

TEOR DE NUTRIENTES NO CALDO DO SORGO SOB ESTRESSES ABIÓTICOS

Maria Vanessa Pires de Souza¹, Leonardo Vieira de Sousa², Maria Isabela Batista Clemente³,
Gabriela Carvalho Maia de Queiroz⁴, Rodrigo Rafael da Silva⁵, José Francismar de
Medeiros⁶

RESUMO: Considerada uma cultura potencial para a região semiárida, o sorgo vem se destacando devido sua adaptabilidade e suas inúmeras aplicabilidades. Objetivou-se com esse trabalho avaliar as características nutricionais do caldo de duas cultivares de sorgo submetidas a diferentes lâminas e concentrações de sais da água de irrigação, em uma área no semiárido brasileiro. Foram realizados dois experimentos simultâneos em uma área experimental, no período de setembro a dezembro de 2020. Os experimentos diferiram apenas para a cultivar utilizada, sendo a Ponta Negra referente ao experimento I, e a cultivar BRS 506, no experimento II. O delineamento foi em blocos casualizados, em esquema fatorial (4 x 4), sendo o primeiro fator referente a salinidade da água de irrigação (1,5; 3,0; 4,5; e 6 dS m⁻¹) e o segundo referente as lâminas de irrigação (52, 66, 84 e 93% da ETc). Utilizou-se dois blocos com repetição dentro dos mesmos, formando 16 tratamentos e 64 parcelas experimentais. As variáveis analisadas foram íons solúveis no caldo (Ca, Na, K, P, Mg e Cl). A condutividade afetou o acúmulo de íons no caldo. A ordem de acúmulo de íons solúveis no caldo foi de K > Cl > Mg > P > Na.

PALAVRAS-CHAVE: *Sorghum bicolor*, Salinidade, Minerais

NUTRIENT CONTENT IN SORGHUM BROTH UNDER ABIOTIC STRESS

ABSTRACT: Considered as a potential crop for the semi-arid region, sorghum has been standing out due to its adaptability and its numerous applications. The objective of this study was to evaluate the nutritional characteristics of the broth of two sorghum cultivars subjected to different levels and concentrations of salts in the irrigation water, in a semi-arid area of

¹ Doutoranda, UFC, Av. Humberto Monte, s/n - Pici, CEP 60440-593, Fortaleza – CE. Fone (85)98771-7446. e-mail: vanessa.pires@alu.ufc.br

² Doutorando em fitotecnia, UFERSA, Mossoró, RN

³ Mestre em Manejo de Solo e Água, UFERSA, Mossoró, RN

⁴ Mestranda em fitotecnia, UFERSA, Mossoró, RN

⁵ Doutorando em manejo de solo e água, UFERSA, Mossoró, RN

⁶ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador 1A CNPq, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas. UFERSA, Mossoró, RN

Brazil. Two simultaneous experiments were conducted in an experimental area, in the period from September to December 2020. The experiments differed only for the cultivar used, being Ponta Negra in experiment I and BRS 506 in experiment II. The design was in randomized blocks, in a factorial scheme (4 x 4), with the first factor referring to the salinity of irrigation water (1.5; 3.0; 4.5; and 6 dS m⁻¹) and the second referring to the irrigation rates (52, 66, 84 and 93% of ET_c). Two blocks were used with repetition within the same blocks, forming 16 treatments and 64 experimental plots. The variables analyzed were juice soluble ions (Ca, Na, K, P, Mg and Cl). The conductivity affected the accumulation of ions in the juice. The order of accumulation of soluble ions in the juice was K > Cl > Mg > P > Na.

KEYWORDS: *Sorghum bicolor*, Salinity, Minerals

INTRODUÇÃO

A escassez da disponibilidade dos recursos hídricos é um dos grandes problemas que a agricultura está enfrentando atualmente. Em regiões onde a água é escassa, a otimização da irrigação também é um aspecto de fundamental importância, como o sorgo é uma cultura que apresenta tolerância a condições de estresse hídrico, uma irrigação ótima implicaria em menores lâminas aplicadas em relação à irrigação plena, sem que haja perdas significativas de produção (COSTA & MEDEIROS, 2017).

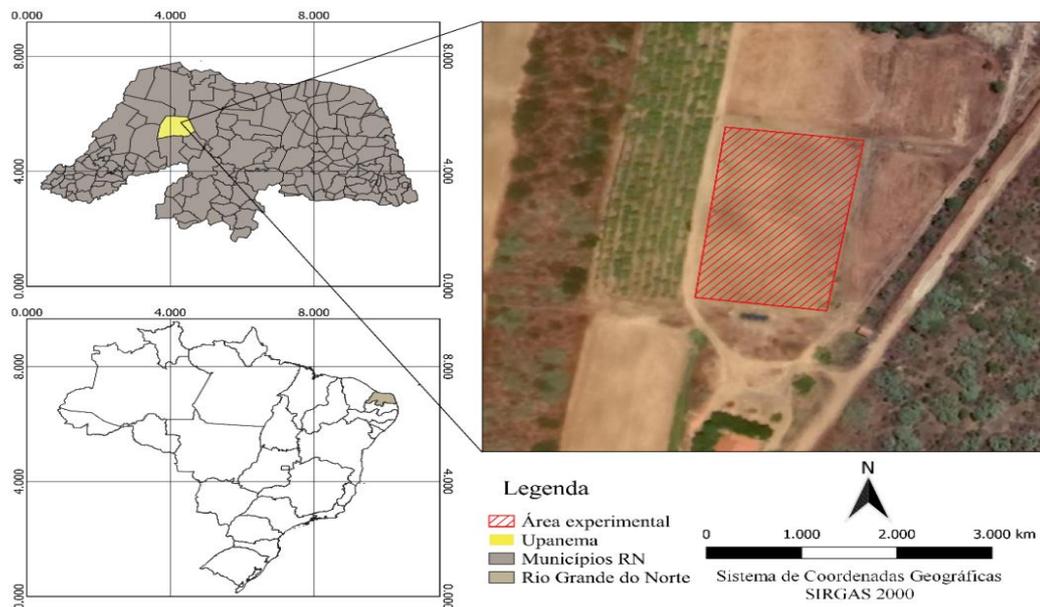
No Nordeste o sorgo tem sido apontado como uma cultura em potencial, indicado por apresentar adaptabilidade às condições dos estresses abióticos existentes no semiárido, sendo considerado moderadamente tolerante a salinidade. Outra característica importante é sua resistência à seca em virtude de sua alta eficiência no uso da água, mesmo quando se irriga com lâmina deficitária (COSTA et al., 2019).

Desta maneira, o sorgo apresenta-se como alternativa para a produção de material forrageiro, grãos, etanol e açúcar nesta região, com rendimentos economicamente aceitáveis para esta região. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o teor nutricional do caldo de sorgo, tendo em vista que trabalhos envolvendo essa temática são raros.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no período de agosto a dezembro de 2020, em uma área experimental localizada na zona rural do município de Upanema – RN. Os experimentos foram instalados um ao lado do outro e ao mesmo tempo, apresentando o mesmo delineamento

experimental, diferindo entre si apenas para as cultivares: Experimento I: Cultivar BRS Ponta Negra (C1) e Experimento II: Cultivar BRS 506 (C2).



Fonte: Souza (2021).

Figura 1. Mapa de localização da área experimental em Upanema-RN.

Os tratamentos foram constituídos de dois fatores, o primeiro referente a concentração de sais da água de irrigação (1,5; 3,0; 4,5 e 6 dS m⁻¹), o segundo representado pelas lâminas de irrigação (52, 66, 84 e 93% da ETc). O delineamento adotado foi em blocos casualizados com repetição dentro do bloco, em esquema fatorial de 4 (S) x 4 (L), formando 16 tratamentos e 64 parcelas experimentais. As parcelas foram constituídas de fileiras duplas de 5 metros, sendo consideradas como parcela útil 14 plantas competitivas selecionadas e marcadas 25 dias após o plantio, devido variação de stand entre as parcelas.

A água salina utilizada na irrigação foi preparada da seguinte forma: a de menor concentração (S1), com condutividade de 1,5 dS m⁻¹, foi proveniente de um poço tubular que explora água no aquífero arenítico calcífero. As demais S2, S3 e S4 de condutividades 3,0 dS m⁻¹, 4,5 dS m⁻¹ e 6,0 dS m⁻¹, respectivamente, foram preparadas a partir da adição dos sais NaCl, CaCl₂·2H₂O e MgSO₄·7H₂O, até atingirem a proporção molar de cargas de 7:2:1 de Na, Ca e Mg. Foi escolhida essa proporção porque ela representa a composição média das águas salobras do semiárido nordestino (MEDEIROS, 1992).

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi por gotejamento. A irrigação ocorreu com frequência diária. As lâminas de irrigação foram aplicadas como uma proporção da evapotranspiração da cultura (ETc), ajustando-se às condições de campo e ao funcionamento do sistema de irrigação (52, 66, 84 e 93% da ETc total estimada para o ciclo da cultura). A ETc foi estimada diariamente a partir da estimativa da evapotranspiração de referência diária, pelo

método de Penman-Monteith proposto por Allen et al. (2006), e o coeficiente da cultura (Kc) diário foi determinado pelo método do Kc dual. Para calcular a lâmina bruta de irrigação, adotou-se a eficiência de irrigação de 95%. A ETo foi estimada diariamente a partir de dados coletados em uma estação meteorológica instalada na área do experimento.

As cultivares de sorgo escolhidas para o estudo foram a BRS 506 e Ponta Negra, cedidas pelo IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco) e pela EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), respectivamente. A cultivar BRS 506, embora muito rica em sacarose, ainda não tem sua adaptabilidade à região bem conhecida. Por sua vez, a cultivar Ponta Negra é adaptada ao Rio Grande do Norte, possuindo dupla aptidão, forrageira e granífera, embora em alguns estudos venha se mostrando com semi-sacarina ou sacarina.

Para a extração de caldo, os experimentos diferiram apenas na quantidade das plantas coletadas. Para a cultivar C2 foram coletadas aleatoriamente três plantas inteiras de cada parcela, já para cultivar C1 foram coletadas duas plantas. Retirou-se as folhas e as panículas - colmos limpos, colhidos na parcela útil, e moídos em moendas específicas utilizadas para extração de caldo de cana.

Foram avaliados os teores de nutrientes solúveis presentes no caldo, levando como exemplo a metodologia para solução aquosa de Teixeira et al. (2017). Os íons de sódio e potássio foram determinados por meio do espectrofotômetro de chama. O cloreto, cálcio e magnésio, foram determinados por meio de titulação. O Ca pela titulação direta e o Mg pela subtração dos titulados Ca+Mg subtraído do valor titulado de Ca. Já o P foi obtido por meio do espectrofotômetro. As análises foram determinadas conforme Banzatto & Kronka (2006), procedendo os cálculos em planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a tabela 1 foi observado diferença significativa da salinidade da água de irrigação sobre a concentração de sódio, cloro e magnésio para a cultivar Ponta Negra, e sódio, cloro e fósforo para a cultivar BRS 506. Efeito de interação também foram observados sobre a concentração de potássio e cálcio, cultivar BRS 506.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os íons presentes no caldo sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) para as cultivares BRS Ponta Negra e BRS 506 em função do estresse hídrico e salino.

FV	GL	Cultivar BRS Ponta Negra (C1)					
		Na	K	Cl	P	Ca	Mg
		Estatística F					
BLOCO	1	41,36	7,70	49,15	3,46	0,026	10,17
SAL	3	7,62**	1,61 ^{ns}	2,89*	0,70 ^{ns}	0,84 ^{ns}	4,00**
LAM	3	1,66 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,69 ^{ns}	2,22 ^{ns}

SALxLAM	9	1,56 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,77 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,57 ^{ns}
CV	(%)	34,52	17,95	10,85	45,25	16,76	27,55
MÉDIAS		61,55	3955,94	476,25	55,39	1024,02	290,04
Cultivar BRS 506 (C2)							
BLOCO	1	0,63	10,62	3,32	1,38	5,15	5,87
SAL	3	27,76**	4,87**	3,34*	4,89*	0,67 ^{ns}	0,79 ^{ns}
LAM	3	1,36 ^{ns}	0,66 ^{ns}	1,05 ^{ns}	2,49 ^{ns}	1,47 ^{ns}	0,72 ^{ns}
SALxLAM	9	0,47 ^{ns}	2,53**	1,95 ^{ns}	2,05 ^{ns}	2,22*	1,94 ^{ns}
CV	(%)	27,97	9,43	10,12	21,51	11,32	21,36
MÉDIAS		73,08	4031,87	554,69	149,69	1112,62	412,03

Em ambas as cultivares foi observado aumento na concentração de Cloreto no caldo em função da condutividade elétrica da água, sendo o modelo linear o que melhor se ajustou aos dados. A cultivar BRS 506 apresentou um aumento de 11,07% obtendo um acúmulo máximo de 576,9 mg L⁻¹ para o maior nível salino (Figura 2A). Já a cultivar Ponta Negra passou de 467,5 mg L⁻¹ na menor salinidade para 505,6 mg L⁻¹ na concentração de 6,5 dS m⁻¹ (Figura 2B). O acúmulo deste íon pode estar relacionado ao aumento da concentração do mesmo na água de irrigação e, por consequência, à sua disponibilidade na solução do solo, sendo absorvido pelas raízes via fluxo de massa e transportado para os demais tecidos.

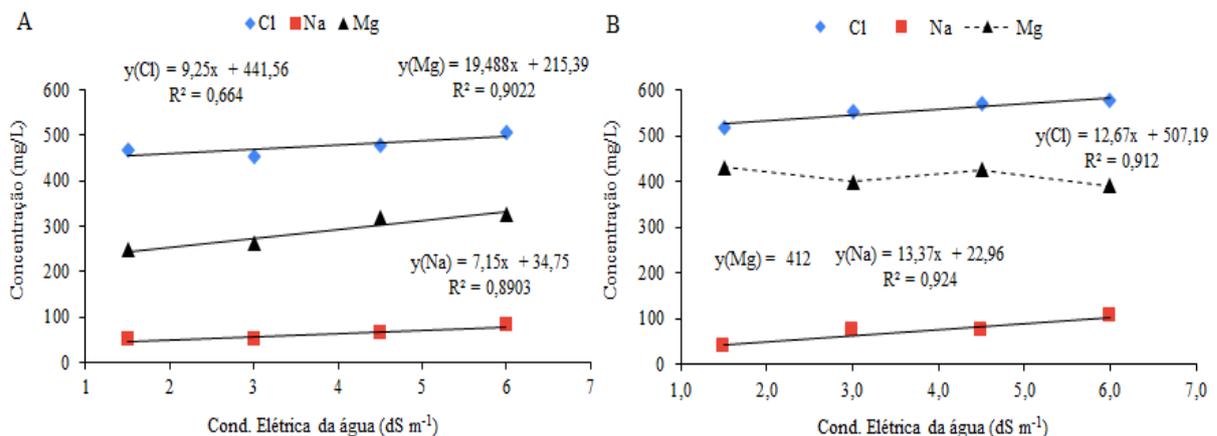


Figura 2. Concentração de cloreto (Cl), sódio (Na) e magnésio (Mg) no caldo do sorgo em função da salinidade da água de irrigação, Cultivar Ponta Negra (A) e BRS506 (B).

O cloreto é um elemento móvel dentro das plantas, podendo se translocar com facilidade. De acordo com Taiz et al. (2017), normalmente as plantas absorvem o ânion Cl⁻ em quantidades bem maiores do que o necessário, o que pode explicar os resultados obtidos nessa pesquisa para ambas as cultivares, tendo em vista que apresentaram resultados semelhantes.

A concentração de sódio também se elevou com o aumento da salinidade da água, sendo o modelo linear crescente, o que melhor se ajustou aos dados para ambos os genótipos. A cultivar Ponta Negra teve aumento de 50 mg L⁻¹ para 81,3 mg L⁻¹ quando submetida a maior salinidade, enquanto a cultivar BRS 506 passou de 39,1 mg L⁻¹ para 104,9 mg L⁻¹, um aumento de 63% na concentração de sódio para a Ponta Negra e de 168% para a BRS 506. Esse aumento no acúmulo na concentração de sódio pode ser explicado pois que esse íon está presente em

maior proporção na água de irrigação, a medida que a salinidade aumenta, que teve um aumento de 660% entre a água S1 e a S4.

O estresse e a fitotoxicidade nas plantas, são causadas principalmente pela presença dos íons Na^+ e Cl^- , porém as plantas apresentam mecanismos eficazes de lidar com a salinidade, que é o controle na absorção e distribuição de Na^+ e Cl^- nos tecidos das plantas, ou acúmulo destes nos vacúolos celulares, conseguindo minimizar os distúrbios nutricionais (LEMES et al., 2020). Os resultados encontrados nesta pesquisa, são bons indícios da capacidade de absorção e retenção de íons potencialmente tóxicos nas cultivares estudadas.

Ressalta-se ainda que a Cultivar Ponta Negra apresentou menores acúmulos destes íons, o que evidencia que esta cultivar apresenta maior resistência ao acúmulo e concentração de Cl^- e principalmente de Na^+ no seu caldo. De acordo com Lacerda et al. (2003) o sorgo apresenta a capacidade de reduzir o transporte de Na^+ e Cl^- das raízes para a parte aérea ou compartimentam parte desses íons em locais específicos nas raízes e folhas.

Com relação a quantidade acumulada de magnésio no caldo do sorgo, os valores não se ajustaram a nenhum modelo para a cultivar C2, apresentando valor médio de 412 mg L^{-1} , já a cultivar Ponta Negra, apresentou um comportamento linear, com acúmulo máximo de $325,9 \text{ mg L}^{-1}$ de magnésio solúvel em seu caldo para o maior nível salino.

Embora o magnésio exerça grande importância no metabolismo vegetal, pesquisas referentes a estudos sobre as concentrações deste nutriente em plantas e com relação a sua concentração no caldo de sorgo, cultivadas sob estresse salino é bastante limitada. Quando se trata do acúmulo desse nutriente na parte aérea das culturas, a tendência é a redução do íon conforme o aumento da salinidade da água de irrigação (LIRA et al., 2019).

É importante frisar que reduções nos teores de nutrientes podem ser variáveis, tanto em função da salinidade, tipo de sal, tempo de exposição e cultura utilizada. Neste estudo observamos resultados diferentes, quando se trata de acúmulo no caldo, o comportamento variou em função da cultivar.

O potássio foi o nutriente que mais se acumulou no caldo de sorgo, com os dados se ajustando ao modelo polinomial quadrático, com valor máximo de $4195,8 \text{ mg L}^{-1}$ de caldo para uma condutividade de 3 dS m^{-1} . A concentração de cálcio não se ajustou a nenhum modelo, apresentando média de 1113 mg L^{-1} de caldo (Figura 3A). Esses resultados mostram que o caldo do sorgo sacarino é extremamente rico em nutrientes e íons solúveis.

Segundo Prado (2008) 75% do K na planta encontra-se na forma solúvel, e isso é possível graças a esse nutriente não se ligar a compostos orgânicos, o que facilita a sua alta redistribuição e alta concentração no floema, onde está constantemente dirigindo o nutriente das folhas mais

velhas para as mais novas, para os tecidos meristemáticos ou para os frutos. Diferentemente do K, o Ca apresenta baixa solubilidade e concentração no floema, com mobilidade bem restrita na planta.

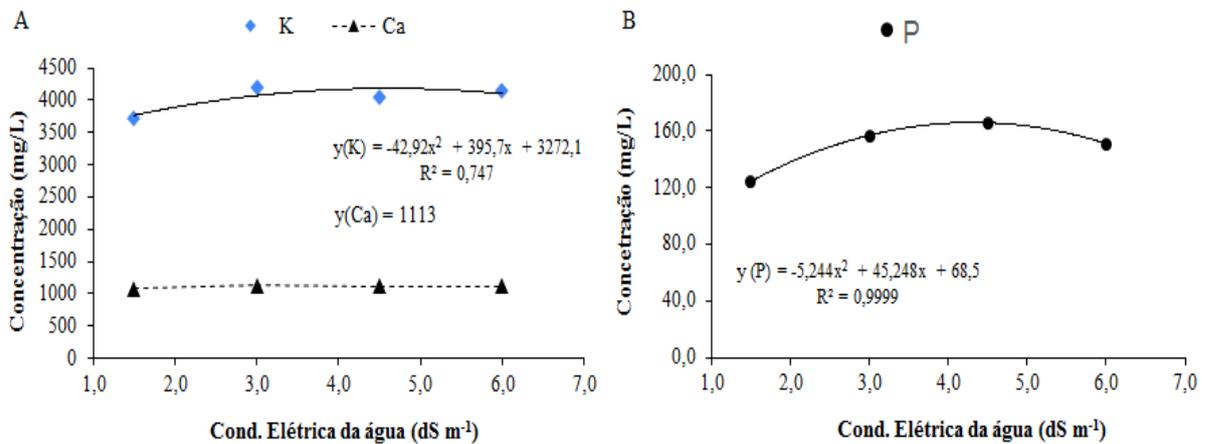


Figura 3. Concentração de potássio (K), cálcio (Ca) (A) e fósforo (P) (B) no caldo do sorgo em função da salinidade da água de irrigação cultivar BRS 506.

Já para a concentração de fósforo no caldo, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o polinomial, com valor máximo de 166,1 mg L⁻¹ para a condutividade de 4,5 dS m⁻¹. Por ser absorvido prioritariamente por difusão, processo esse que depende da concentração no meio, a absorção deste nutriente pode ser prejudicada, caso a concentração do solo se eleve mais que a da planta, devido ao maior acúmulo de sais no solo, como mostra na figura 3B (NAVARRO et al., 2001; PRADO, 2008).

O fósforo realiza funções essenciais no metabolismo das plantas, formação de proteínas, processo de divisão celular, armazenamento de energia, fotossíntese, desdobramento de açúcares, respiração, fornecimento de energia a partir de ATP e formação de sacarose, que para o sorgo sacarino é essencial, tendo em vista que quanto maior teor de sacarose melhor para produção de etanol, que é o principal objetivo desta cultivar (TAIZ et al., 2017; NICCHIO et al., 2021).

Korndörfer & Melo (2009) avaliando a produtividade e qualidade industrial da cana-de-açúcar submetidas a fontes de fósforo, constataram que não houve incremento do P no caldo com a variação da fonte de fósforo utilizada, encontraram valores de 109,25 mg L⁻¹ de P no caldo. Pereira et al. (1995) encontraram concentrações de P abaixo de 100 mg L⁻¹, e ressaltaram que valores abaixo de 150 mg L⁻¹ são considerados baixos para o processo de clarificação do caldo.

CONCLUSÃO

O caldo do sorgo apresentou-se rico em minerais, sendo a ordem de acúmulo: K > Ca > Cl > Mg > P > Na.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Evapotranspiration del cultivo: Guías para a ladeterminacion de losrequeriments de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006.
- COELHO, D. S. **Potencial de cultivares de sorgo sacarino irrigadas com águas salinas**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017, 107p.
- COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F. Água salina como alternativa para irrigação de sorgo para geração de energia no Nordeste brasileiro. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 6, n. 3, p. 169-177, 2017.
- COSTA, J. P. N.; COSTA, A. R. F. C.; MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. V. T.; LINO, V. A. D. S. Desempenho de variedades de sorgo dupla aptidão submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 417-428, 2019.
- FERNANDES, G. **Avaliação e caracterização agroindustrial do sorgo sacarino visando a produção de etanol**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014, 199 p.
- KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. de. Fontes de fósforo (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 92-97, 2009.
- LACERDA, C. F.; CAMBRAIA, J.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; PRISCO, J. T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghun genotypes under salt stress. **Environmental experimental botany**. v. 49, p. 107-120, 2003.

LEMES, E.; MENDONÇA, A. de; OLIVEIRA, S. de; NEVES, E. das; RITTER, R.; FIN, S.; MENEGHELLO, G. Salinidade: reflexo no acúmulo de sódio e de macronutrientes na parte aérea de plantas de arroz irrigado. **MAGISTRA**, v. 31, p. 768-778, 2021.

LIRA, R. M.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; SOUZA, D. H.; PEDROSA, E. M. R.; GORDIN, L. C. Content, extraction and export of nutrients in sugarcane under salinity and leaching fraction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 432-438, 2019.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1992. 173f.

NAVARRO, J. M.; BOTELLA, M. A.; CERDA, A.; MARTINEZ, V. Phosphorus uptake and translocation in salt-stressed melon plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 158, p. 375-381, 2001.

NICCHIO, B.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; SANTOS, G. A.; VIEIRA, M. A. M. Efeito da aplicação Foliar de Si, P e K no desenvolvimento, produção e qualidade de soqueira de cana-de-açúcar. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 2, p. e8021-e8021, 2021.

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B. de; MORGADO, L. B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 43-48, 1995.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMA, G.K.; FONTANA, A. TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 573 p, 2017.