

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO CULTIVADO COM PALMA FORRAGEIRA E IRRIGADO COM ÁGUA SALINA

João Luiz Lima¹, Rutilene Rodrigues da Cunha², José Francismar de Medeiros³, Douglas Pereira Ferreira⁴, Yara de Almeida Araújo⁴, Rafael Oliveira Batista⁵

RESUMO: Devido à escassez hídrica, é frequente o uso de águas salinas na irrigação no semiárido, onde o impactos no solo podem ser mitigados aplicando lâmina de lixiviação e empregando variedades tolerantes à salinidade. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar as alterações químicas causadas pela água salina em solo com cobertura de palha de arroz e em profundidade. O estudo foi realizado na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte no município de Apodi/RN, de região semiárida, entre os meses de setembro de 2016 e outubro de 2017. O experimento foi desenvolvido em delineamento em blocos casualizados, contendo 15 fileiras de palma forrageira IPA, com espaçamento de 3,0 m entre fileiras e 0,1 m entre plantas. A avaliação foi realizada com cinco níveis de salinidade (0,1; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 dS m⁻¹), com e sem cobertura do solo, e em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm). Foram avaliados os seguintes parâmetros: condutividade elétrica, cálcio, magnésio, sódio e potássio. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise estatística para verificar a interação entre os fatores estudados. A cobertura vegetal na superfície do solo não causou redução nos teores de salinidade, havendo diminuição apenas nos teores de potássio. Em profundidade, houve diminuição apenas na condutividade elétrica e potássio, provavelmente por competição iônica com o sódio, que apresentou aumento.

PALAVRAS-CHAVE: Cobertura vegetal. Semiárido. Salinidade. Profundidade do solo. Manejo do solo.

¹ Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caixa Postal 137, CEP: 59625-900, Mossoró/RN, Fone: (88) 98130-3538, E-mail: joao.lima29937@alunos.ufersa.edu.br

² Doutora em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

³ Professor do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

⁴ Mestre em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

⁵ Professor do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró/RN

CHEMICAL ALTERATIONS IN SOIL CULTIVATED WITH FODDER PALM AND IRRIGATED WITH SALINE WATER

ABSTRACT: Water scarcity means that saline water is often used for irrigation in semi-arid regions, where the impact on the soil can be mitigated by applying a leaching layer and using salinity-tolerant varieties. The present study aimed to evaluate the chemical changes caused by saline water in soil covered with rice mulch and at depth. The study was conducted in the experimental area of the Agricultural Research Company of Rio Grande do Norte (EMPARN) in Apodi/RN city, in a semi-arid region, between September 2016 and October 2017. The experimental design was randomized blocks, containing 15 rows of IPA forage palm, with 3.0 m spacing between rows and 0.1 m between plants. The evaluation was carried out with five salinity levels (0.1, 2.5, 5.0, 7.5, and 10 dS m⁻¹), with and without soil mulch, and at two depths (0-20 and 20-40 cm). The parameters analyzed were electrical conductivity, calcium, magnesium, sodium, and potassium. Subsequently, the data were submitted to statistical analysis to verify the interaction between the factors studied. Vegetation cover on the soil surface did not cause a reduction in salinity levels, with only potassium levels decreasing. At depth, there was only a decrease in electrical conductivity and potassium, probably due to ionic competition with sodium, which increased.

KEYWORDS: Mulch. Semi-arid. Salinity. Soil depth. Soil management.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é um problema de interesse mundial, que vem sendo intensificado devido às mudanças climáticas e aumento populacional (Dougahneh et al., 2023; World Water, 2023). Esse problema se torna de maior interesse nas regiões áridas e semiáridas, onde as condições climáticas como baixa pluviosidade, altas temperaturas e alta evapotranspiração fazem com que haja menor disponibilidade hídrica, quando há demanda da irrigação.

Devido a isso, acaba se tornando necessário a utilização de águas de baixa qualidade para irrigação, que podem possuir altos teores de sais, principalmente, quando são águas subterrâneas de poços cristalinos, já que por causa da presença dos enormes depósitos de rochas calcárias (Pessoa Neto et al., 2007) na região, acabam elevando os teores de sais.

O uso de águas salinas contribui para o acúmulo de sais no solo, causando problemas físicos como dispersão da argila e problemas de drenagem (Zhao et al., 2020). Portanto, um dos

principais desafios para a pesquisa agrícola é a exploração agrícola de forma sustentável em ambientes adversos, como a presença de altos níveis de salinidade.

Com isso, também há a necessidade do uso de culturas mais tolerantes à salinidade, como é o caso da palma forrageira, planta do tipo CAM, bastante utilizada na região devido às suas características de bom armazenamento de água, além de ser utilizada como alimento para animais. Portanto, há a necessidade de entender como esses sais se comportam no solo, e, assim, buscar formas de mitigar os efeitos diretos e indiretos causados.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar a alteração nas características químicas de um solo irrigado com cinco concentrações salinas, em diferentes profundidades, e com o uso de cobertura no solo para mitigação dos efeitos da salinidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido entre os meses de setembro de 2016 e outubro de 2017 no município de Apodi-RN, na Estação Experimental pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). A estação fica localizada na rodovia RN-233 sob as seguintes coordenadas 5°37'374" S e 37°48'56.3" W (Figura 1).



Figura 1. Imagem do Google Earth da área em estudo, localizado na EMPARN em Apodi/RN.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima predominante no município é do tipo As, tendo precipitação pluvial média anual de 803 mm e temperatura média do ar de

26,1°C (Alvares et al., 2013). Na Figura 2, é possível visualizar a variação das precipitações pluviárias registradas no local do estudo durante o período de condução do experimento.

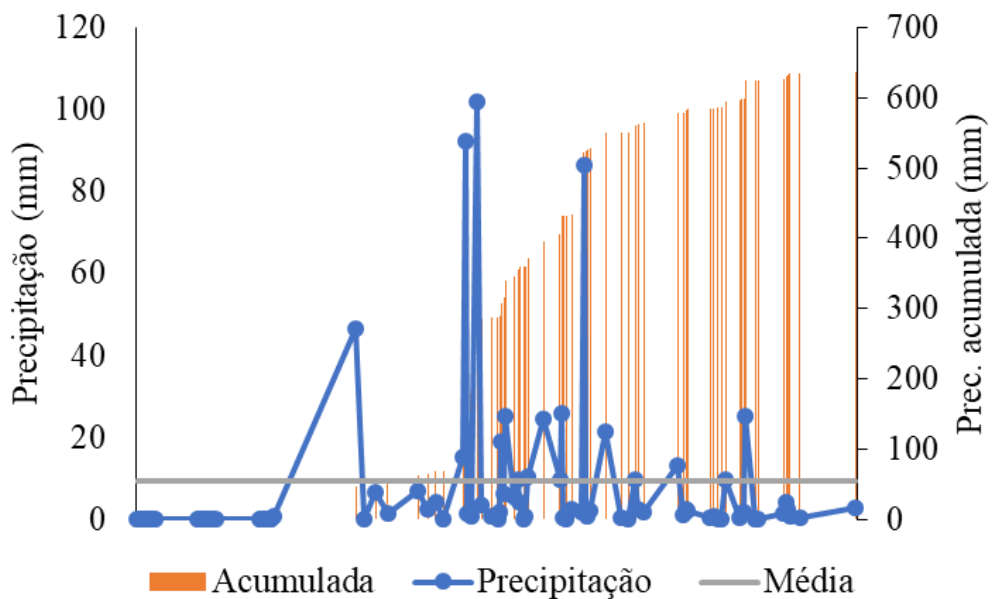


Figura 2. Variabilidade das precipitações pluviárias registradas entre 01/09/2016 e 07/10/2017, em Apodi/RN.

Antes da instalação do experimento foi feita a caracterização do solo, que foi realizada nas duas profundidades, e foi classificado como Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico, de textura Franco argilo-arenosa na profundidade de 0-20 cm e Argilo arenosa em 20-40 cm (Tabela 1).

Profundidade	Ds	Dp	Areia			Silte	Argila	Classificação textural
			Fina	Grossa	Total			
0-20 cm	1,70	2,78	220	430	650	80	300	Franco argilo arenosa
20-40 cm	1,53	2,71	190	330	520	80	200	Argilo arenosa

Nota: Densidade do solo (Ds); Densidade de partículas (Dp).

O experimento foi realizado no delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo composto por 15 fileiras com palma forrageira, contendo 42 m de comprimento cada, totalizando uma área de 1.748 m², sendo 308 m² de área útil. O espaçamento foi de 3,0 m entre fileiras e 0,1 m entre plantas. Cada parcela principal foi constituída de três fileiras da palma forrageira, com 10,5 m, sendo considerada a fileira central como área útil, e as demais como bordaduras (Figura 3).

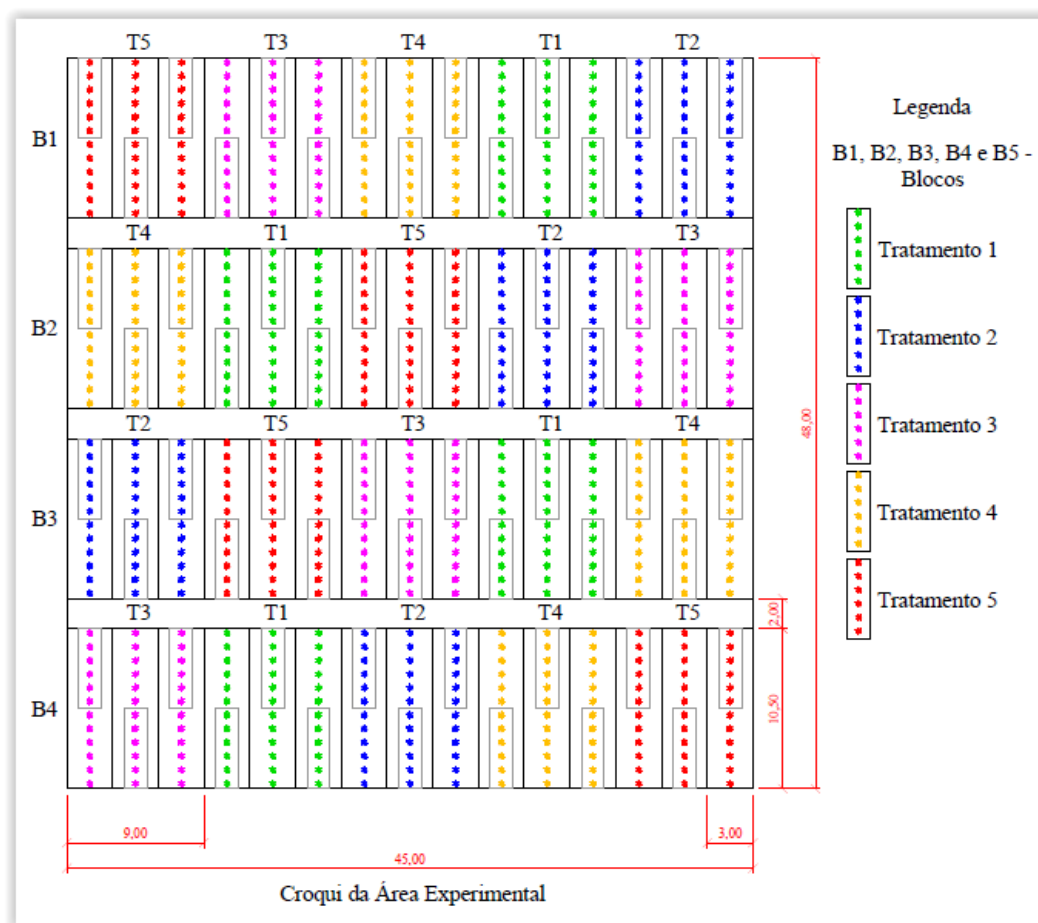


Figura 3. Croquis da disposição dos blocos na área experimental e a distribuição dos tratamentos.

Os cinco tratamentos foram constituídos de diferentes níveis de salinidade. T1 – água de poço ($0,0 \text{ dS m}^{-1}$), T2 – água com $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, T3 – água com $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, T4 – água com $7,5 \text{ dS m}^{-1}$, e T5 – água com 10 dS m^{-1} . Também foram realizados tratamentos com condicionadores orgânicos, sendo constituídos por cobertura de palha de arroz e sem cobertura, além de dois níveis de profundidade de amostragem do perfil do solo (0-20 e 20-40 cm).

A adubação foi realizada via fertirrigação, acontecendo mensalmente, e sendo constituída de 300 kg de nitrogênio, 100 kg de potássio, e 378 kg de fósforo. A irrigação foi realizada por gotejamento em fileiras simples, por fita do tipo gotejadora com 16 mm de diâmetro e vazão de $5 \text{ L h}^{-1} \text{ m}^{-1}$, com espaçamento de 0,3 m entre gotejadores. Foi utilizada água oriunda do poço tubular da EMPARN, acrescida de diferentes níveis de salinidade, que foi obtida usando solução salina de cloreto de sódio, cloreto de cálcio e sulfato de magnésio.

Após a aplicação dos tratamentos, foi realizada uma coleta de solo ao final do experimento (07/11/2017) para avaliação, sendo realizadas análises de condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+), seguindo os protocolos usados no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP/UFERSA) campus Mossoró.

Posteriormente, os dados foram submetidos ao teste de média para os fatores cobertura, profundidades do solo e níveis de salinidade, e as médias foram comparadas empregando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, são observados os valores médios de condutividade elétrica (CE), sódio (Na^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) dos diferentes fatores avaliados, cobertura, profundidade e níveis de salinidade.

Tabela 2. Comparativo dos valores médios das variáveis magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+) e condutividade elétrica (CE) em função das cinco concentrações salinas com adubação orgânica e, respectivo teste de média.

Fatores	Níveis	Parâmetros*				
		CE dS/m	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+} cmolc/kg
Cobertura	Sem	0,45a	0,68a	5,13a	4,90a	4,18a
	Com	0,45a	0,51b	3,41b	4,04b	2,30 ^a
Profundidade	0-20 cm	0,48a	0,60a	4,78a	4,96a	3,31a
	20-40 cm	0,42b	0,59a	4,28a	3,97b	3,17a
Salinidade	0,1	0,06c	0,10c	4,76a	4,64a	3,21a
	2,5	0,30bc	0,43b	4,57a	4,11a	2,77a
	5,0	0,50ab	0,64b	5,54a	4,60a	2,90a
	7,5	0,69a	0,88a	3,97a	4,54a	3,34a
	10,0	0,70a	0,91a	3,81a	4,43a	3,98a

Nota: Condutividade elétrica (CE) = dS m^{-1} ; Sódio (Na^+), Potássio (K^+); Cálcio (Ca^{2+}); e Magnésio (Mg^{2+}) = cmolc kg^{-1} . * Médias seguida da mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente à 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Observou-se que os valores dos parâmetros avaliados tendem a diminuir no solo com cobertura, com exceção da condutividade elétrica, que manteve o mesmo valor. Analisando-se estatisticamente, apenas Mg^{2+} e CE não tiveram diferença significativa entre os tratamentos, apesar do Mg^{2+} apresentar redução em número, indo de 4,18 para 2,30 cmolc/kg . Isso corrobora com a afirmação de autores que a cobertura vegetal tende a mitigar os efeitos do estresse salino (Oliveira et al., 2024; Sousa et al., 2023).

Em maiores profundidades, percebe-se que houve decréscimo nas concentrações de todos os parâmetros avaliados. Porém, os teores de Na^+ , K^+ e Mg^{2+} , apesar da redução numérica (0,60 e 0,59; 4,78 e 4,28; e 3,31 e 3,17 cmolc/kg , respectivamente), não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos 0-20 e 20-40 cm.

Em camadas mais profundas, pode haver lixiviação dos sais, o que poderia explicar um aumento nos teores, principalmente no de Na⁺ o que não ocorreu, podendo haver chegado a um limite, apesar de a camada de 20-40 cm normalmente apresenta teores maiores (Hu et al., 2023).

Quanto aos níveis de salinidade, quando há o aumento na salinidade, ocorre um aumento nos teores de CE, Na⁺ e Mg²⁺, porém houve redução no teor de potássio em determinados níveis, apesar de não haver diferença estatística. Isso se dá porque com o aumento nos teores de salinidade, também há nos teores de sódio, aumentando a competição iônica e assim os teores de potássio nos solos são reduzidos e ocorre a perda do elemento, reduzindo a sua disponibilidade para as plantas (Qadir et al., 2014; Sunderlage e Cook, 2018).

Observa-se na Tabela 2 que na salinidade de 0,1 dS/m, o Na⁺ foi de 0,10 cmolc/kg e o potássio 4,76 cmolc/kg, quando houve o aumento para 10 dS/m, o Na⁺ teve um aumento de 810%, atingindo 0,91 cmolc/kg, enquanto o K⁺ teve uma redução de 20%.

Também foi observado esse comportamento no teor de Ca²⁺, visto que os dois elementos competem entre si, causando uma correlação negativa, e o aumento de um quase sempre leva à redução do outro. De acordo com Richards (1954), altos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ no solo, levam à redução dos teores de Na⁺, podendo reduzir a salinidade do solo, visto que o sódio quase sempre é o principal elemento responsável pelo aumento da salinidade (Sousa et al., 2022).

CONCLUSÕES

O aumento nos níveis de salinidade causa aumento direto nos teores de sódio no solo, porém devido à competição iônica causa uma redução nos demais, como cálcio e potássio. A presença de cobertura no solo não mitigou os efeitos do estresse salino, causando redução apenas nos teores de potássio. Em profundidade, apenas a condutividade elétrica e potássio tiveram redução, enquanto os demais parâmetros aumentaram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p. 711-728, 2013.

DOUGAHEH, M. P.; ASHOFTEH, P. S.; LOÁICIGA, H. A. Urban stormwater management using low-impact development control measures considering climate change. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 154, n. 3, p. 1021-1033, 2023.

HU, Z.; MIAO, Q.; SHI, H.; FENG, W.; HOU, C.; YU, C.; MU, Y. Spatial variations and distribution patterns of soil salinity at the canal scale in the hetao irrigation district. **Water**, v.15, p. 3342, 2023.

OLIVEIRA, G. D. S.; SOUSA, G. G. D.; VIANA, T. V. D. A.; PEREIRA, M. J.; LEITE, K. N.; SOUSA, L. V. D.; SANTOS, S. D. O. Agronomic performance of sorghum crop under salt stress in soil with plant mulch. **Revista Caatinga**, v. 37, 2024.

PESSOA NETO, O. C.; SOARES, U. M.; SILVA, J. G. F.; ROESNER, E. H.; FLORENCIO, C.P.; SOUZA, C. A. V. Bacia Potiguar. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 357–369, 2007.

QADIR, M.; QUILLÉROU, E.; NANGIA, V.; MURTAZA, G.; SINGH, M.; THOMAS, R. J.; DRECHSEL, P.; NOBLE, A. D. Economics of salt-induced land degradation and restoration. **Natural Resources Forum**, v. 38, n. 4, p. 282–295, 2014.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. US Government Printing Office, n. 60, 1954.

SOUSA, H. C.; VIANA, T. V. D. A.; SOUSA, G. G. D.; AZEVEDO, B. M. D.; LESSA, C. I. N.; FREIRE, M. H. D. C.; BALDÉ, B. Productivity in the peanut under salt stress in soil with a cover of plant mulch. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, 2023.

SOUSA, C. J. S.; BORGES, W. R.; PINHEIRO, K. S. F. Hydrochemical characterization of the Barreiras-Itapecuru Aquifer System groundwater in the Maranhão Island, North Coast of Brazil. **Geosciences Geociências**, v. 41, n. 2, p. 437-450, 2022.

SUNDERLAGE, B.; COOK, R. L. Soil property and fertilizer additive effects on ammonia volatilization from urea. **Nutrient Management & Soil & Plant Analysis**, v. 82, 2018.

World Water. **Water scarcity clock**. <https://worldwater.io/>, 2023. Acesso em 08 jun. 2025.

ZHAO, C.; ZHANG, H.; SONG, C.; ZHU, J. K.; SHABALA, S. Mechanisms of plant responses and adaptation to soil salinity. **The Innovation**, v. 1, n. 1, p. 100017, 2020.