



## EFICIÊNCIA QUÂNTICA DO QUIABEIRO CULTIVADO SOB NÍVEIS SALINOS E APLICAÇÃO FOLIAR DE H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Iara Almeida Roque<sup>1</sup>, Iracy Amélia Pereira Lopes<sup>2</sup>, Lauriane Almeida dos Anjos Soares<sup>3</sup>, Geovani Soares de Lima<sup>4</sup>, Luderlândio de Andrade Silva<sup>5</sup>, Reginaldo Gomes Nobre<sup>6</sup>

**RESUMO:** A aplicação exógena de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em hortaliças tem demonstrado resultados promissores na mitigação do estresse salino nas plantas, possibilitando o manejo da irrigação com águas salinas no semiárido nordestino. Portanto, este trabalho objetivou avaliar a fluorescência da clorofila a de quiabeiro sob irrigação com águas de diferentes níveis salinos e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. O experimento foi conduzido em condições de campo, utilizando o delineamento de blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 × 3, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3 dS m<sup>-1</sup>) e três concentrações de peróxido de hidrogênio (0, 25 e 50 µM), com cinco repetições. A concentração de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proporcionou reduções na fluorescência inicial do quiabeiro, independente da condutividade elétrica da água de irrigação. A irrigação com água de condutividade elétrica até 4,3 dS m<sup>-1</sup> não ocasiona danos ao aparato fotossintético em quiabeiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Abelmoschus esculentus* L., estresse abiótico, águas salinas.

## QUANTUM EFFICIENCY OF OKRA CULTIVATED UNDER SALINE LEVELS AND H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> FOLIAR APPLICATION

**ABSTRACT:** The exogenous application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in vegetables has shown promising results in mitigating saline stress in plants, enabling the management of irrigation with saline water in the northeastern semi-arid region. Therefore, this work aimed to evaluate the fluorescence of chlorophyll a from okra under irrigation with water of different saline levels and foliar

<sup>1</sup> Eng. Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Telefone: (83) 996515807, E-mail: yara.roque.sb@gmail.com

<sup>2</sup> Agroecóloga, Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: iracyamelia.lopes@gmail.com

<sup>3</sup> Dra. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: lauriane.almeida@professor.ufcg.edu.br

<sup>4</sup> Dr. Engenharia agrícola, Universidade Federal de Campina Grande-CTRN/UFPG, E-mail: geovanisoareslima@gmail.com

<sup>5</sup> Pós-Doutorando em Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, E-mail: luderlândioandrade@gmail.com

<sup>6</sup> Universidade Federal Rural do Semi-Árido/Departamento de Ciências e Tecnologia, rgomesnobre@yahoo.com.br

application of hydrogen peroxide. The experiment was conducted under field conditions, using a randomized block design, in a  $5 \times 3$  factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of irrigation water (0.3; 1.3; 2.3; 3.3 and 4.3  $\text{dS m}^{-1}$ ) and three concentrations of hydrogen peroxide (0, 25 and 50  $\mu\text{M}$ ), with five replications. The concentration of 50  $\mu\text{M}$  of  $\text{H}_2\text{O}_2$  provided reductions in the initial fluorescence of okra, regardless of the electrical conductivity of the irrigation water. Irrigation with water with electrical conductivity up to 4.3  $\text{dS m}^{-1}$  does not damage the photosynthetic apparatus in okra.

**KEYWORDS:** *Abelmoschus esculentus* L., abiotic stress, saline waters.

## INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L.) tem importância agrícola devido a suas qualidades organolépticas e nutricionais, sendo uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, gerando emprego e renda com a sua produção (MARIN et al., 2017).

Apesar da boa adaptação as condições semiáridas do Nordeste brasileiro, esta cultura encontra limitações devido à baixa disponibilidade hídrica em decorrência das características edafoclimáticas locais, como altas temperaturas e elevadas taxas de evapotranspiração, gerando um déficit hídrico (RIBEIRO et al., 2016). Uma alternativa para se garantir uma produção agrícola satisfatória é o uso de águas com elevados teores de sais, presentes em poços artesianos em propriedades locais (GARG & BHANDARI, 2016; MELO et al., 2017).

Sabe-se que, o excesso de sais no solo, ocasionam efeitos de natureza osmótica e iônica na cultura do quiabeiro, com salinidade limiar de 1,3  $\text{dS m}^{-1}$  no extrato de saturação (CAMPOS, 2013), no qual valores acima reduzem a absorção de água pelas raízes além da toxicidade específica com  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e B (ISLAM et al., 2017).

Por tanto, para minimizar tais efeitos negativos dos sais nas plantas, é necessário um manejo cultural adequado, tais como a aplicação exógena de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , que atua como uma molécula sinalizadora do estresse em plantas, induzindo a produção de proteínas, enzimas e outras substâncias responsáveis pela homeostase osmótica e iônica nas plantas (CARVALHO et al., 2011).

Neste sentido, objetivou-se avaliar a fluorescência da clorofila a do quiabeiro em função da irrigação com níveis salinos e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Pombal, Paraíba. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com arranjo fatorial  $5 \times 3$ , referente a cinco níveis de condutividade elétrica da água - CEa (0,3; 1,3; 2,3; 3,3 e 4,3  $\text{dS m}^{-1}$ ) e três concentrações de peróxido de hidrogênio -  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0, 25 e 50  $\mu\text{M}$ ), resultando em 15 tratamentos, com cinco repetições. Os diferentes níveis salinos e concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foram determinados com base em trabalhos realizados por Soares et al. (2020) e Dantas et al. (2021), respectivamente.

A semeadura foi realizada em bandeja de polietileno com 162 células, com capacidade de 50 ml, com a cv. Clemson Americano 80. O substrato utilizado foi uma mistura de solo, areia e esterco bovino curtido na proporção de 2:1:1, respectivamente.

Aos 20 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o transplante para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com 20 L de capacidade, os quais receberam uma camada de 3 cm de brita sob uma manta geotêxtil cobrindo a base do recipiente, para evitar a obstrução dos drenos pelo material de solo. Na base de cada recipiente, foi instalada uma mangueira de 15 mm de diâmetro, como dreno, acoplada a um recipiente plástico (2L) para coleta da água drenada. Em seguida, os vasos receberam 22 kg de um Neossolo Flúvico de textura Franco Arenoso. As características químicas e físico-hídrica foram determinadas de acordo com Teixeira et al. (2017), conforme (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

Características químicas								
pH $\text{H}_2\text{O}$	MO.	P	$\text{K}^+$	$\text{Na}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{H}^+$
(1:2,5)	$\text{g kg}^{-1}$	( $\text{mg kg}^{-1}$ )	$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$					
5,58	2,93	39,2	0,23	1,64	9,07	2,78	0,0	8,61
.....Características químicas.....			.....Características físicas.....					
CEes	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica ( $\text{g kg}^{-1}$ )			Umidade ( $\text{dag kg}^{-1}$ )	
( $\text{dS m}^{-1}$ )	$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	( $\text{mmol L}^{-1}$ ) <sup>0,5</sup>	%	Areia	Silte	Argila	33,42 $\text{kPa}^1$	1519,5 $\text{kPa}^2$
2,15	22,33	0,67	7,34	572,7	100,7	326,6	25,91	12,96

pH – Potencial hidrogeniônico; MO. – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black;  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  extraídos com  $\text{KCl}$  1 M pH 7,0;  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  extraídos utilizando-se  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M pH 7,0;  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$  extraídos utilizando-se  $\text{CaOAc}$  0,5 M pH 7,0; CEes - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; 1, 2 referente aos limites de capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

Determinou-se a lâmina de irrigação através do balanço hídrico, conforme os níveis salinos, acrescido de uma fração de lixiviação estimada em 15%, a cada 15 dias, a fim de minimizar o acúmulo de sais na zona radicular. Com o auxílio de um borrifador, as plantas

receberam, de acordo com o tratamento, a aplicação foliar do peróxido de hidrogênio a partir das 72 horas antes do início da aplicação dos níveis salinos, sendo as concentrações aplicadas nas faces abaxial e adaxial, no intervalo de 15 dias após transplântio (DAT). A adubação foi realizada conforme recomendação de Novais et al. (1991).

Aos 45 DAT, foram realizadas avaliações de fluorescência da clorofila a às 7:00 horas da manhã, onde foram colocadas pinças foliares (clips) para adaptação ao escuro e, posteriormente, determinou-se a fluorescência inicial – Fo; fluorescência máxima – Fm, fluorescência variável - Fv e a eficiência quântica do fotossistema II - Fv/Fm com um fluorímetro de pulso de amplitude modulada (PAM fluorometer Modelo OS5p, Opti Science/Hudson, NY, USA).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) ao nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade e nos casos de significância foi realizada análise de regressão polinomial linear e quadrática utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 2, observa-se efeito significativo da interação entre fatores níveis salinos e peróxido de hidrogênio (NS × H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) para fluorescência variável (Fv). Os níveis salinos (NS) influenciaram significativamente a fluorescência média (Fm), a fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do FSII (Fv/Fm). Já as concentrações de peróxido de hidrogênio afetaram, de forma significativa, a fluorescência inicial (Fo) e a fluorescência variável (Fv).

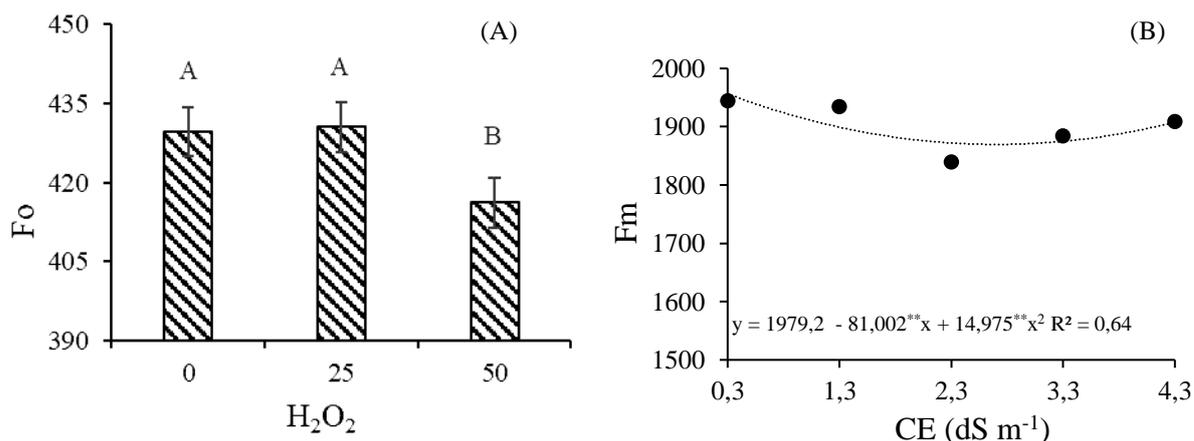
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente à fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) das plantas de quiabeiro cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - NS e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, aos 45 DAT.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Níveis salinos (NS)	4	543,35 <sup>ns</sup>	26907,55 <sup>**</sup>	16833,23 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>*</sup>
Regressão Linear	1	3,22 <sup>ns</sup>	22022,041 <sup>*</sup>	41500,16 <sup>**</sup>	0,0005 <sup>*</sup>
Regressão Quadrática	1	696,69 <sup>ns</sup>	47085,14 <sup>**</sup>	12328,00 <sup>*</sup>	0,0005 <sup>*</sup>
Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	2	1618,07 <sup>**</sup>	14649,51 <sup>ns</sup>	8686,16 <sup>*</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>
Interação (NS × H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	8	589,35 <sup>ns</sup>	5340,89 <sup>ns</sup>	4743,83 <sup>*</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Blocos	4	636,95 <sup>ns</sup>	31848,30 <sup>**</sup>	9443,55 <sup>**</sup>	0,0002 <sup>*</sup>
CV (%)		3,83	3,52	2,85	1,16
Média		425,42	1902,10	1488,76	0,77

ns, \*, \*\*, respectivamente não significativos e significativo a  $p < 0,05$  e  $< 0,01$ ; CV= coeficiente de variação; GL = grau de liberdade.

Constata-se que as plantas de quiabeiro tiveram a sua fluorescência inicial (Fo) reduzidas quando receberam aplicação com 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, com decréscimos de 3,08 e 3,33% na Fo

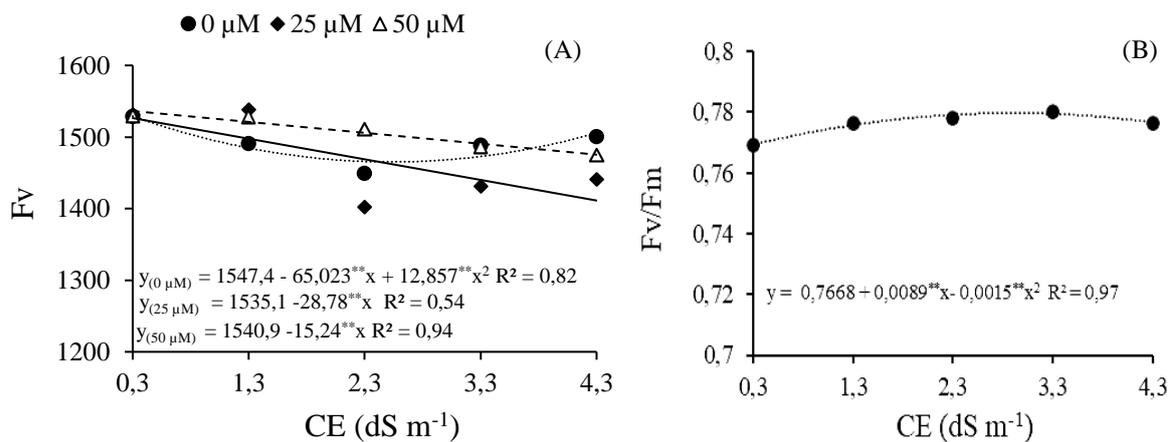
quando comparado as plantas que receberam 0 e 25  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , respectivamente (Figura 1A). A concentração de 50  $\mu\text{M}$  melhorou a transferência de energia de excitação do sistema coletor de luz para o centro de reação do fotossistema, provavelmente por ser um sinalizador de estresses, favorecendo um maior acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis que poderão atuar como solutos orgânicos, realizando o ajustamento osmótico das plantas (CARVALHO et al., 2011).



**Figura 1.** Fluorescência inicial (Fo) e Fluorescência máxima (Fm) do quiabeiro, cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio -  $\text{H}_2\text{O}_2$  (B), aos 45 DAT.

Segundo a Figura 1B, os dados para fluorescência máxima (Fm) tiveram um comportamento quadrático, onde a irrigação com CEa de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$  foi superior aos demais níveis salinos (11956,24). Esse comportamento ocorreu, possivelmente, em decorrência do efeito osmótico que acarreta em baixa disponibilidade de água, devido a retenção no solo e, conseqüentemente, maior produção de espécies reativas de oxigênio (TAIZ & ZEIGER, 2017).

Observa-se (Figura 2A), que as plantas de quiabo que não receberam aplicação de  $\text{H}_2\text{O}_2$  apresentaram maiores valores de fluorescência variável (Fv) sob irrigação com água de baixa salinidade (CEa de 0,3  $\text{dS m}^{-1}$ ), com média de 1529,05. Houve reduções de 1,87 e 0,98% por incremento unitário da CEa na Fv das plantas de quiabeiro, quando receberam aplicação com 25 e 50  $\mu\text{M}$  de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , respectivamente. De acordo com Taiz & Zeiger (2017), a Fv é um reflexo da capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formar redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida (Fdr).



**Figura 2.** Fluorescência máxima (Fm) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) do quiabeiro, cv. Clemson Americano 80, em função da salinidade da água de irrigação - CEa (A) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (B), aos 45 DAT.

Conforme Figura 2B, a eficiência quântica apresentou maior valor sob irrigação com 3,3 dS m<sup>-1</sup> (0,7798). De acordo Silva et al. (2015), valores de eficiência quântica do fotossistema II entre 0,75 e 0,85 elétrons quantum<sup>-1</sup> sugerem que o aparato fotossintético está intacto, ocorrendo dano com valores menores que 0,75 elétrons quantum<sup>-1</sup>, por tanto, apesar da variação de valores em função do aumento da salinidade da água, não foi constatado dano ao aparato fotossintético.

## CONCLUSÕES

A concentração de 50 µM de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proporcionou reduções na fluorescência inicial do quiabeiro, independente da condutividade elétrica da água de irrigação.

A água de menor salinidade ocasionou maior fluorescência máxima nas plantas de quiabeiro.

A irrigação com água de condutividade elétrica de 3,3 dS m<sup>-1</sup> resultou na maior eficiência quântica do quiabeiro.

A irrigação com água de condutividade elétrica até 4,3 dS m<sup>-1</sup> não ocasionou danos ao aparato fotossintético em quiabeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPOS, M. S. **Balço de água e sais no solo cultivado com quiabeiro irrigado sob diferentes lâminas de água salobra**. Mossoró: UFERSA, 2013. 74p. Dissertação de Mestrado.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; LIMA NETO, M. C. SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 416-423, 2011.
- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEY, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, L. de A.; FERNANDES, P. D. Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous application of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, v. 12, n. 1, e.3464, 2021.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p.529-535, 2019.
- GARG, N.; BHANDARI, P. Interactive effects of silicon and arbuscular mycorrhiza in modulating ascorbate-glutathione cycle and antioxidant scavenging capacity in differentially salt-tolerant *Cicer arietinum* L. genotypes subjected to long-term salinity. **Protoplasma**, v. 253, n. 9, p. 1325-1345, 2016.
- ISLAM, M. N., ISLAM, A., BISWAS, J. C. Effect of gypsum on electrical conductivity and sodium concentration in salt affected paddy soil. **International Journal of Agricultural Papers**, v. 2, n. 1, p. 19-23, 2017.
- MARIN, M. V.; SANTOS, L. S.; GAION, L. A.; RABELO, H. O.; FRANCO, C. A.; DINIZ, G. M.; BRAZ, L. T. Selection of resistant rootstocks to *Meloidogyne enterolobii* and *M. incognita* for okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 77, n. 1, p. 58-64, 2017.
- MELO, H.F. de; SOUZA, E.R. de; DUARTE, H.H.; CUNHA, J.C.; SANTOS, H.R. Gas exchange and photosynthetic pigments in bell pepper irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 38-43, 2017.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. (ed). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EmbrapaSEA. p. 189-253. 1991.

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. DA S.; LACERDA, C. F. DE; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal, Cap.2. p. 9-15, 2016.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. DE; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. DE. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SOARES, L. A. DOS A.; SILVA, R. G. DA; LIMA, G. S. DE; SALES, G. N. B.; COSTA, F. B. DA.; NETA, A. M. DE S. S.; MOREIRA, R. C. L.; GOMES, J. P. Preservation by lactic fermentation and physicochemical characterization of okra produced under water salinity and potassium fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 6, p. 2495-2508, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ArtMed, 2017. 888p.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa. 573, p. 2017.