98	9,12	5,7	Salino-sódico
5	99	10,12	16,1	Salino-sódico

Em que: PST = Porcentagem de sódio trocável, pH = Potencial hidrogeniônico, CE = Condutividade elétrica.

Observa-se, que os valores da PST variaram de 95 a 99, indicando alto teor de sais de sódio nas amostras de solo coletadas. As classes de solos estudadas apresentaram em seus perfis sais solúveis, como sais de sódio, que elevam a concentração na solução do solo e provocam degradação estrutural, efeitos que se relacionam diretamente ao desenvolvimento das plantas, pois comprometem a absorção de nutrientes pelos vegetais, em razão do desequilíbrio que promovem nas propriedades físicas do solo.

Constatou-se também que todos os solos apresentaram reação alcalina. Essa alta alcalinidade, independente da PST, associa-se a maiores teores de ânions, predominantemente carbonatos, bicarbonatos e hidroxilas, e baixa concentração de H⁺. Os menores valores de PST, variaram de 95 a 96, com os menores valores de CE, abaixo de 4 (dSm⁻¹), sendo esses, classificados em sódicos. No entanto, representaram concentração expressiva de sais no perfil dos solos, restringindo a absorção de água e nutrientes pela redução na energia livre da água na solução do solo. Os demais solos (4 e 5) apresentaram altos valores de CE, possuindo valores altos de potencial osmótico, sendo estes classificados como salino-sódicos.

Tais efeitos foram constatados por Amorim et al. (2002), que ao estudarem o efeito da salinidade no crescimento e produção de alho, constataram que o alto nível de sódio trocável ocasiona degradação da estrutura do solo, dispersão da argila e toxidez nas plantas, podendo impedir a germinação das sementes e o desenvolvimento das raízes. Leite et al. (2010) ainda fortalecem ao dizerem que esses solos têm capacidades de infiltração e de drenagem reduzidas, alta microporosidade e elevada retenção de água.

Segundo Ribeiro et al. (2010), os solos são classificados como salino-sódicos quando a PST é maior ou igual a 15%, os níveis de salinidade permanecem altos e a CE, maiores que 4 (dS m⁻¹), e em virtude desse excesso de sais, os solos salino-sódicos possuem valores altos de potencial osmótico. O autor classifica ainda como sódicos, os solos que apresentam as mesmas características citadas anteriormente, diferindo nos valores de CE, que devem ser menores que 4 (dS m⁻¹).

Na Tabela 2 são apresentados os valores da caracterização química para fins de avaliação da fertilidade, realizada nos cinco grupos de solos provenientes do Perímetro Irrigado de São Gonçalo.

Tabela 2. Caracterização química dos solos nos cinco pontos provenientes do perímetro irrigado de São Gonçalo (PB).

Table 2. Chemical characterization of soils in the five points of the irrigated perimeter of São Gonçalo – PB.

PST	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	CTC	V
		mg.dm ⁻³	-----cmolc.dm ⁻³ -----						
61	7,1	14,3	5,2	2,0	0,44	13,3	0,7	21,6	96
63	8,2	25,8	5,0	0,8	0,60	12,2	0,5	24,9	97
79	8,2	17,8	3,0	1,4	0,26	20,3	0,6	25,5	97
95	9,2	19,5	0,6	0,2	0,42	39,2	0,1	40,5	99
97	10,2	20,7	0,6	0,2	0,47	38,5	0,1	39,9	99

Os resultados revelam um pH relativamente alto, superior a 7, demonstrando que os solos apresentam uma reação alcalina, com elevadas concentrações de ânions adsorvidos no complexo trocável. Embora os solos apresentem elevada saturação por bases (V%), variando entre 96 e 99%, a reação alcalina e o excesso de sódio tendem a provocar, na prática, um desequilíbrio nas propriedades físicas e químicas, ou seja, dispersão das argilas, adensamento, baixa percolação da água e reações de oxirredução pouco intensas, propriedades desfavoráveis que prejudicam a prática agrícola e o desenvolvimento das plantas de uma forma geral. Vital et al. (2005) recomendam o uso do corretivo gesso em solo salino-sódico como alternativa para a redução do pH e dos teores de sódio. Já para Leite et al. (2010), o ácido sulfúrico mostrou-se mais eficiente que o gesso em relação à redução do pH.

Os teores de fósforo encontrados foram médios na maioria das PST. Para o cálcio, os níveis foram altos nas PST entre 61 e 63, médios na PST 79 e muito baixos nas PST entre 95 e 97. Já o magnésio apresentou-se alto na PST 61, médio nas PST entre 63 e 79 e baixo nas PST entre 95 e 97. E por fim, o potássio, que mostrou valores médios na PST 79 e altos nas demais PST. Essa classificação foi baseada nas recomendações de adubação da Paraíba (Emater, 1979). Brito (2010), estudando a avaliação da fertilidade do solo no semiárido, constatou níveis médios de cálcio, altos níveis de magnésio e potássio e baixos níveis de fósforo. Corrêa et al. (2009) complementam afirmando que os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e P e os valores de pH são geralmente adequados em sistemas agrícolas, quando comparados a outros sistemas.

Verifica-se ainda, na Tabela 2, que existe uma variabilidade espacial das propriedades químicas dos solos nos cinco pontos coletados. Esse fato se deve à influência das práticas de manejo utilizadas, profundidade dos lençóis freáticos, permeabilidade do solo, taxa de evapotranspiração, entre outros. Santos, R.

V. et al. (2010) também destacam a elevada heterogeneidade química dos solos salinizados.

Santos, M. A. et al. (2013) também observaram predomínio dos íons Na^+ no complexo de troca em relação a Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} trocáveis, íons esses, em equilíbrio com a fração que permanece na solução (íons solúveis). Segundo Leite et al. (2007), uma alternativa para solucionar esses problemas é a aplicação de corretivos no solo, como forma de elevar significativamente os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , reduzindo os teores de sódio solúvel e de sódio trocável. Santos, R. V. et al. (2010) complementam que solos com altas concentrações de íons Na^+ sofrem também de deficiência de outros elementos, como potássio, zinco, cobre e manganês, e que tal deficiência parece estar ligada diretamente com as concentrações de Na^+ .

Esse tipo de balanço nutricional provoca toxicidade, enquanto que baixas concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} aumentam a relação de adsorção de sódio (RAS) da solução do solo, conduzindo a uma deficiência desses elementos para a planta. O principal risco dos solos salino-sódicos é que a lixiviação dos sais ocorre mais rapidamente do que a remoção do sódio trocável, convertendo-os para solos sódicos e reduzindo sua condutividade hidráulica. Nesse caso, recomenda-se associar à lavagem dos solos a aplicação de corretivos de salinidade, gesso agrícola, S elementar ou ácido sulfúrico, para neutralizar o sódio.

A Figura 1, correlaciona a PST com os valores de pH, CE e as concentrações Ca^{2+} e Mg^{2+} encontradas nos solos dos cinco pontos de coleta e avalia a variação da PST com esses parâmetros.

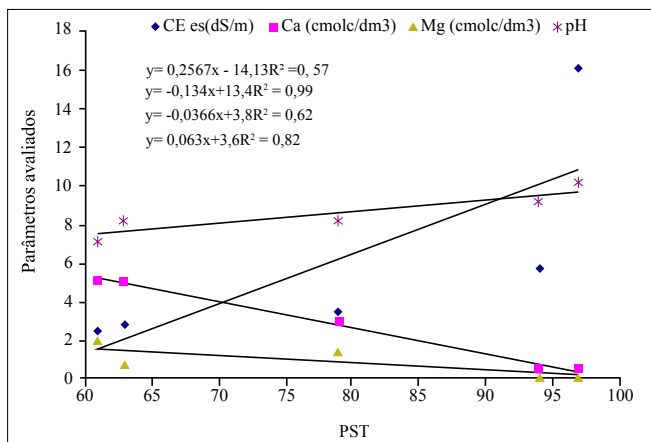


Figura 1. Variação dos valores de pH, CE (dS m^{-1}) e dos teores de Ca ($\text{cmol} \text{dm}^{-3}$) e Mg ($\text{cmol} \text{dm}^{-3}$) com a PST (%) dos solos.

Figure 1. Variation of pH, EC (dS m^{-1}), and Ca ($\text{cmol} \text{dm}^{-3}$) and Mg ($\text{cmol} \text{dm}^{-3}$) contents with soil PST (%).

A relação da PST com o pH, mostra que ocorreu uma relação direta entre os dois, como já esclarecido anteriormente. Netto et al. (2007), estudando características químicas e salino-sódicas em um perímetro irrigado no Sergipe, também verificaram que o aumento da PST resultou em um significativo aumento do pH do solo. Esse aumento do pH é causado pela presença de carbonatos e bicarbonatos de sódio, explicando, assim, que solos com alta concentração de sódio, tendem a possuir pH mais elevado.

A condutividade elétrica indica a concentração iônica em solos afetados por sais, ou seja, ela interpreta a presença de sais solúveis encontrado nos solos, ainda em relação à Figura 1, observou-se aumento da CE quando a PST dos solos aumentou. Era esperado

que essa curva fosse decrescente em relação à PST, pois com o aumento da concentração de sódio, diminui a concentração de sais solúveis, ou seja, de cátions no solo, mas como o solo é salino-sódico e sódico, considerado como um sistema extremamente heterogêneo e dinâmico, e apesar de esperar-se que a CE fosse reduzida com o aumento da PST, tal tendência não foi observada neste trabalho. Isso indica uma elevação nos teores de sais de sódio, tais como cloretos, carbonatos e bicarbonatos.

Resultados semelhantes foram observados por Freire et al. (2003), ao verificarem que o incremento da CE elevou a PST, indicando saturação crescente de sódio nesses solos.

Em relação às concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} com relação à PST, verificou-se que houve um decréscimo desses elementos com a PST. Os solos salino-sódicos possuem concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} que se solubilizam mais facilmente do que a concentração de Na^+ , fazendo com que a relação existente seja inversa, pois à medida que o cálcio e o magnésio se solubilizam, eles se lixiviam, fazendo com que a concentração de Na^+ seja superior no solo.

Ribeiro et al. (2010) definem a PST como sendo o percentual de Na^+ em relação à capacidade total de troca de cátions. Esse valor é de grande importância, principalmente em trabalhos com solos salinizados, pois estima a quantidade de sódio adsorvido na solução do solo, e é de extrema significância a relação do Na^+ com os demais cátions adsorvidos no sistema.

A Figura 2 apresenta os valores referentes à variação do pH nas cinco PST em relação às doses de ácido sulfúrico aplicadas.

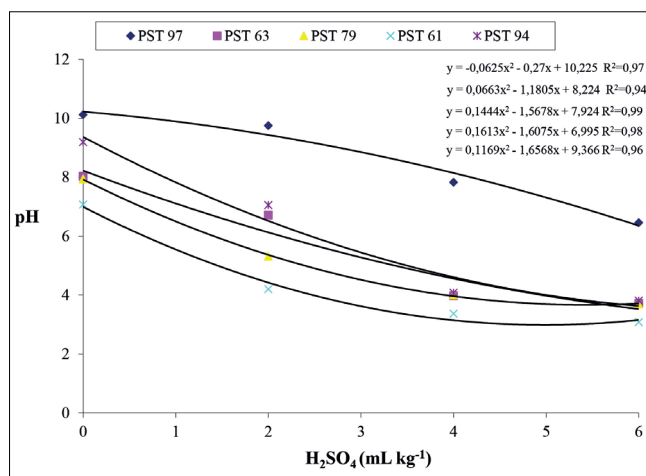


Figura 2. Variação do pH em relação à aplicação de níveis crescentes de ácido sulfúrico em solos com diferentes PST.

Figure 2. Variation of pH in relation to the application of increasing levels of sulfuric acid in soils with different PST.

Verifica-se que ocorreu redução do pH dos solos em todas as PST com o aumento das doses de ácido sulfúrico. A dose mais elevada do corretivo tornou o solo extremamente ácido, atingindo os valores de pH de 3,5; 3,7; 3,2 e 3,6 respectivamente nas PST 63, 79, 61 e 94. Na PST 97, a dose máxima do ácido reduziu o pH, deixando-o levemente ácido, atingindo o valor de 6,4.

Numa análise genérica entre as PST, observa-se que os solos com PST mais elevadas apresentam também um pH elevado, devido a esse fato, os solos com essas PST necessitaram de uma dose maior de ácido para promover a redução de seu pH para aproximadamente 6,5, enquanto que PST com valores intermediários necessitaram de uma dose menor. Dessa forma,

a curva do pH em relação ao ácido sulfúrico foi decrescente, mostrando que quando maior a PST, maior a dosagem de ácido a ser aplicada. Leite et al. (2012) constataram que com o aumento da dose de ácido sulfúrico em solos salino-sódicos, o corretivo promove a redução do pH, devido à ação ácida do corretivo.

Considerando as curvas de regressão, foram estimadas as doses de H_2SO_4 que deixam o pH a 6,5 (Tabela 3).

Tabela 3. Doses de ácido sulfúrico necessárias para o pH = 6,5.
Table 3. Sulfuric acid doses required for pH = 6.5.

PST	H ₂ SO ₄ (ml kg ⁻¹)
61	0,33
63	1,65
79	1,34
94	2,04
97	5,8

As doses exibidas variam segundo a PST, demonstrando que os solos com maiores teores de sódio requerem maior dose de H_2SO_4 . Como se sabe, o ácido neutraliza os H^+ da solução

do solo e reagem com os carbonatos, formando sulfato de cálcio, que precipitam os sais solúveis existentes nesses tipos de solos, principalmente os carbonatos de cálcio e magnésio, diminuindo, dessa forma, a concentração iônica da solução, fazendo com que o pH do solo diminua.

No decorrer do experimento, percebeu-se também que os solos tratados com ácido diferiram visualmente daqueles que não obtiveram tratamentos, pois naqueles solos com adição de tratamento, a água percolava mais facilmente por aumentar a agregação nos solos.

Até a Figura 3, que relaciona os teores de fósforo pelo método Mehlich-1 e Olsen com diferentes PST e níveis de ácido sulfúrico, observou-se que em ambos os métodos de extração, ocorreu redução dos teores de fósforo, com aumento de doses crescentes de ácido sulfúrico em praticamente todas as PST avaliadas. Silva & Raji (1999) afirmam que o extrator Mehlich-1 dissolve predominantemente o fósforo ligado ao cálcio e quantidades menores de fósforo ligado a ferro e alumínio. Já para o extrator de Olsen, o princípio do método é a liberação do fósforo ligado a ferro e alumínio em pH elevado.

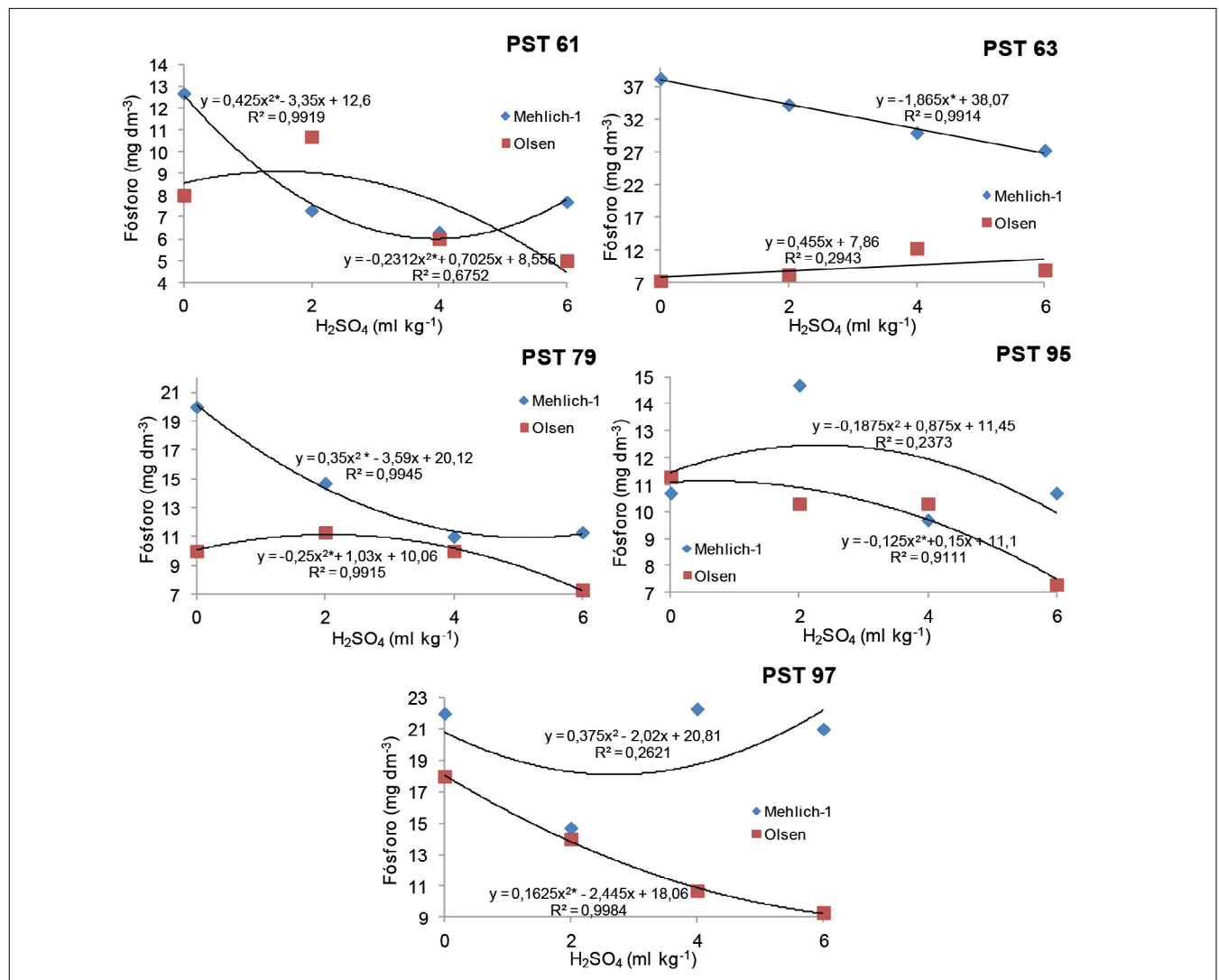


Figura 3. Efeito das doses de ácido sulfúrico nos teores de fósforo extraídos pelos métodos de Mehlich-1 e Olsen nas cinco PST.

Figure 3. Effect of sulfuric acid doses on the phosphorus content extracted by the Mehlich and Olsen methods in the five PSTs.

A diminuição da concentração dos teores de fósforo com a adição do corretivo (H_2SO_4) pode estar relacionada à reação do ácido sulfúrico com o carbonato de cálcio presente no solo, fazendo com que o ácido se transformasse em sulfato de cálcio (gesso). Consequentemente, houve disponibilidade de Ca^{+} para o solo, o qual reagiu com o fosfato, precipitando, assim, o fósforo. Inferindo-se que a ação do H^{+} do corretivo foi consumida nessa reação, com mínimo impacto na solubilização dos fosfatos bicálcicos, de baixa solubilidade.

Comparando a determinação dos teores de fósforo pelos dois métodos de extração, independentemente das doses do ácido sulfúrico, verificou-se que o método de Mehlich-1 apresentou concentração maior de fósforo que o método de Olsen. Isso se deve ao fato de que, como Silva & Raij (1999) afirmam, o método Mehlich-1 utiliza os ácidos sulfúrico e clorídrico (HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1} + H_2SO_4$ $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$), já o método de Olsen utiliza o bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$ $0,5 \text{ mol L}^{-1}$), fazendo com que extrator Mehlich retirasse uma concentração maior de fósforo do solo em relação ao extrator Olsen, resultando na variação dos teores de fósforo para o mesmo tipo de solo (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de fósforo do solo nas diferentes PST e extratores.

Table 4. Soil phosphorus content in different PSTs and extractors.

PST	Extratores	
	Olsen	Mehlich-1
	-----mg. dm ⁻³ -----	
61	13,0 b	20,0 a
63	9,2 b	32,5 a
79	9,7 b	14,2 a
95	9,8 b	11,4 a
97	7,4 b	8,5 a

Nas colunas, números seguidos de letras distintas diferem a 5% de probabilidade segundo teste de Tukey.

Para o crescimento da *Prosopis juliflora* em função das doses de H_2SO_4 , foram observados resultados conflitantes, demonstrando que as doses de ácido sulfúrico aplicadas surtiram efeitos diferentes em cada PST, refletindo um aumento em altura apenas na PST 79 e PST 97. Na PST 61 ocorreu redução e nas PST 63 e 95 não foram verificadas diferenças significativas (Figura 4).

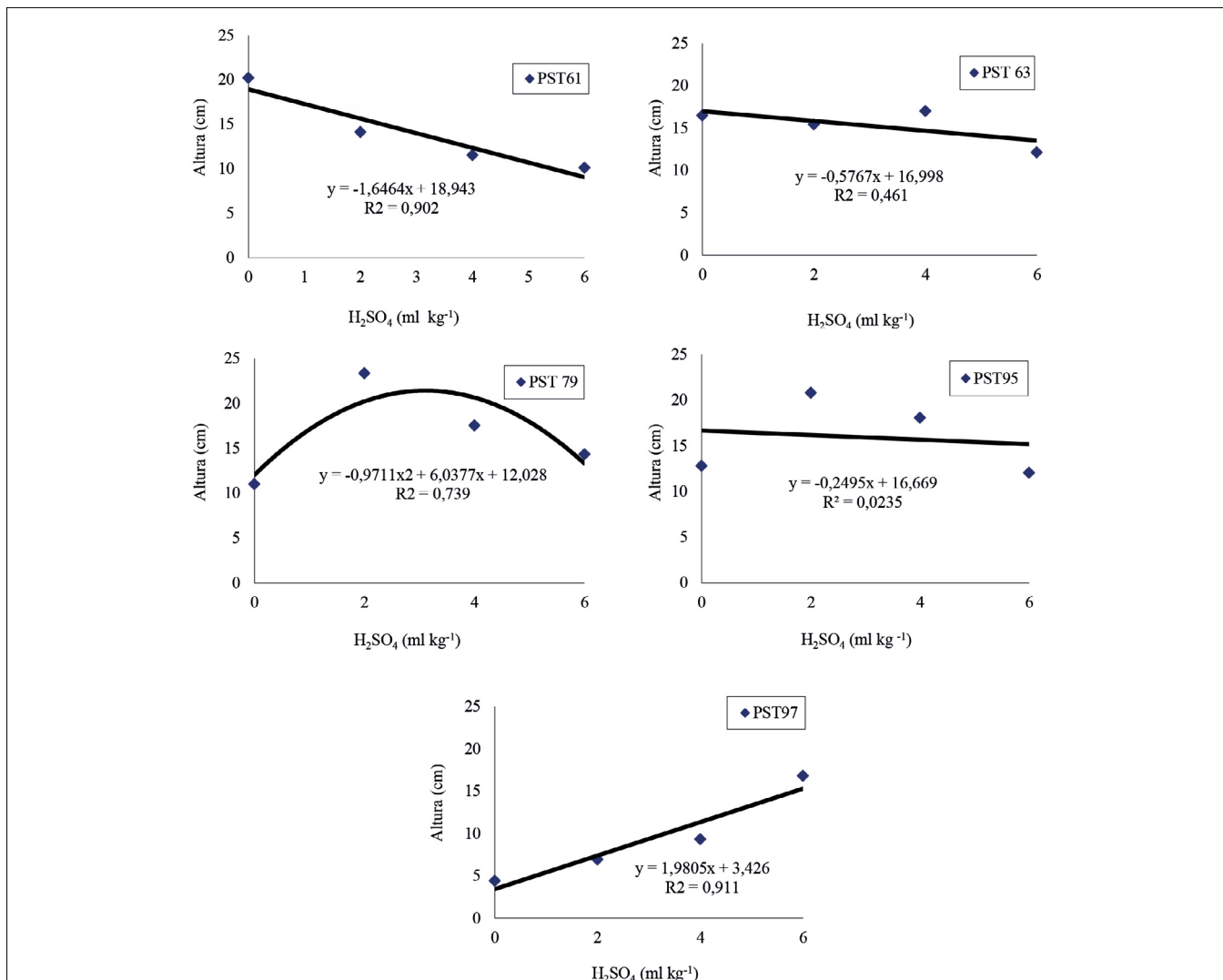


Figura 4. Comportamento em altura da *Prosopis juliflora*, de acordo com as doses de ácido sulfúrico.

Figure 4. Behavior in height of *Prosopis juliflora* according to the doses of sulfuric acid.

Observa-se, ainda, que nas PST 61, 63, 79 e 95, o crescimento em altura da *Prosopis juliflora* foi menor na dose máxima do corretivo. Tal fato se explica pela drástica redução do pH nesses solos, o que não ocorreu nos solos com PST 97, pois nesses, a dose máxima do ácido reduziu o pH do solo ao valor considerado ideal (6,4) para a maioria das culturas. A redução do pH foi maior nas PST menores, constatando o que já foi discutido anteriormente, sobre relação direta da PST com pH, enfatizando que PST menores necessitam de doses menores de ácido sulfúrico.

Santos & Tertuliano (1998) constataram crescimento favorável da algaroba (*Prosopis juliflora*) e do tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) nas condições adversas dos solos salino-sódicos sob tratamento com ácido sulfúrico. Leite et al. (2012), ao analisarem o crescimento do girassol em função das doses de ácido sulfúrico, constataram que a altura das plantas apresentou resultados significativos. Santos, L. C. A. et al. (2013), numa análise preliminar sobre o efeito da salinidade no crescimento da algaroba, verificaram uma diferença em relação ao desenvolvimento da planta à medida que os níveis de salinidade aumentam.

4 Conclusões

Os solos do perímetro irrigado apresentam uma elevada variabilidade espacial de seus atributos químicos.

A análise de correlação da PST dos solos demonstrou-se positiva com a CE e negativa com os teores de cálcio e magnésio.

O corretivo de alcalinidade (H_2SO_4) mostrou eficácia na redução do pH do solo, exceto na PST mais alta, indicando que solos com PST elevada apresentam pH mais elevado e, conseqüentemente, necessitam de uma dose maior de H_2SO_4 .

Quanto ao crescimento da *Prosopis juliflora*, os resultados demonstram que a aplicação das doses de ácido sulfúrico proporcionou o crescimento desuniforme das plântulas.

Referências

ALMEIDA, E. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; LIMA, R. F. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: qualidade da fibra. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2017.

AMORIM, J. R. A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 2, p. 167-176, 2002. doi: 10.1590/S0100-204X2002000200008.

ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, F. X. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de caatinga no estado da Paraíba, Brasil. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, v. 32, n. 3, p. 249-255, 2010. doi: 10.4025/actasciabiolsci.v32i3.4535.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P. A região Semiárida Brasileira. In: Voltolini, T. V. (Org.). Produção de caprinos e ovinos no semiárido. 1ed. Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, v. 1, p. 21-48, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54762/1/01-A-regiao-semiarida-brasileira.pdf-18-12-2011.pdf>>. Acesso em: 09 de setembro de 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de previsão de tempo e estudos climáticos: dados observacionais. *Inpe*, Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2Pas5MJ>>. Acesso em: 20 jan. 2018.

BRITO, M. T. L. A. *Avaliação da fertilidade do solo em porção do semiárido do Nordeste*. 2010. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

CAREVIC, F. S. The role of ecophysiological studies in the genus *Prosopis*: implications for the conservation of drought-prone species. *Idesia*, v. 32, n. 4, p. 77-81, 2014. doi: 10.4067/S0718-34292014000400010.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 2, p. 305-314, 2009. doi: 10.1590/S0100-06832009000200008.

DUARTE, J. M. L.; LIMA, A. D.; NASCIMENTO, R. S.; VIANA, T. V. A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B. M. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*Helianthus annuus* L.), sob suspensão hídrica. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 6, n. 3, p. 166-175, 2012. doi: 10.7127/RBAI.V6N300081.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Projeto da Embrapa vai definir manejo para evitar invasão da algaroba no ambiente semi-árido. *Embrapa*, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17931180/projeto-vai-definir-manejo-para-evitar-invasao-da-algaroba-no-ambiente-semi-arido>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DA PARAÍBA. *Sugestões de adubação para o estado da Paraíba: 1ª aproximação*. João Pessoa: Emater, 1979. 105 p.

FREIRE, M. B. G. S.; RUIZ, H. A.; RIBEIRO, M. R.; FERREIRA, P. A.; ALVAREZ, V. H. V.; 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, n. 2, p. 227-232, 2003. doi: 10.1590/S1415-43662003000200007.

LEITE, E. M.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; CAMPOS, V. B. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. *Caatinga*, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.

LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. *Irriga*, v. 12, n. 2, p. 168-176, 2007. doi: 10.15809/irriga.2007v12n2p168-176.

LEITE, M. H.; SANTOS, R. V.; GOMES, A. D. V.; VITAL, A. F. M. Aplicação de corretivos e crescimento de oleaginosas em solos salinizados do semiárido. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, n. 1, p. 87-95, 2012.

MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M.; SANTOS, K. C. F.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 5, p. 484-490, 2011.

NETTO, A. O. A.; GOMES, C. C. S.; LINS, C. C. V.; BARROS, A. C.; CAMPECHE, L. F. S. M.; BLANCO, F. F. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. *Ciência Rural*, v. 37, n. 6, p. 1640-1645, 2007. doi: 10.1590/S0103-84782007000600021.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. *Manejo da*

salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 9-16.

SANTOS, L. C. A.; MOURA, S. R.; BARRETO, L. P. Efeito da salinidade sobre o crescimento inicial e nutrição mineral de algaroba (*Prosopis juliflora*) submetida à aplicação de silício. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 13., 2013, Recife. *Anais...* Recife: UFRPE, 2013.

SANTOS, M. A.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G.; LINS, C. M. T.; SILVA, E. M. Dinâmica de íons em solo salino-sódico sob fitorremediação com *Atriplex nummularia* e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 4, p. 397-404, 2013. doi: 10.1590/S1415-43662013000400007.

SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; VITAL, A. F. M.; LACERDA, C. F.; SOUZA, E. R.; LIMA, G. S. Interação salinidade-fertilidade do solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES

FILHO, E. *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 277-294.

SANTOS, R. V.; TERTULIANO, S. S. X. Crescimento de espécies arbóreas em solo salino-sódico tratado com ácido sulfúrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 2, p. 239-242, 1998. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v02n02p239-242.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 2, p. 267-288, 1999. doi: 10.1590/S0100-204X1999000200016.

VITAL, A. F. M.; SANTOS, R. V.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, J. S. Comportamento de atributos químicos de um solo salino-sódico tratado com gesso e fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 1, p. 30-36, 2005. doi: 10.1590/S1415-43662005000100005.

Contribuição dos autores: Alcîenia Silva Albuquerque, Rivaldo Vital dos Santos e Walleska Pereira Medeiros realizaram os experimentos e a escrita científica. Nathan Castro Fonsêca contribuiu com a revisão bibliográfica e com a escrita científica.

Agradecimentos: Ao CNPq pela manutenção das bolsas PIBIC e de Produtividade em Pesquisa. Ao professor Rivaldo Vital dos Santos e aos funcionários do Laboratório de solos da Universidade Federal de Campina Grande, onde parte deste trabalho foi desenvolvido, por todo o apoio e contribuição.

Fontes de financiamento: Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro necessário ao desenvolvimento da pesquisa.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.