

## ÁGUA SALINA E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA COMPOSIÇÃO FOLIAR DO MILHETO

Samuel de Oliveira Santos<sup>1</sup>, Geocleber Gomes de Sousa<sup>2</sup>, Francisco Hermes Rodrigues Costa<sup>3</sup>, Silas Primola Gomes<sup>2</sup>, Fred Denilson Barbosa da Silva<sup>2</sup>, Thales Vinicius de Araújo Viana<sup>2</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar os teores foliares de plantas de milheto submetidas a estresse salino e adubação nitrogenada. O experimento foi realizado no período de setembro a novembro de 2020, na área experimental da Unidade de Produção de Mudas Auroras (UPMA), pertencente a UNILAB em Redenção, Ceará. Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 5 x 2, com 4 repetições, onde os fatores foram cinco doses de nitrogênio (40; 60; 80; 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N) e dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m<sup>-1</sup>). Foram avaliados os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na). O estresse salino ocasionou incremento nos teores foliares de N e redução nos teores de P e K. Os teores de Ca, Mg e Na apresentaram acréscimo à medida em que se elevavam as doses de nitrogênio e a condutividade elétrica da água de irrigação.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Penissetum glaucum* L., Salinidade, Teores foliares.

## SALINE WATER AND NITROGEN FERTILIZATION IN MILET LEAF COMPOSITION

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the foliar contents of pearl millet plants submitted to saline stress and nitrogen fertilization. The experiment was carried out from September to November 2020, in the experimental area of the Production Unit of Seedlings Auroras (UPMA), belonging to UNILAB in Redenção, Ceará. A completely randomized experimental design (DIC) was used, in a 5 x 2 factorial arrangement, with 4 replications, where the factors were

<sup>1</sup> Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE samueloliveira1111@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, Unilab, Redenção, CE

<sup>3</sup> Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

five nitrogen doses (40; 60; 80; 100 and 120 kg ha<sup>-1</sup> of N) and two irrigation water salinity levels (0.3 and 4.0 dS m<sup>-1</sup>). Leaf contents of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg) and sodium (Na) were evaluated. Salt stress caused an increase in foliar N contents and a reduction in P and K contents. Ca, Mg and Na contents increased as nitrogen doses and electrical conductivity of irrigation water increased.

**KEYWORDS:** *Penissetum glaucum* L., Salinity, Leaf contents.

## INTRODUÇÃO

O milheto (*Penissetum glaucum* L.) é uma cultura forrageira anual pertencente à família botânica Poaceae e originária do continente africano, podendo ser empregada na alimentação humana e animal devido sua composição nutricional. Quando comparada a outras plantas forrageiras, o milheto apresenta tratos culturais simples, baixo custo de produção e maior tolerância ao déficit hídrico, e seus usos como forragem vão desde a produção de palhada, até a produção de silagem e grãos. Isso garante alto potencial produtivo para a cultura, especialmente em regiões semi-áridas, visto que esta espécie apresenta baixas demandas em relação a fertilidade do solo além de resistência a seca (JACOVETTI et al., 2018; FERREIRA et al., 2020).

A salinidade representa um dos principais fatores abióticos que afetam negativamente a produtividade das lavouras, podendo afetar de forma severa a produção agrícola. Quantidades elevadas de sais solúveis e alta saturação de Na<sup>+</sup> são comumente observadas em solos de regiões áridas e semiáridas, ou ainda em regiões nas quais os solos apresentem condições imperfeitas de drenagem (FAO, 2021; RAI et al., 2021). Nessas regiões a produção agrícola é limitada pela escassez hídrica, salinidade elevada do solo e baixa fertilidade (LI et al., 2023). Conseqüentemente, os recursos hídricos disponíveis para irrigação das lavouras apresentam, na maioria das vezes, certas limitações de uso devido a elevada concentração de sais solúveis (LIMA et al., 2017).

A aplicação de fertilizantes minerais representa uma prática importante para promoção do desenvolvimento e produção das lavouras. Para garantir elevadas produtividades, produtores fazem uso intensivo de fertilizantes, especialmente os fertilizantes nitrogenados (LI et al., 2019; LI et al., 2023). Entretanto, em ambientes salinos, as interações iônicas que afetam a viabilidade, absorção e transporte de nutrientes apresentam alta complexidade devido principalmente às diferenças de concentração e composição iônica, onde há maior acumulação

de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  e consequente redução na concentração e absorção de N, P, K, Ca e Mg (SOUSA et al., 2010; IBRAHIM, et al., 2018). Jiang et al. (2023) afirmam ainda que a salinidade pode afetar de forma significativa o ciclo do nitrogênio, através de estresses osmóticos, toxidez iônica e estresses oxidativos.

Diante do exposto objetivou-se avaliar os teores foliares de plantas de milho submetidas a estresse salino e adubação nitrogenada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de setembro a novembro de 2020, na área experimental da Unidade de Produção de Mudanças Auroras (UPMA), pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará. A cidade está localizada em uma latitude de  $04^{\circ}13'33''$  S, longitude de  $38^{\circ}43'50''$  W, com altitude média de 88 m. Segundo a classificação proposta por Köppen (1923), o clima da região é classificado como  $\text{Aw}$  caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono.

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial  $5 \times 2$ , com 4 repetições, onde os fatores correspondem a cinco doses de nitrogênio (40; 60; 80; 100 e 120  $\text{kg ha}^{-1}$  de N) e dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0  $\text{dS m}^{-1}$ ).

Nas adubações de P e K foram utilizadas as doses de 30  $\text{kg ha}^{-1}$  e 40  $\text{kg ha}^{-1}$ , respectivamente. As doses dos fertilizantes foram determinadas seguindo as recomendações de Pereira Filho et al. (2003), para a cultura do milho com fins de pastejo ou silagem, sendo aplicadas via fertirrigação.

Os vasos utilizados foram de material plástico flexível, com capacidade volumétrica de 25 litros (L), contendo substrato na proporção 4:3:1 de arisco, areia e esterco bovino respectivamente. As características do substrato estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos do substrato utilizado antes da aplicação dos tratamentos.

Caraterísticas químicas <sup>1</sup>									
M.O.	N	P	Mg	K	Ca	Na	pH	PST (%)	CE
$\text{g kg}^{-1}$		$\text{mg Kg}^{-1}$							
				$\text{cmolcdm}^{-3}$					
4,34	0,26	65	1,20	0,65	1,20	0,33	6,2	7	1,19

A irrigação das plantas ocorreu de forma manual com turno de rega diário e fração de lixiviação correspondente a 15% (AYERS & WESTCOT, 1999), de acordo com a metodologia do lisímetro de drenagem posposta por Bernardo et al. (2019), mantendo o substrato na capacidade de campo. O volume de água aplicado nas irrigações foi determinado através da equação abaixo (Eq. 1):

$$VI = \frac{(Vp-Vd)}{(1-LF)} \quad (1)$$

Onde:

VI – volume de água a ser aplicado na irrigação (mL);

Vp – volume de água aplicado na irrigação anterior (mL);

Vd – volume de água drenado (mL); e,

LF – fração de lixiviação de 0,15.

A solução salina utilizada na irrigação foi preparada através da diluição dos sais NaCl, CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O na proporção de 7:2:1 respectivamente, obedecendo a relação entre a condutividade elétrica da água (CEa) e sua concentração (mmol L<sup>-1</sup> = CE x 10), de acordo com a metodologia proposta por Rhoades et al. (2000). A irrigação com a solução salina teve início aos 10 dias após a semeadura (DAS) após o estabelecimento das plantas.

Aos 66 dias após a semeadura as plantas foram colhidas e foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e Na. Para avaliação do conteúdo foliar, o material vegetal foi triturado em moinho do tipo Wiley para determinação de macronutrientes. O teor de N foi determinado pelo processo de digestão úmida, seguida de destilação a vapor e titulação para quantificação de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pelo método Kjeldahl (MIYAZAWA et al., 2009).

Os demais elementos (P, K, Mg, Ca e Na) foram determinados por digestão a seco em mufla utilizando-se uma solução de HNO<sub>3</sub> a 1% como extrator. Uma amostra de 500mg de tecido vegetal foi posto em mufla elétrica e incinerado a temperaturas entre 500 e 550 °C. A cinza resultante do processo foi dissolvida em solução de ácido nítrico. O extrato obtido foi usado para a determinação de P, K, Mg, Ca e Na. As leituras de K e Na ocorreram através de fotometria de chama, as leituras de P através de espectrofotometria com azul de molibdênio e as leituras de Mg e Ca por espectrofotometria de absorção atômica (SILVA, 2009).

Os dados após coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a testes de médias pelo teste de Tukey ao nível de 1% (\*\*\*) e 5% (\*) de probabilidade, utilizando-se o programa computacional ASSISTAT. 7.6 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

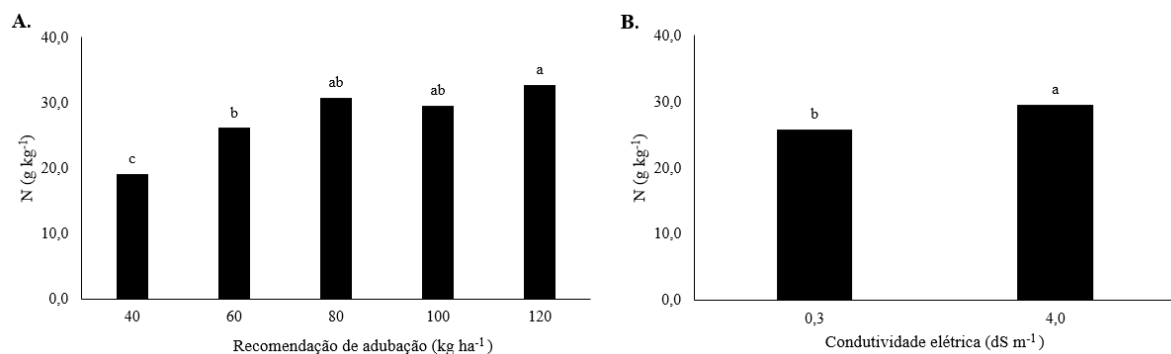
De acordo com a análise de variância (tabela 2), os teores de N responderam significativamente de forma isolada às recomendações e à salinidade, enquanto os teores de P e K responderam somente a salinidade. Os teores de Ca, Mg e Na responderam de forma significativa a interação entre recomendação e salinidade.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância (ANOVA) para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na) em plantas de milho submetidas a diferentes doses de adubação nitrogenada e irrigação com água salina.

FV	GL	Quadrado médio					
		N	P	K	Ca	Mg	Na
Recomendação	4	229,80777**	0,27792 <sup>ns</sup>	8,40015 <sup>ns</sup>	1,90701*	3,23411**	2,25568**
Salinidade	1	144,36960**	2,10020**	61048230**	5,17746*	4,14672**	7,35392**
D x A	4	29,98106 <sup>ns</sup>	0,15247 <sup>ns</sup>	7,31748 <sup>ns</sup>	2,13514*	2,18221*	1,13737*
Resíduo	30	16,54807	0,18897	6,06091	0,70807	0,54516	0,30725
Total	39						
MG		27,6	1,5	13,2	4,7	4,7	1,1
CV (%)		14,7	18,6	18,5	17,7	15	

FV: Fonte de variação, CV (%): Coeficiente de variação, \*Significativo pelo teste F a 5%; \*\* Significativo pelo teste F a 1%; ns = não significativo.

Observa-se a partir da figura 1A, que os maiores valores dos teores de N em plantas de milho foram observados nas doses de 80, 100 e 120 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente das demais. Oresca et al. (2021) observaram incremento nos teores de nitrogênio na parte aérea de plantas de sorgo e milho com o aumento das doses de fertilizante nitrogenado fornecido às plantas. Os autores supracitados afirmam que este resultado pode ser atribuído à rápida absorção de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> pelas raízes e subsequente translocação para a parte aérea.

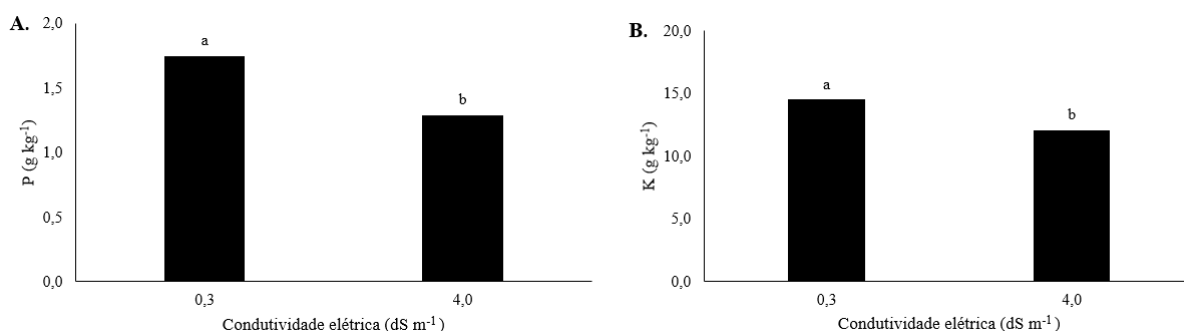


**Figura 1.** Teores foliares de N em plantas de milho em função de diferentes doses de nitrogênio (A) e condutividades elétricas da água de irrigação (B). Colunas seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.01$ ).

Com relação ao efeito da salinidade (figura 1B), observa-se que a utilização da água de maior salinidade (4,0 dS m<sup>-1</sup>) promoveu incremento nos teores de N quando comparada a água de menor salinidade (0,3 dS m<sup>-1</sup>). Resultados contrários ao desse estudo foram observados por

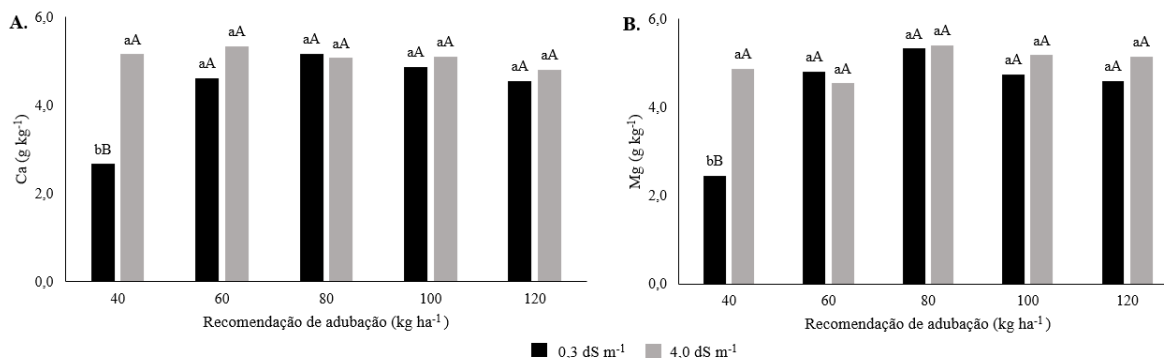
Sousa et al. (2022) avaliando salinidade e adubação nitrogenada na cultura do milho, onde a água de maior salinidade promoveu reduções nos teores foliares de N.

Os teores foliares de P e K apresentaram resposta semelhante com relação a salinidade, onde a utilização da água de maior salinidade ocasionou reduções dos teores foliares desses elementos essenciais em relação a água de menor salinidade (figura 2A e 2B). Sousa et al. (2022) obtiveram resultados semelhantes onde o teor foliar de P em plantas de milho submetidas a salinidade foi inferior ao observado em plantas que não foram submetidas ao estresse salino. Sousa et al. (2010) avaliando a cultura do milho submetida a estresse salino verificaram efeito semelhante para os teores foliares de K, onde houve decréscimo na quantidade deste elemento.



**Figura 2.** Teores foliares de P (A) e K (B) em plantas de milho em função de diferentes condutividades elétricas da água de irrigação. Colunas seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.01$ ).

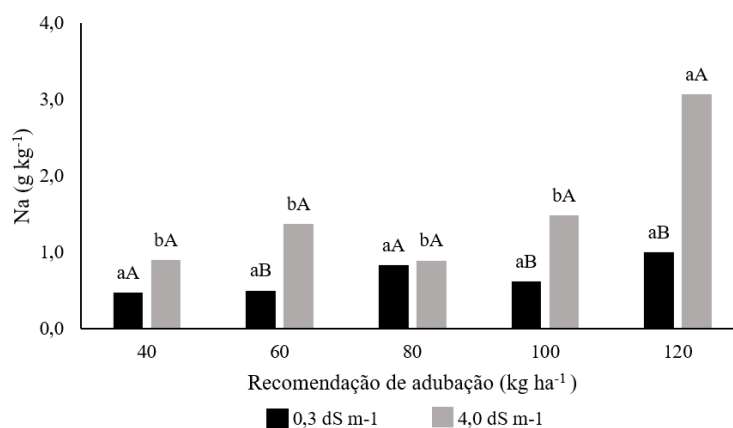
Os teores de Ca, Mg e Na foram influenciados significativamente pela interação entre doses de nitrogênio e condutividades elétricas da água de irrigação. Com relação aos teores foliares de Ca e Mg (figura 3.A e 3.B, respectivamente) observa-se uma resposta semelhante, onde os menores teores desses elementos foram obtidos com a menor dose de nitrogênio ( $40 \text{ kg ha}^{-1}$ ) utilizando-se a água de menor salinidade para a irrigação das plantas. Para as demais doses de nitrogênio não houve efeito significativo.



**Figura 3.** Teores foliares de Ca (A), Mg (B) em plantas de milho em função de diferentes doses de nitrogênio e condutividades elétricas da água de irrigação. Colunas seguidas da mesma letra minúscula para as doses de nitrogênio e maiúsculas para a condutividade elétrica não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Esse incremento de Ca e Mg pode estar relacionado ao conteúdo de sais presentes na água utilizada para irrigação. Resultados similares foram observados por Sousa et al. (2022) em plantas de milho, onde a menor dose de nitrogênio acarretou os menores teores foliares de Ca e a utilização da água de maior salinidade promoveu aumento nos teores de Ca e Mg.

Na figura 4, é possível observar os teores foliares de Na em plantas de milheto, onde os maiores valores para este elemento são observados na maior dose de nitrogênio (120 kg ha<sup>-1</sup>) com a utilização da água de maior salinidade para a irrigação.



**Figura 4.** Teores foliares de Na em plantas de milheto em função de diferentes doses de nitrogênio e condutividades elétricas da água de irrigação. Colunas seguidas da mesma letra minúscula para as doses de nitrogênio e maiúsculas para a condutividade elétrica não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Nobre et al. (2013) ao avaliarem o acúmulo de elementos na cultura da mamona sob estresse salino e adubação nitrogenada, obtiveram resultados semelhantes aos apresentados nesse estudo, onde o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação e das doses de nitrogênio ocasionaram um incremento significativo nos teores foliares de Na. Os mesmos autores justificam tal aumento devido ao tempo de acumulação pelo fluxo transpiratório e a baixa mobilidade desse elemento na planta.

## CONCLUSÕES

O estresse salino ocasionou incremento nos teores foliares de N e redução nos teores de P e K.

Os teores de Ca, Mg e Na apresentaram acréscimo à medida em que se elevaram as doses de nitrogênio e a condutividade elétrica da água de irrigação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. K. RAI, N. BASAK, P. SUNDHA. **Saline and sodic ecosystems in the changing world.** Soil Science: Fundamentals to Recent Advances, Springer, Singapore, 2021.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, D. D.; SOARES. A. A. **Manuel de irrigação.** 9. ed. Viçosa – MG: Editora UFV, 2019.
- FAO. **Global Map of Salt Affected Soils.** FAO, 2021.
- FERREIRA, F. N.; OLIVEIRA, I. C. M.; ANDRADE, C. L. T.; SIMEÃO, R. M.; SOUZA, I. R. P. **Produção de silagem de milho sob diferentes lâminas de irrigação.** Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 25 p.
- IBRAHIM, M. E. H.; ZHU, X.; ZHOU, G.; ALI, A. Y. A.; AHMAD, I.; ELSIDDIG, A. M. I. Fertilizante nitrogenado reduz o impacto do cloreto de sódio no rendimento de trigo. **Agronomy Journal**, 110: 1731-1737, 2018.
- JACOVETTI, R.; FRANÇA, A. F. S.; CARNEVALLI, R. A.; MIYAGI, E. S.; BRUNES, L. C.; CORRÊA, D. C. Milheto como silagem comparado a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. **Ciência Animal Brasileira**, 19: 265-239, 2018.
- JIANG, X.; LIU C.; HU Y.; SHAO K.; TANG X.; ZHANG L.; GAO G.; QIN B. Climate-induced salinization may lead to increased lake nitrogen retention. **Water Research**. v.228, Part A, 119354, 2023.
- KÖPPEN, W. P. **Die klimate der erde: Grundriss der klimakunde.** Berlin: Walter de Gruyter & So. 1923. 369 p.
- LI, T.; XIE, Y.; GAO, Z.; HONG, J.; LI, L.; MENG, H.; MA, H.; JIA, J. Year-round film mulching system with monitored fertilization management improve grain yield and water and nitrogen use efficiencies of winter wheat in the dryland of the Loess Plateau, China. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int.**, v.26 (10), 9524–9535, 2019.
- LI, Y.; XU, X.; HU, MIN; CHEN, Z.; TAN, J.; LIU, LIU; XIONG, Y.; HUANG Q.; HUANG G. Modeling water–salt–nitrogen dynamics and crop growth of saline maize farmland in Northwest China: Searching for appropriate irrigation and N fertilization strategies. **Agricultural Water Management**, v. 282, 108271, 2023.



LIMA, G. S.; MOREIRA, B. L.; SILVA, A. G.; DINIZ NETO, M. L.; OLIVEIRA, D. S.; CAVALCANTE, A. P. Crescimento e produtividade de algodão de fibra colorida cultivado sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 21, n. 6, p. 415-420, 2017.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELO, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2009. cap. 1, p. 191-223.

NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, S. S. Acúmulo de NPK e sódio na mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1066 – 1073, 2013.

ORESCA, D.; OLIVEIRA, A. C. de; SILVA, T. G. F.; PESSOA, L. G. M.; SOUZA, J. C. G.; MACIEL, L. H. Agronomic performance of forage sorghum and millet grown under irrigation with saline water and nitrogen doses in the Brazilian semi-arid. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. e359101018976, 2021.

PEREIRA FILHO., I. A.; PEREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 2003. 17 p. (Embrapa-CNPMS. Circular Técnica, 29).

RAI, A.K.; BASAK, N.; SUNDHA, P. Saline and Sodic Ecosystems in the Changing World. In: RAKSHIT, A.; SINGH, S.; ABHILASH, P.; BISWAS, A. (ed.). **Soil Science: Fundamentals to Recent Advances**. Springer, Singapore, 2021.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina grande: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos FAO - irrigação e drenagem, 48).

SILVA, C. S. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2009. 627p.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SOUSA, G. G.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, L. F.; GUIMARÃES, F. V. A.; BEZERRA, M. E. J.; SILVA, G. L. Nutrição mineral e extração de nutrientes de planta de milho

irrigada com água salina. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.14, n.11, p.1143-1151, 2010.

SOUSA, G. G.; SOUSA, H. C.; SANTOS, M. F.; LESSA, C. I. N.; GOMES, S. P.; Saline water and nitrogen fertilization on leaf composition and yield of corn. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 35, n. 1, p. 191 -198, jan – mar., 2022.