

## ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES NOS GRÃOS DE MILHO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA E PISCICULTURA

Bruna Silva Martins<sup>1</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>2</sup>, Daniely Karen Matias Alves<sup>3</sup>, Edson Cabral da Silva<sup>4</sup>, Maykelle Vieira Mendes Gonçalves<sup>5</sup>, Fernando Nobre Cunha<sup>6</sup>

**RESUMO:** O fornecimento de nitrogênio para o milho é um fator extremamente importante para o desempenho desta cultura, influenciando na absorção e exportação de outros macronutrientes. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito entre a fertirrigação com água residuária de piscicultura e de suinocultura em diferentes diluições no acúmulo de macronutrientes nos grãos de milho. O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 × 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento (aplicada via gotejamento superficial). Avaliou-se o estado acúmulo de macronutrientes nos grãos de milho em função do teor do nutriente e da massa seca de grãos das plantas. A planta de milho apresenta maior acúmulo de macronutrientes nos grãos ao utilizar a água residuária de suinocultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., exportação, efluentes

## ACCUMULATION OF MACRONUTRIENTS IN MAIZE STRAW SUBMITTED TO FERTIRRIGATION WITH WASTE WATER

**ABSTRACT:** The supply of nitrogen to corn is an extremely important factor for the performance of this crop, influencing the absorption and export of other macronutrients. The aim of this study was to evaluate the effect between fertigation with fish and swine wastewater at different dilutions in the macronutrient accumulation in maize grains. The experiment was

<sup>1</sup> Mestranda em Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO. Fone (64) 99214-2497, e-mail: martinsengambiental@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

<sup>3</sup> Doutoranda em Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

<sup>4</sup> Pós-doutorando, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

<sup>5</sup> Acadêmica de Engenharia Ambiental, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

<sup>6</sup> Pós-doutorando, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

conducted at the Federal Institute of Goiás - Campus Rio Verde - GO. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a  $2 \times 4$  split plot scheme, with three replications. The treatments consisted of two sources of wastewater (fish and swine) diluted in four proportions of water supply: recommended dose of waste water + 0, 25, 50, 75% of its volume in water supply (applied via drip) superficial). The state of macronutrient accumulation in corn kernels was evaluated as a function of the nutrient content and dry grain weight of the plants. The corn plant has a higher accumulation of macronutrients in the grains when using swine wastewater.

**KEYWORDS:** *Zea mays* L., export, effluents

## INTRODUÇÃO

De acordo com Von Pinho et al. (2009), o nitrogênio é nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho. A absorção mais intensa de nutrientes ocorre durante o período de desenvolvimento vegetativo, quando o número potencial de grãos está sendo definido e, durante a fase reprodutiva ou formação da espiga, quando o potencial produtivo é atingido (MOREIRA, 2015). Do total absorvido a maior parte do fósforo (P) é translocado para os grãos (até 90%), seguido pelo N, S e Mg que também são exportados em maiores quantidades com a colheita dos grãos (75, e 60 e 58%, respectivamente), enquanto o K e Ca são os nutrientes menos translocados (20 e 10%, respectivamente), permanecendo a maior parte nos restos culturais – “palha” (COELHO & FRANÇA, 1995; CABRAL FILHO, 2019).

Com base no exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito comparativo entre a fertirrigação com água residuária de piscicultura e suinocultura em diferentes diluições acúmulo de macronutrientes nos grãos de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO, em vasos plásticos, dispostos a céu aberto. Os vasos foram preenchidos com 25 litros de solo coletado numa camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade em uma área de Cerrado nativo pertencente ao IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-químicas do solo, coletado na camada de 0,00–0,20 m de profundidade, utilizado para o preenchimento dos vasos.

Prof. <sup>1</sup> (m)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl <sub>2</sub>
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					----- mg dm <sup>-3</sup> -----				
0,0-0,2	0,77	0,34	1,11	0,04	2,15	0,05	18	9,9	0,47	5,2
Prof. (m)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC <sup>a</sup>	SB <sup>b</sup>	V% <sup>c</sup>	m% <sup>d</sup>
	----- Micronutrientes (mg dm <sup>-3</sup> ) -----					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			Sat. Bases	Sat. Al
0,0-0,2	0,0	75,56	12,96	4,16	3,93	ns	3,31	1,16	35	3,3
Prof. (m)	Textura (g kg <sup>-1</sup> )			M.O.	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
	Argila	Silte	Areia	g dm <sup>-3</sup>	----- Relação entre bases -----					
0,0-0,2	502	49	449	15,2	2,3	15,4	6,8	23,26	10,27	1,51

<sup>1</sup>P (Fósforo): Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco): Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio): KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; S (Enxofre): Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>; M.O. (Matéria orgânica): Método colorimétrico; B (Boro): água quente. Capacidade de troca catiônica (CTC); soma de bases (SB); saturação de bases (V%); saturação de alumínio (m%).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 × 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária (MATOS & MATOS, 2017) + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento.

A fertirrigação do milho com água residuária de suinocultura e piscicultura foi realizada via sistema de irrigação por gotejamento superficial, nos estádios fenológicos V4 e V6. Para a determinação do acúmulo de nutrientes nos grãos, no momento da colheita (110 DAS) os grãos foram acondicionados em sacos de papel previamente identificados com os tratamentos e levada a estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 horas, e em seguida, as amostras foram trituradas em moinho tipo Wiley, numa peneira de 10 mesh. Posteriormente, acondicionadas em recipientes heméticos de acrílicos e levadas ao laboratório de análises químicas, para determinação dos teores (g kg<sup>-1</sup>) dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). O acúmulo do nutriente (g planta<sup>-1</sup>) na palha foi calculado com base na Equação 1.

$$AC_G = T_G \times MSG \quad (1)$$

Em que:

$AC_G$ : acúmulo do nutriente nos grãos (g planta<sup>-1</sup>);

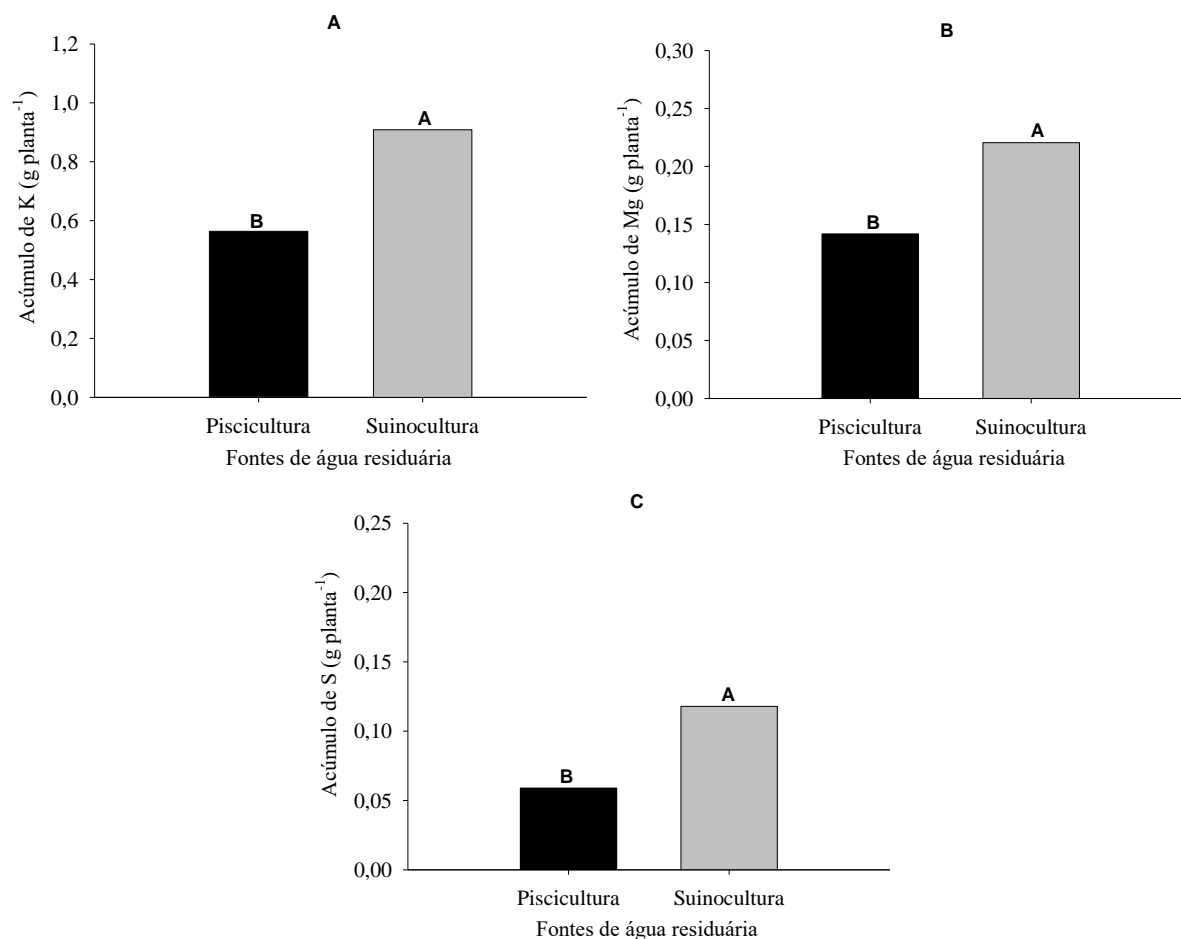
$T_G$ : teor do nutriente nos grãos (g kg<sup>-1</sup>);

$MSG$ : massa seca de grãos (kg planta<sup>-1</sup>).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para os níveis diluições (D). Para o fator fontes (F) de água residuária, as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR<sup>®</sup> (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

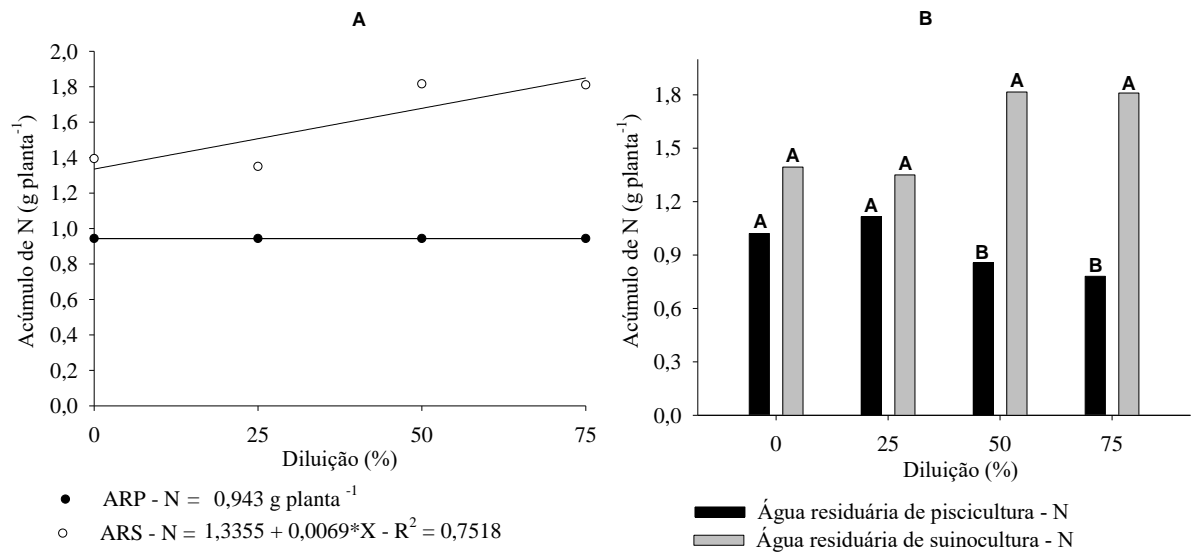
A fonte ARS proporcionou maiores valores de acúmulo de K nos grãos (Figura 1A), de Mg (Figura 1B) e de S (Figura 1C), iguais, respectivamente, a 0,91; 0,22 e 0,11 g planta<sup>-1</sup>, que correspondem a 37,93; 35,66 e 50% superior aos acúmulos obtidos com o uso da fonte ARP (Figura 1). No caso do enxofre, o maior acúmulo nos grãos quando utilizada a ARS (Figura 10C), pode estar relacionada com a disponibilidade de nitrogênio nesta fonte de água residuária em relação à ARP, o que pode ter proporcionado maior absorção do S, devido ao sinergismo existente entre esses nutrientes (PLESSIS & AGENBAG, 1994), que reflete em maior exportação de enxofre para os grãos, sugerindo que o fornecimento de N em cobertura estimularia a absorção de S.



**Figura 1.** Acúmulo de potássio (K) (A), magnésio (Mg) (B) e enxofre (S) (C) nos grãos de milho em função das fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS), Rio Verde, Goiás, safra 2019.

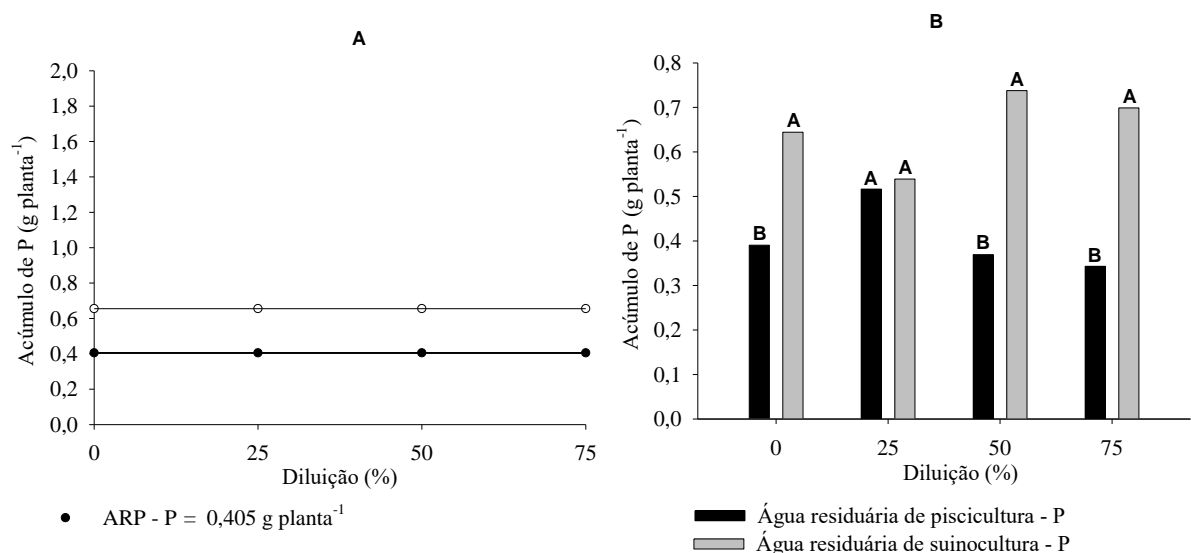
Na Figura 2, observa-se o acúmulo de nitrogênio (N) nos grãos em função das diluições para cada fonte utilizada. Para ARP, independente da diluição não houve diferença no acúmulo de nitrogênio nos grãos do milho, sendo obtido o acúmulo médio de 0,94 g planta<sup>-1</sup>. Para a ARS,

estimou-se aumentos de  $0,17 \text{ g planta}^{-1}$  no acúmulo de N para cada aumento de 25% na diluição, em que o maior valor foi constatado na diluição de 75%, igual a  $1,85 \text{ g planta}^{-1}$ .



**Figura 2.** Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para o acúmulo de nitrogênio (N) nos grãos de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Ocorreu diferença significativa entre as fontes apenas nas diluições de 50% e 75% (Figura 2B), cuja fonte ARS proporcionou acúmulo de 52,80 e 56,88%, respectivamente, maior do que a fonte ARP. Para o acúmulo de fósforo nos grãos em função das diluições, verifica-se que para as duas fontes de água residuária (ARP e ARS), independente da diluição não houve diferença no acúmulo de fósforo nos grãos do milho, cujo acúmulo médio obtido foi de  $0,41$  e  $0,66 \text{ g planta}^{-1}$ , respectivamente (Figura 3A).

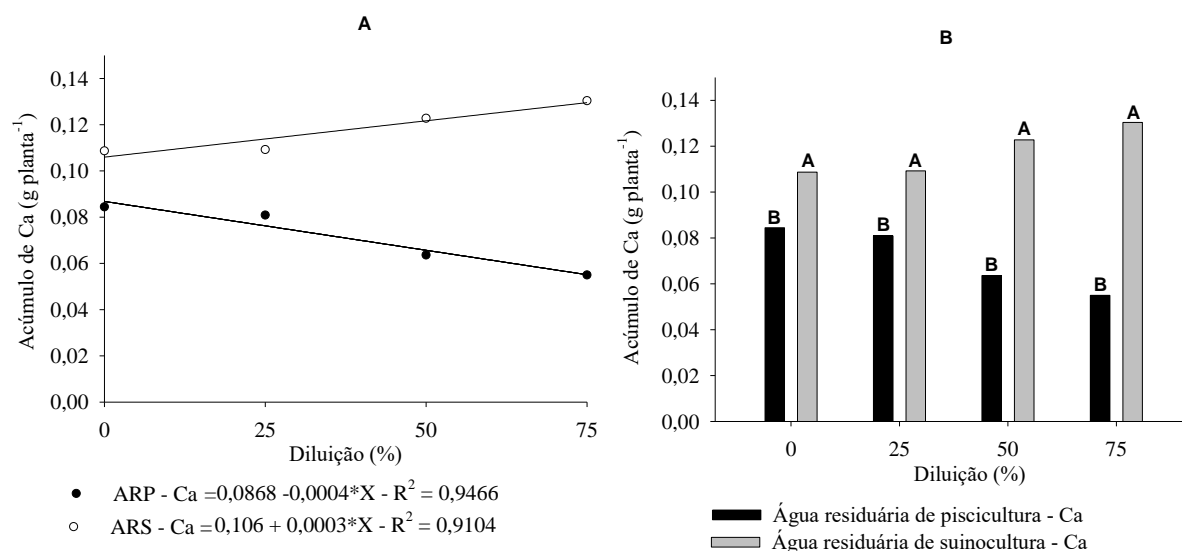


**Figura 3.** Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para o acúmulo de fósforo (P) nos grãos de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Ocorreu diferença entre as fontes nas diluições de 0%, 50% e 75% (Figura 3B), em que a ARS apresentou acúmulo de P 39,39; 49,94 e 50,90%, respectivamente, maior que a fonte ARP.

Os valores de exportação de P encontrados nos grãos de milhos são inferiores aos compilados por Resende et al. (2012) de publicações mais antigas, e comprova que houve ganhos na eficiência de utilização do P em função do melhoramento genético das plantas.

Na Figura 4A, nota-se diferença no comportamento do acúmulo de cálcio (Ca) nos grãos de milho, quando se avalia as diluições em cada fonte de água residuária utilizadas. Ambas se adequaram ao modelo de regressão linear, entretanto para a fonte ARP, o aumento na diluição reduziu o acúmulo de Ca na ordem  $0,01 \text{ g planta}^{-1}$ , sendo que o maior valor foi estimado na ausência de diluição (0%), igual a  $0,08 \text{ g planta}^{-1}$ .



**Figura 4.** Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para o acúmulo de cálcio (Ca) nos grãos de milho, Rio Verde, Goiás, safra 2019.

Já para a fonte ARS, o aumento em 25% na diluição promoveu o aumento na ordem de  $0,0075 \text{ g planta}^{-1}$  no acúmulo de Ca, cujo maior valor de  $1,13 \text{ g planta}^{-1}$  foi estimado na diluição de 75%. Ocorreu diferença entre as fontes nas diluições de 0%, 25%, 50% e 75%, onde a ARS proporcionou acúmulo de Ca de 22,33; 25,95; 48,17 e 57,85%, respectivamente, superior à fonte ARP (Figura 4B).

## CONCLUSÕES

A planta de milho apresenta maior acúmulo de macronutrientes nos grãos ao utilizar a água residuária de suinocultura. A maior diluição de água residuária de suinocultura promove maior exportação de nitrogênio para os grãos de milho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CABRAL FILHO, F. R. **Desempenho agrônômico e balanço nutricional na planta de milho fertirrigado com vinhaça concentrada e cloreto de potássio**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia). Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2019.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. 2 ed. aum. Informações Agrônomicas, Piracicaba, n. 71, p. 1-9, set. 1995.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- MATOS, A.T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. v.1. 371p.
- MOREIRA, J. C. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes na cultura do milho verde**. Dissertação (Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2015.
- PLESSIS, J. P.; AGENBAG, G. A. Reaction of two wheat cultivars to nitrogen and sulphur fertilizer in the Swartland: I. Vegetative growth, nitrogen and sulphur uptake and concentration in the plant. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 11, n. 4, p. 163-169, 1994.
- RESENDE, A. V. de; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C. dos; LACERDA, J. J. de J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012, 12p.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE P. K. T; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F; COELHO, M. R; ALMEIDA, J. A; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.

VON PINHO, R. G.; BORGES, I. D.; ANDRADE, J. L. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2009.