



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**INDUÇÃO A TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM CEBOLINHA  
MEDIANTE PRIMING COM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

**BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**MARÇO – 2020**

**BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS**

**Bacharel em Agroecologia**

**INDUÇÃO A TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM CEBOLINHA  
MEDIANTE PRIMING COM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

**Orientador:** Prof.º Dr. José Dantas Neto

**Coorientadora:** Dr<sup>a</sup>. Patrícia Ferreira da Silva

CAMPINA GRANDE- PB

MARÇO-2020





**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**BÁRBARA DAVIS BRITO DOS SANTOS**

**INDUÇÃO A TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM CEBOLINHA MEDIANTE  
PRIMING COM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

**BANCA EXAMINADORA**

**PARECER**

---

**Dr. José Dantas Neto**

**Orientador UAEA/CTRN/UFPG**

---

**Dr<sup>a</sup>: Patrícia F. da Silva**

**Coorientadora CTRN/UFPG/PPGGRN**

---

**Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Antunes de Lima**

**UAEA/CTRN/UFPG**

---

**Dr. Yuri Lima Melo**

**UEPB**

CAMPINA GRANDE- PB

MARÇO -2020

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo amparo em todos os momentos da minha vida;

Aos meus pais, mãe Marly Brito dos Santos e Carlos Alberto Pereira dos Santos por todo carinho, apoio e incentivo;

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de participar deste curso;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo;

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Dantas Neto, pela contribuição na minha formação intelectual;

Ao professor Alberto Soares de Melo pelos ensinamentos transmitidos

Ao professor Yuri Lima Melo e a equipe ECOLAB pelo apoio na realização desta pesquisa

A Patrícia Ferreira da Silva e Rigoberto Moreira de Matos obrigada pela amizade, e ensinamentos que colaboraram nessa etapa da minha vida; a Silvanete Severino da Silva e a Tayron Souza pela amizade.

A todos que contribuíram para a realização desta conquista, muito obrigada.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	12
3.1 Características gerais da cebolinha .....	12
3.2 Efeito dos sais nas plantas e sistema antioxidante .....	13
3.3 Espécies reativas de oxigênio e sinalização .....	14
3.4 Aclimação de sementes com peróxido de hidrogênio.....	15
3.5 Uso de água salina em sistemas hidropônicos .....	16
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	17
4.1 Localização da área experimento .....	17
4.2 Estrutura do sistema hidropônico.....	18
4.3 Delineamento experimental, tratamentos e condução.....	19
4.4 Análises de crescimento.....	21
4.5 Teores de clorofilas e carotenoides.....	22
4.6 Caracterização do estresse oxidativo .....	22
4.7 Catalase .....	22
4.8 Peróxido de hidrogênio .....	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
6. CONCLUSÃO .....	38

**Sumário de figuras**

Figura 1-Temperaturas e Umidades máximas e mínimas durante o experimento. ....	17
Figura 2 Croqui experimental.....	18
Figura 3- Área experimental.....	18
Figura 4- Plântula de cebolinha em cultivo hidropônico com fibra de coco.....	21
Figura 5 - Reação da catalase em função do peróxido de hidrogênio .....	23
Figura 6- teor de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> nas folhas de cebolinha.....	24
Figura 7 -Altura de planta (A) e número de folhas da cebolinha (B) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução nutritiva hidropônica. ...	26
Figura 8 -Comprimento de folhas(A) e comprimento de bulbo (B) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução nutritiva hidropônica. ....	27
Figura 9- Diâmetro de bulbo (A) e biomassa fresca da parte aérea (B) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução nutritiva hidropônica. ..	28
Figura 10 -Carotenoides (A), biomassa fresca do bulbo (B) e fitomassa seca do bulbo (C) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução nutritiva hidropônica.. ..	30
Figura 11- Teor de peróxido de hidrogênio nas folhas de cebolinha. ....	31
Figura 12-Nível de peroxidação lipídica em função da salinidade .....	35
Figura 13 -Teor de catalase em função da salinidade.....	37

**Sumário de tabelas**

Tabela 1- Caraterização da água de chuva utilizada no experimento.....	20
Tabela 2 – Resumo da análise de variância e médias para altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento de folhas (CF), comprimento de bulbo (CB), diâmetro de bulbo (DB) e produtividade de biomassa fresca (BFF) e fitomassa seca (FSF) de cebolinhas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva após aclimação em diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio. ....	25
Tabela 3- O resumo da análise de variância e médias para clorofila A (CLOA), clorofila b (CLOB), fitomassa fresca do bulbo (FFB), fitomassa seca do bulbo (FSB) e Carotenoides (CAR) de cebolinhas cultivadas durante os 90dias sob diferentes soluções salinas em sistema hidropônico.....	29
Tabela 4 – Resumo da análise de variância e médias para peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ), catalase (CAT) e peroxidação lipídica (PL) de cebolinhas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva após aclimação em diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio, em cebolinhas cultivadas em diferentes soluções salinas em sistema hidropônico após os 90 dias de cultivo .....	32



## RESUMO

O sistema hidropônico com o uso de águas salinas é uma alternativa para a produção de hortaliças no semiárido brasileiro, no entanto, os sais quando em elevada concentração podem reduzir a produção agrícola. Uma tecnologia para mitigar os efeitos da salinidade consiste na aclimação de sementes com peróxido de hidrogênio, que pode atuar como molécula sinalizadora, capaz de induzir respostas de tolerância ao estresse salino. Assim, objetivou-se com este estudo, avaliar a indução da tolerância ao estresse salino mediante ao priming com  $H_2O_2$  em cultivo hidropônico. O experimento foi conduzido em ambiente protegido pertencente à Universidade Federal de Campina Grande. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial 5 x 5, sendo cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva: 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0  $dSm^{-1}$  e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio 0,0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60 mmol, com três repetições e três plantas por subparcela. As concentrações de peróxido de hidrogênio foram aplicadas por meio da embebição das sementes por 24 horas. Avaliou-se as variáveis de crescimento: altura de planta, número de folhas, comprimento e diâmetro do bulbo, biomassa fresca e fitomassa seca do bulbo, biomassa fresca e fitomassa seca das folhas. Também foram avaliados os pigmentos; clorofila a, clorofila b e carotenoides e os teores de  $H_2O_2$ , quantidade de malondialdeído (MDA) e a atividade da catalase nas plantas de cebolinha. A utilização de peróxido de hidrogênio como priming nas sementes de cebolinha induziu a tolerância das plantas ao estresse salino, minimizando os efeitos deletérios da salinidade da solução nutritiva no crescimento, pigmentos e produção. O aumento da salinidade da solução nutritiva promoveu aumento no teor de peróxido de hidrogênio, peroxidação lipídica. A aclimação das sementes de cebolinha com peróxido de hidrogênio na concentração de 0,45mmol nas plantas que foram cultivadas na solução nutritiva de 3,73  $dSm^{-1}$  obteve a máxima atividade da enzima catalase.

**Palavras-chave:** Aclimação, peróxido de hidrogênio, *Allium fistulosum*, sais.

## ABSTRACT

The hydroponic system with the use of saline water is an alternative for the production of vegetables in the Brazilian semiarid, however, salts when in high concentration can reduce agricultural production. One technology to mitigate the effects of salinity consists of acclimatizing seeds with hydrogen peroxide, which can act as a signaling molecule, capable of inducing tolerance responses to salt stress. Thus, the objective of this study was to evaluate the induction of tolerance to salt stress by priming with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in hydroponic cultivation. The experiment was conducted in a protected environment belonging to the Federal University of Campina Grande. The experimental design was in randomized blocks, in a 5 x 5 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of the nutrient solution: 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 dSm<sup>-1</sup> and five hydrogen peroxide concentrations 0.0; 0.15; 0.30; 0.45 and 0.60 mmol, with three replicates and three plants per subplot. The concentrations of hydrogen peroxide were applied by soaking the seeds for 24 hours. The growth variables were evaluated: plant height, number of leaves, length and diameter of the bulb, fresh biomass and dry bulb biomass, fresh biomass and dry leaf biomass. Pigments were also evaluated; chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids and the contents of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, amount of malondialdehyde (MDA) and the activity of catalase in chive plants. The use of hydrogen peroxide as a priming in chives seeds induced the tolerance of plants to salt stress, minimizing the deleterious effects of the salinity of the nutrient solution on growth, pigments and production. The increase in the salinity of the nutrient solution promoted an increase in the content of hydrogen peroxide, lipid peroxidation. The acclimatization of chive seeds with hydrogen peroxide at a concentration of 0.45mmol in plants that were grown in the 3.73 dSm<sup>-1</sup> nutrient solution obtained the maximum activity of the catalase enzyme.

**Keywords:** Acclimation, hydrogen peroxide, *Allium fistulosum*, salts.

## 1. INTRODUÇÃO

A cebolinha (*Allium fistulosum* L.) é uma hortaliça cultivada em diferentes regiões do mundo, sendo bastante popular no Brasil, utilizada como condimento no preparo de pratos variados, como sopas, carnes, peixes e assados (SIMÕES *et al.*, 2016). Com o sabor característico, a hortaliça é rica em aminoácidos, proteínas e vitaminas, além de possuir ação antibacteriana e fungicida (ZHOU *et al.*, 2018).

Somado aos benéficos para a saúde, a hortaliça contribui para o desenvolvimento social dos pequenos agricultores uma vez, que utilizam mão de obra familiar (GAMA *et al.*, 2016). A comercialização desta hortaliça, é feita em maços, juntamente com a salsa ou o coentro, o chamado cheiro-verde (SILVA *et al.*, 2014). A cebolinha pode ser consumida *in natura* ou processada, e pode ser colocada em refrigeração para consumo posterior (SOUZA *et al.*, 2018). A produção de cebolinha no ano de 2017 no Brasil totalizou 120.914 toneladas, e no Nordeste brasileiro a quantidade produzida foi de 40.123 toneladas (IBGE, 2017).

No entanto, o cultivo de hortaliças no Nordeste do Brasil, pode ser reduzido devido à irregularidade pluviométrica, com grande variabilidade espacial e temporal das chuvas na região. Outro fator limitante é que a água dos corpos hídricos da região contém altos níveis de sais, os quais podem reduzir a produtividade da cultura (SOUSA *et al.*, 2015).

De acordo com Taiz *et al.* (2017) a redução da produtividade decorre, em especial dos sais presentes na água de irrigação que causam limitações a produção agrícola, devido aos efeitos osmóticos, estresse oxidativo e toxicidade, desencadeando alterações morfológicas, estruturais e metabólicas, e em casos extremo, podendo causar a morte das plantas. Além disso, as trocas gasosas também são afetadas devido à diminuição no potencial osmótico da solução (DIAS *et al.*, 2016).

Diante dos aspectos abordados, faz-se necessário a busca por tecnologias adaptadas à realidade local, que permitam conciliar os problemas relacionados com a qualidade da água utilizada na irrigação das hortícolas da região semiárida sem que haja prejuízos econômicos para o produtor rural. Neste sentido, a hidroponia se mostra uma alternativa para o aproveitamento de águas de qualidade inferior, pois os cultivos hidropônicos reduzem os efeitos dos sais sobre as plantas quando comparado aos cultivos em solo, devido à ausência do potencial matricial e estado de saturação em que se encontram, aumentando a energia livre da água e facilitando absorção pela planta (JESUS *et al.*, 2015).

Outra técnica que pode minimizar os efeitos deletérios dos sais presentes na água de irrigação consiste na aclimação de sementes com peróxido de hidrogênio para indução a tolerância ao estresse salino, pois pode atuar como uma molécula sinalizadora (AMOOAGHAIE & TABATABAIE, 2017), onde são desencadeados mecanismos que aumentam significativamente os teores de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, que agem contra estresses oxidativos (JAVED *et al.*, 2018).

Embora, o peróxido de hidrogênio possa agir como sinalizador de estresses, ainda não é possível afirmar quais são os níveis críticos de EROs, (espécie reativas de oxigênio) principalmente do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), que levam à sinalização ou dano oxidativo (ČERNÝ *et al.*, 2018).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

- ✓ Objetivou-se com este estudo, avaliar as respostas de plantas cebolinha (*Allium fistulosum*), submetidas a soluções nutritivas salinas com as seguintes condutividades elétricas: 1; 2; 3; 4 e 5  $\text{dSm}^{-1}$ , após pré-tratamento das sementes embebidas nas concentrações de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 0,0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60 mmol por 24 horas

### 2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Mensurar o crescimento das plantas de cebolinha submetidas a solução nutritiva salina com as sementes embebidas nas diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio;
- ✓ Avaliar a produção de biomassa e fitomassa das folhas e do bulbo da cebolinha submetidas a solução nutritiva salina após a aclimação das sementes com peróxido de hidrogênio;
- ✓ Analisar os teores de pigmentos fotossintéticos em cebolinha submetidas a soluções nutritivas salinas após o pré-tratamento das sementes embebidas com peróxido de hidrogênio;
- ✓ Quantificar a atividade da enzima catalase, os teores de peróxido de hidrogênio e a peroxidação lipídica nas folhas da cebolinha submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva salina, cuja as sementes foram embebidas em peróxido de hidrogênio.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Características gerais da cebolinha

A cebolinha (*Allium fistulosum*), originária da Sibéria, considerada perene, com folhas cilíndricas e fistulosas, com 30 a 50 cm de altura, coloração verde-escuro, produz pequenos bulbos cônicos, com perfilhamento e formação de touceira (ZÁRATE *et al.*, 2004). As folhas da cebolinha são fonte de cálcio, vitamina C e vitamina A e sais minerais como o cálcio e o fósforo, além de ser um ótimo repelente e antibiótico (SHI *et al.*, 2015).

O Brasil produz 120.914 toneladas por ano, sendo os principais produtores brasileiros, os estados do Norte e Nordeste (IBGE, 2017).

A faixa de temperatura ideal do cultivo da cebolinha é em torno de 22°C. Pode ser propagada por sementes ou pelo plantio de parte da touceira. Devido à capacidade de rebrota, podem ser feitas várias colheitas, onde o mesmo cultivo pode ser explorado por dois a três anos, quando são conduzidos em condições de clima ameno (HEREDIA *et al.*, 2003). A necessidade hídrica da cultura por ciclo varia de 250 a 500 mm (FILGUEIRA, 2008).

Em relação a textura do solo, a cebolinha se adapta melhor aos sílico-argilosos, com teor elevado de matéria orgânica, com boa drenagem e com pH entre 6,0 e 6,8. É necessário aplicar calcário para aumentar a saturação por bases a 80% (SANTOS *et al.* 2009).

A adubação mineral consiste em aplicar, pelo menos 10 dias antes do plantio das mudas, 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 120 a 360 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 80 a 160 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio (K<sub>2</sub>O), 1 a 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de boro (B), 1 a 2 kg ha<sup>-1</sup> de zinco (Zn) e 0,5 a 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de cobre (Cu). A quantidade aplicada dos fertilizantes está relacionada com os resultados das análises do solo e foliar (TRANI *et al.*, 2014).

Em relação a exigência nutricional a cebolinha é considerada uma planta com pouca exigente quando comparada com a cultura do alho e da cebola. Em um cultivo de 200.000 plantas/hectare, por exemplo, a cebolinha necessita de aproximadamente 12,2 kg de N; 3,8 kg de P; 11,4 kg de K; 3,2 kg de Ca; 2,4 kg de Mg; 1,5 kg de S e 16,9 g de B (BELFORT *et al.*, 1983).

No que se refere à salinidade a cebolinha, esta é classificada como moderadamente tolerante, conforme foi verificado por Silva *et al.* (2014) avaliando o crescimento inicial de plantas irrigadas com diferentes níveis de salinidade, com cinco níveis de condutividade elétrica (0,7; 1,4; 2,1; 2,8; 3,5 dS m<sup>-1</sup>). De acordo com os resultados reportados pelos autores, o máximo rendimento foi obtido com aproximadamente 2,00 dS m<sup>-1</sup> aos 15 dias após o transplante.

A cebolinha é classificada como moderadamente tolerante, conforme foi verificado por Silva *et al.* (2014) avaliando o crescimento inicial de plantas irrigadas com diferentes níveis de salinidade (0,7; 1,4; 2,1; 2,8; 3,5 dS m<sup>-1</sup>). De acordo com os resultados reportados pelos autores, o máximo rendimento foi obtido com aproximadamente 2,00 dS m<sup>-1</sup> aos 15 dias após o transplantio.

### 3.2 Efeito dos sais nas plantas e sistema antioxidante

O estresse salino é um dos fatores que mais limita o crescimento de plantas e o rendimento das culturas, pois a presença dos sais em altas concentrações promove o fechamento estomático e, em consequência, ocorre a redução da disponibilidade de dióxido de carbono, causando danos aos aparelhos fotossintéticos. Além disso, o excesso de sais na água de irrigação provoca a toxicidade iônica nas plantas, desequilíbrios nutricionais ou ambos, por meio da acumulação excessiva de cloreto de sódio, NaCl, nos tecidos vegetais, além de promover a abscisão foliar (SÁ *et al.*, 2015).

O acúmulo de sais nos tecidos vegetais também promove o aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) nas células vegetais, como o radical superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), o radical hidroxila (OH<sup>-</sup>), peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e oxigênio singlete (<sup>1</sup>O<sub>2</sub>), responsáveis pelo estresse oxidativo e danos no metabolismo das plantas, como oxidação de proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos (KUMAR *et al.*, 2018).

Os principais locais de produção de EROs são os cloroplastos, seguidos pelas mitocôndrias e peroxissomos. Nos cloroplastos, a formação de EROs está relacionada com a fotossíntese, e na mitocôndria o oxigênio consumido, pode ser responsável pela produção de EROs (SHARMA *et al.*, 2012).

O estresse oxidativo gerado pelas as altas concentrações de EROs nas células vegetais, afetam funcionamento celular, ocasionando a produção de radicais derivados de lipídeos (SOFO *et al.*, 2015).

A oxidação lipídica produz o ácido malondialdeído (MDA) que é responsável por causar a deterioração da membrana durante o processo oxidativo (KUMAR *et al.*, 2018). É através do teor de MDA que é possível verificar a peroxidação lipídica em células de plantas submetidas a diferentes estresses abióticos, como a salinidade (SHARMA *et al.*, 2012). Com isso, ocorre aumento do extravasamento e danos as proteínas da membrana, inativando enzimas e canais iônicos (GILL & TUTEJA, 2010).

Para minimizar os efeitos do dano oxidativo provocado pela alta produção de EROs, as plantas desenvolveram mecanismos antioxidantes complexos e eficientes, que funcionam como sinalizadores e atenuantes da produção de EROs (ROSSATTO *et al.*, 2017). O processo de remoção das espécies reativas de oxigênio é feito pela atuação de enzimas especializadas e antioxidantes, num processo conhecido como inativação de EROs (TAIZ *et al.*, 2017).

Entre elas destaca-se: catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e ascorbato peroxidase (APX) (ANJUM *et al.*, 2017).

A catalase é produzida nos peroxissomos e catalisa a oxidação do  $H_2O_2$  a  $H_2O$  e  $O_2$  durante a fotorrespiração, bem como na  $\beta$  – oxidação de ácidos graxos (GILL & TUTEJA, 2010). A CAT é a principal enzima que remove  $H_2O_2$  na célula eucariota, a sua atividade é potencializada em concentrações relativamente altas de  $H_2O_2$ , sendo considerada indispensáveis para a desintoxicação de EROs, principalmente em condições de estresse severo, quando os níveis de  $H_2O_2$  aumentam (ANJUM *et al.*, 2016).

As enzimas e os antioxidantes envolvidas na remoção de EROs funcionam nas células como uma rede de inativação de EROs que as mantém nas células, em níveis que não causem danos celulares e permitindo, ao mesmo tempo, que a célula as use para reações de transdução de sinal (TAIZ *et al.*, 2017).

### **3.3 Espécies reativas de oxigênio e sinalização**

As espécies reativas de oxigênio (ERO) são produzidas continuamente durante vários processos metabólicos nas mitocôndrias, cloroplasto, peroxissomos e citoplasma. Em condições normais, de 1 a 2% do  $O_2$  consumido pela planta é convertido em ERO, entretanto, nesse percentual de produção, à medida que são geradas, ocorre a eliminação por meio conjunto de um conjunto de enzimas do sistema antioxidante de resposta, que eliminam as EROs (FOYER & NOCTOR, 2005).

Por outro lado, em condições de estresse ambiental os mecanismos envolvidos na eliminação da ERO tornam-se ineficientes. Um dos fatores que contribuem para o desequilíbrio entre a produção e eliminação é o fechamento estomático, que com a entrada de  $CO_2$  comprometida favorece a excitação das clorofilas no estado triplet, que culminam na formação do oxigênio singleto ( $^1O_2$ ). Além disso, com a diminuição no teor de  $CO_2$  ocorre a fotorrespiração que contribui substancialmente para a produção peróxido de hidrogênio (BREUSEGEM *et al.*, 2018). A produção excessiva EROs pode inibir a expressão gênica e induzir o estresse oxidativo (SCHLICKE *et al.*, 2014).



A formação de peróxido de hidrogênio nas plantas C3 ocorre no processo respiratório, no entanto, os mecanismos de produção nas plantas C4 e CAM, desta ERO, ainda são incipientes, porém sabe-se que a produção excessiva do peróxido de hidrogênio depende da intensidade e da duração do estresse imposto (GUPTA, *et al.*, 2019).

No entanto, pesquisas tem demonstrado que as EROs não são responsáveis apenas por ações deletérias, mas podem agir como uma molécula de sinalização, que transmite respostas ambientais, prevenindo as plantas de diversos estresses. Portanto, algumas EROs podem beneficiar e desencadear mecanismos que permitam o crescimento normal e aclimatação dos estresses ambientais, dependendo da concentração e natureza reativa (CARMODY *et al.*, 2016).

Entre as EROs, o peróxido de hidrogênio tem-se destacado pela ação sinalizadora por ser uma molécula pequena e relativamente estável, com passagem facilitada por canais específicos (aquaporinas) da membrana plasmática (RODRIGUES *et al.*, 2017), e alcançar relativamente longas distâncias ( $8,4 \text{ cm min}^{-1}$ ) (GILROY *et al.*, 2016), isso faz com que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  seja um sinalizador primário (SEWELAM *et al.*, 2016), capaz de controlar respostas locais e sistêmicas de defesa (SI *et al.*, 2018).

O peróxido de hidrogênio pode atenuar os efeitos dos estresses salino por estimular o acúmulo de proteínas e carboidratos solúveis, que promovem maior absorção de água (CARVALHO *et al.*, 2011).

A exposição prévia de metabolitos sinalizadores, como o peróxido de hidrogênio, pode desencadear um sistema de sinalização nas células, que aumentam a produção de enzimas antioxidantes e melhoram o desempenho fisiológico, quando a planta é exposta a condições de estresse mais severo reduzindo os danos do estresse ambiental (SAVVIDES, *et al.*, 2016).

### **3.4 Aclimatação de sementes com peróxido de hidrogênio**

A semente é a unidade fundamental para formação de uma nova planta, nesse sentido, durante a fase de germinação, estresses ambientais podem inibir ou reduzir a germinação e crescimento das plantas, diminuindo a rentabilidade da atividade agrícola (BAKHSHANDEH & GHOLAMHOSSIENI, 2018).

A imersão da semente em peróxido de hidrogênio promove alterações genéticas e bioquímicas que protegem as plantas para estresses subsequentes, que podem ser expressos em outras fases do desenvolvimento da planta (WOJTYLA *et al.*, 2016b).

A aclimatação de sementes tem sido usada com o objetivo de melhorar a germinação e proteger as plantas de estresses bióticos e abióticos. Os principais métodos de pré-tratamento

são por imersão em substâncias aquosas, diferentes potenciais osmóticos e diferentes temperatura (ASHRAF & FOOLAD, 2005). A imersão das sementes em soluções específicas, possibilita a ocorrência de reações metabólicas que aumentam a tolerância de estresses ambientais (SNEIDERIS *et al.*, 2015).

Pesquisas recentes demonstram que a aclimação de sementes com peróxido de hidrogênio tem contribuído para redução dos efeitos do estresse salino (GONDIM *et al.*, 2011). Também tem sido reportado que a aclimação com peróxido de hidrogênio pode aumentar a percentagem de germinação e o crescimento inicial em coentro e cenoura devido a atuação da  $\alpha$ -amilase (PANNGOM *et al.*, 2018).

Entretanto, cabe salientar que existe variabilidade na concentração responsiva de  $H_2O_2$  em função da espécie, isso indica a existência de uma faixa crítica onde ocorre maior probabilidade de respostas nas plantas, a depender da espécie e do método de tratamento adotado (WOJTYLA *et al.*, 2016a). Assim, até o presente momento, pouco é conhecido se os efeitos do pré-tratamento de sementes de cebolinhas com  $H_2O_2$ .

### **3.5 Uso de água salina em sistemas hidropônicos**

A região nordeste do Brasil é caracterizada pela baixa e irregular precipitação pluviométrica, o que leva à busca de técnicas para o uso mais eficiente da água e que permita o uso de água de menor qualidade, ou seja, de elevada concentração salina (SILVA *et al.*, 2016).

A utilização de água salina para irrigação, requer o desenvolvimento ou adaptação de técnicas de manejo que permitam seu uso. Diante disto, a hidroponia tornou-se uma das tecnologias que permite o cultivo de plantas em soluções salinas elevadas, pois nesse sistema, o valor do potencial matricial é próximo de zero, o que permite uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas com menor gasto energético do que as cultivadas em condições de solo (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2016).

Os sistemas hidropônicos possuem várias vantagens em relação ao sistema de cultivo com o solo, tais como: proporcionar uma melhor programação da produção, maior rendimento por área (podendo inclusive aproveitar o espaço vertical), melhor qualidade dos frutos/folhas, mais facilidade em execução dos tratos culturais, ciclos mais curtos em decorrência de melhor controle ambiental, redução de perda de nutrientes por lixiviação e percolação, permitindo o uso mais racional dos fertilizantes (ANDREAU *et al.*, 2015). Por ser o cultivo em ambiente protegido minimiza a incidência de pragas e doenças (ARAÚJO *et al.*, 2016).

Diferentes técnicas hidropônicas são utilizadas para o cultivo e produção das plantas, no entanto, a técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT) com recirculação em alta frequência da solução nutritiva e a técnica de fluxo profundo (DFT) com menor intervalo de circulação são as mais empregadas (ALVES *et al.*, 2019). Contudo, devido à alta frequência de circulação no sistema NFT, existe dependência da energia elétrica, aumentando os custos da produção, tornando a técnica de fluxo profundo (DFT) mais viável e utilizada (SILVA *et al.*, 2016).

A utilização de substratos quimicamente inertes na hidroponia, assim como a fibra de coco, tem atraído a atenção dos produtores, uma vez que serve de suporte para o desenvolvimento das plantas, além de ser acessível, biodegradável e de baixo custo (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização da área experimento

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente a unidade acadêmica de engenharia agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada em Campina Grande, PB, sob as coordenadas geográficas de 7° 13' 11" sul e 35° 53' 31" oeste, com 550 m de altitude.

A casa de vegetação é do tipo capela com estrutura em aço galvanizado, nas dimensões de 6,0 m de largura por 10 m de comprimento e pé-direito de 3,00 m, coberta com telhas de fibra de vidros, e laterais envolvidas com telado que permitem a passagem parcial do vento, amenizando a temperatura interna. A casa de vegetação conta com um Termohigrômetro digital para registro dos valores de máxima, média e mínima diária de temperatura (°C) e de umidade relativa ar (%), ao longo do ciclo de cultivo da cebolinha (Figura 1). Durante a realização do experimento a os valores médios da temperatura e umidade foram de 24 °C e de 72 % respectivamente.

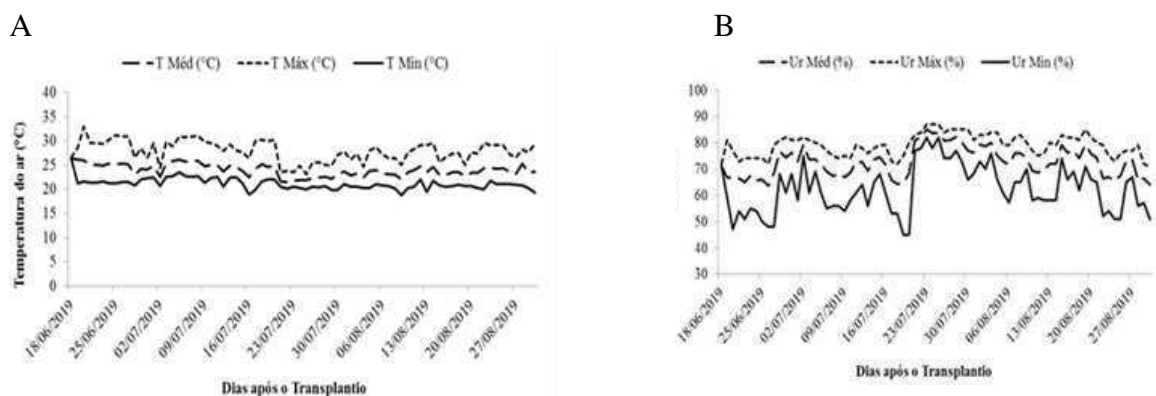


Figura 1-Temperaturas (A) e Umidades relativas (B) máximas, mínimas e médias durante o período experimental.

#### 4.2 Estrutura do sistema hidropônico.

No interior da casa de vegetação foram instaladas cinco bancadas de sistema hidropônico do tipo NFT construídas com tubos de PVC de 50 mm, espaçadas de 0,60 m, a 0,76 m de altura e declividade de 2% para que a solução de cada tratamento percorra o perfil por gravidade. Ao final de cada perfil, há uma estrutura montada para direcionar a solução à tubulação de retorno para o reservatório, também por gravidade (Figura 2). A circulação da solução foi estabelecida para ocorrer 3 vezes ao dia.

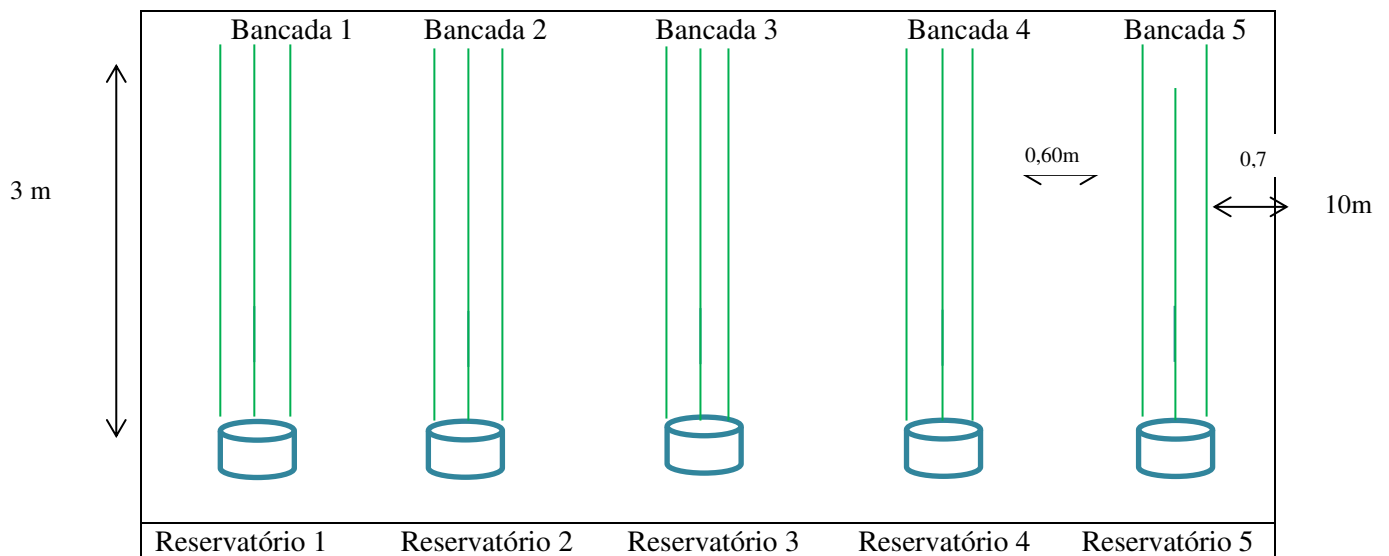


Figura 2- Croqui experimental.

O fluxo até a tubulação de retorno é fundamental para promover a oxigenação da solução. Os perfis foram espaçados a 0,20 m e com 3,0 m de comprimento. Cada repetição experimental é composta por de três perfis em PVC interligados a reservatório de 100 litros, onde a solução nutritiva é armazenada e posteriormente bombeada por eletrobomba (Figura 3).



Figura 3- Área experimental.

### 4.3 Delineamento experimental, tratamentos e condução

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado (DBC), com 25 tratamentos e três repetições, totalizando 75 unidades experimentais. A unidade experimental foi composta por 3 plantas espaçadas a cada 0,20 m dentro de cada perfil hidropônico de PVC, distribuídas em 5 bancadas totalizando 225 plantas. Ressalta-se que foi deixada como bordadura duas plantas, a primeira e a última dentro da tubulação de PVC.

Os tratamentos foram dispostos em um esquema de parcelas subdivididas, sendo alocados na parcela principal cinco níveis de salinidade da solução nutritiva (S1=1; S2= 2; S3= 3; S4= 4 e S5= 5 dSm<sup>-1</sup> a 25 °C) e nas sub parcelas cinco concentrações de peróxido de hidrogênio (0,0; 0,15; 0,30; 0,45 e 0,60 mmol), utilizados no priming nas sementes de cebolinha.

Na solução nutritiva foi adicionada cloreto de sódio para atingir os valores salinos desejados. Diariamente foi realizado o monitoramento da condutividade elétrica e do pH da solução, utilizando o medidor de condutividade e do pHmetro.

Os níveis de salinidade da solução hidropônica foram determinados segundo a equação de Richards (1954).

$$C = 640 \cdot CE_s$$

Em que:

C= Concentração do sal na solução, mgL<sup>-1</sup>;

CE<sub>s</sub>= Condutividade elétrica da solução, dSm<sup>-1</sup>.

O preparo da solução nutritiva seguiu as recomendações de Furlani (1999) para hortaliças folhosas para todos os tratamentos, e posteriormente foi adicionado o cloreto de sódio a solução para alcançar o nível salino desejado, de acordo com a equação de Richards (1954).

A formulação utilizada para o preparo da solução nutritiva foi o composto Hidrogood Fert, que contém os seguintes macronutrientes: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Magnésio (Mg), Enxofre (S) e micronutrientes: Boro (B), Cobre (Cu), Molibdênio (Mo), Manganês (Mn) e Zinco (Zn). A porcentagem de cada nutriente: N-10, P-9, K-28, Mg-3,3, S-4,3, B-0,06, Cu-0,01, Mo-0,07, Mn-0,05, Zn-0,02. Foi adicionada à solução o Nitrato de Cálcio e Ferro quelatizado, também da Hidrogood Fert.

As recomendações indicadas pelo fabricante, para o preparo da solução, consistem em adicionar para 1.000 litros de água, 750 g do Composto Hidrogood Fert + 500/600 g Nitrato de Cálcio + 20/30 g Fe EDDHA ou EDDHMAA água utilizada para a preparação da solução hidropônica foi da cisterna pertencente à Universidade Federal da Paraíba com as seguintes características da Tabela 1:

Tabela 1- Caracterização da água de chuva armazenada em cisterna utilizada no experimento

Parâmetros	Resultados	VMP (**)
Condutividade Elétrica $\text{dSm}^{-1}/\text{a } 25^{\circ}\text{C}$	0,1661	---
Potencial Hidrogeniônico, ph	7,3	6,0 a 9,5
Turbidez, (uT)	2,5	5,0
Cor, unidade Hazen (mgPt-CO/L).	21,3	15,0
Dureza em Cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), $\text{mgL}^{-1}$	25,6	---
Dureza em Magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), $\text{mgL}^{-1}$	6,4	---
Dureza total ( $\text{CaCO}_3$ ), $\text{mgL}^{-1}$	90,5	500,0
Sódio ( $\text{Na}^+$ ), $\text{mgL}^{-1}$	3,7	200,0
Potássio( $\text{K}^+$ ), $\text{mgL}^{-1}$	0,0	---
Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), $\text{mgL}^{-1}$	0,01	0,2
Ferro total, $\text{mgL}^{-1}$	0,03	0,3
Alcalinidade em Hidróxidos, $\text{mgL}^{-1}$ ( $\text{CaCO}_3$ )	0,0	---
Alcalinidade em Carbonatos, $\text{mgL}^{-1}$ ( $\text{CaCO}_3$ )	0,0	---
Alcalinidade de Bicarbonatos, $\text{mgL}^{-1}$ ( $\text{CaCO}_3$ )	8,8	---
Alcalinidade Total, $\text{mgL}^{-1}$ ( $\text{CaCO}_3$ )	8,8	---
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{-}$ ), $\text{mgL}^{-1}$	6,1	250,0
Fósforo Total, $\text{mgL}^{-1}$	1,4	---
Cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), $\text{mgL}^{-1}$	58,2	250,0
Nitrato( $\text{N-NO}_3^-$ ), $\text{mgL}^{-1}$	0,09	10,0
Nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ), $\text{mgL}^{-1}$	0,006	1,0
Amônia ( $\text{NH}_3$ ), $\text{mgL}^{-1}$	0,53	1,5
Sílica ( $\text{SiO}_2$ ), $\text{mgL}^{-1}$	13,0	---
ILS (Índice de Saturação de Langelier)	-1,82	$\leq 0$
STD (Sólidos Totais Dissolvidos a $180^{\circ}\text{C}$ )	124,4	1.000,0

$\text{mgL}^{-1}$

(\*\*) VMP- Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira Portaria 2914/11 MS incorporada pela Portaria de Consolidação nº 5.

C= Concentração do sal na solução,  $\text{mg/L}$ ;  $\text{CE}_s$ = Condutividade elétrica da solução,  $\text{dSm}^{-1}$ .

Os níveis de peróxido de hidrogênio foram determinados por meio de testes preliminares. Com base nestes testes foram determinados o tempo e as concentrações a serem aplicados as sementes de cebolinha. As sementes foram colocadas em recipientes de coloração escura para

que não houvesse a interação da luz com a solução estudada. As sementes foram embebidas em 40 mL da solução de peróxido de hidrogênio por um período de 24 horas.

Utilizou-se as sementes de cebolinha da cultivar Todo Ano Evergreen - Nebuka por ser uma das mais cultivadas no semiárido brasileiro. Após a aclimação realizou-se a semeadura em bandejas de germinação preenchidas com substrato comercial, colocando-se 5 sementes por célula, as quais foram irrigadas duas vezes ao dia e mantidas em casa de vegetação.

Quando as plântulas estavam com 15 dias foram transplantadas para o sistema hidropônico, sendo colocadas em copos plásticos de 180 mL, perfurados nas laterais e no fundo e preenchidos com fibra de coco como substrato (Figura 4).



Figura 4- Plântula de cebolinha em hidropônico com fibra de coco.

#### 4.4 Análises de crescimento

Aos 90 dias após a semeadura avaliou-se as variáveis: altura de planta (AP) mensurada com auxílio de uma régua graduada (mm) da região do colo da planta ao ápice da haste principal, o número de folhas (NF) por meio de contagem direta. As variáveis comprimento de folha (CF) e comprimento do bulbo (CB) foram obtidos por medição com régua graduada (mm) e o diâmetro do bulbo (DB), medido na região do colo com auxílio de um paquímetro digital graduado (mm).

A produção de cebolinha foi quantificada com base na biomassa fresca das plantas mensurada por meio de balança de precisão, enquanto que, a fitomassa seca da parte aérea e do bulbo foi obtida após secagem do material vegetal em estufa de ventilação forçada (60 °C) por um período em que a massa atingisse peso constante.

#### 4.5 Teores de clorofilas e carotenoides

Para a quantificação dos teores de clorofila 'a', 'b' e carotenoides utilizou-se cinco discos de 0,6 cm<sup>2</sup> de folhas frescas da parte mediana da planta, que foram colocadas em tubos Eppendorf acrescidos com 1,5 mL de acetona a 80%. As amostras foram acondicionadas em geladeira por 48 horas à temperatura de 8 °C.

O processo de extração foi realizado em triplicatas. Após este período, alíquotas de 0,5 mL foram tomadas. A absorvância da solução foi obtida por espectrofotometria a 647, 663 e 470nm, respectivamente. Os teores de clorofilas totais, 'a', 'b' e de carotenóides foram calculados através de equações estabelecidas por Lichtenthaler (1987), onde os resultados foram expressos em  $\mu\text{g g}^{-1}$  de matéria fresca (MF)

$$\text{Clorofila 'a'} = 12,25 (A663) - 2,79 (A647)$$

$$\text{Clorofila 'b'} = 21,50 (A647) - 5,10 (A663)$$

$$\text{Carotenóides totais} = [1000 (A470) - 1,82 \text{ Chl 'a'} - 85,02 \text{ Chl 'b'}] / 198$$

#### 4.6 Caracterização do estresse oxidativo

A peroxidação lipídica foi determinada pela quantificação das espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), como descrito por Cakmak & Horst (1991) com algumas adaptações, ou seja, foram macerados cerca de 100mg de massa fresca com 2 mL de TCA 0,1%. Alíquotas foram compostas de reação composto por ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,5% (m/v) e TCA 10% (m/v), e incubados a 90 °C por 40 minutos com interrupção da reação pelo rápido resfriamento em banho de gelo.

Os extratos foram novamente centrifugados, para clareamento e ausência de interferentes. A absorvância da amostra foi determinada a 532 nm, em triplicata, e para se obter os valores de absorvância líquida, o valor foi descontado da absorvância inespecífica a 600 nm. A peroxidação de lipídeos através da quantificação de MDA foi expressa em  $\text{mmol g}^{-1}$  MF.

#### 4.7 Catalase

A atividade da catalase (CAT) foi quantificada segundo Havir & Mchale (1987), com algumas adaptações. Alíquotas de 0,15 mL do extrato enzimático foram adicionados. A atividade da enzima foi determinada em espectrofotômetro, pela redução da absorvância a 240 nm, por um minuto, monitorado pelo consumo de peróxido de hidrogênio, em triplicata. Uma unidade da atividade da CAT foi definida como a degradação de 1  $\mu\text{M}$  de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durante um minuto



(Figura 5). O coeficiente de extinção molar ( $\epsilon$ ) utilizado nos cálculos para esta enzima foi  $39,4 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , e expressa como  $\text{mmol H}_2\text{O}_2$  por min por grama de massa fresca.

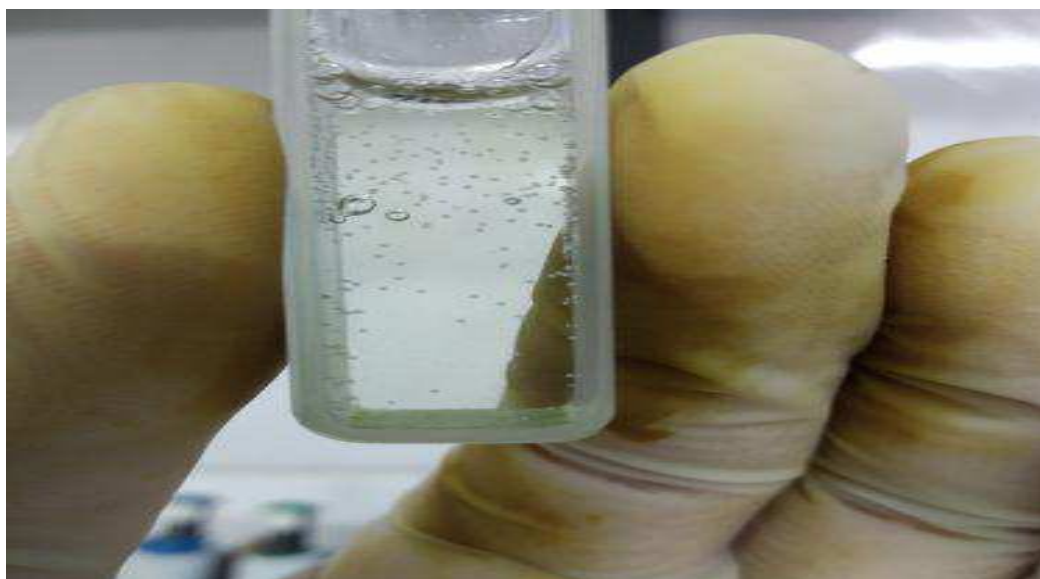


Figura 5 - Reação da catalase em função do peróxido de hidrogênio.

#### **4.8 Peróxido de hidrogênio**

O conteúdo de peróxido de hidrogênio no tecido vegetal foi determinado de acordo com a metodologia de Velikova *et al.*, (2000). Macerou-se cerca de 500 mg de material fresco congelado, em solução ácida composta por 2 mL de TCA (ácido tricloroacético) a 0,1% (m/v) e centrifugados a 10000 RPM por 10 minutos, a 4°C. Em tubos de ensaio contendo o tampão fosfato de potássio 10 mM (pH 7,0) e o iodeto de potássio (Figura 6). Posteriormente, a aferição da concentração de  $\text{H}_2\text{O}_2$  realizada a 390 nm, de absorbância, em triplicata, e o conteúdo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  foi calculado por meio de uma curva padrão de peróxido de hidrogênio estabelecida previamente, expresso em  $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF.



Figura 6- Amostra para quantificar o teor de  $H_2O_2$  nas folhas de cebolinha.

#### 4.9 Análise estatística

Os resultados das variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com auxílio do Software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). Para os fatores níveis de salinidade da solução nutritiva e concentrações de peróxido de hidrogênio realizou-se teste de regressão (por polinômios ortogonais), de acordo com o nível de significância a 0,01 ou 0,05 de probabilidade. Também foram aplicados arranjos de superfície de resposta para demonstrar a interação entre a aclimação das sementes de cebolinha com o teor de peróxido de hidrogênio nas folhas, a peroxidação lipídica e a atividade da enzima catalase.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento de folhas (CF), comprimento de bulbo (CB), diâmetro de bulbo (DB) e produtividade de biomassa fresca das folhas (BFF) e fitomassa seca (FSF) de cebolinhas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva após a aclimação peróxido de hidrogênio encontram-se na Tabela 2. Observa-se que os diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva afetaram significativamente a altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento de folhas (CF), comprimento de bulbo (CB), diâmetro de bulbo (DB) e biomassa fresca das folhas (BFF) ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2).

As concentrações de peróxido de hidrogênio aplicados para a aclimação das sementes não influenciaram significativamente nas variáveis AP, NF, CF, CB, DB, BFF e FSF. Verifica-

se também que não houve efeito da interação entre os fatores (NS x CP) para nenhuma das variáveis estudadas (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância e médias para altura de planta (AP), número de folhas (NF), comprimento de folhas (CF), comprimento de bulbo (CB), diâmetro de bulbo (DB) e produtividade de biomassa fresca (BFF) e fitomassa seca (FSF) de cebolinhas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva após aclimação em diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios						
		AP (mm)	NF	CF (mm)	CB (mm)	DB (mm)	BFF (g)	FSF (g)
Níveis de salinidade (NS)	4	89,07**	2,02**	213,31**	11,58*	2,82**	404,69**	339,14 <sup>ns</sup>
Concentrações de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (CP)	4	16,34 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	13,66 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	37,79 <sup>ns</sup>	2812,14 <sup>ns</sup>
Interação NS x CP	16	18,12 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	20,00 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	54,19 <sup>ns</sup>	367,18 <sup>ns</sup>
Bloco	-	7,14	0,19	12,19	2,70	1,36	7,14	480,33
Resíduo	-	15,93	0,28	16,64	0,71	0,27	31,79	399,18
Média geral	-	53,91	4,90	35,40	10,22	6,14	30,94	217,18
CV1%	-	5,54	9,35	9,97	5,64	8,58	18,22	30,21
CV2%	-	7,40	10,84	11,52	8,29	9,56	21,68	33,33

\*\* e \*: significativo a 1% e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo.

O aumento da salinidade da solução nutritiva afetou de forma negativa à altura da planta, onde a máxima (AP) obtida foi obtida com 1 dSm<sup>-1</sup> correspondendo a 55,1cm. A salinidade máxima estudada, (5 dSm<sup>-1</sup>), proporcionou a redução de 5,88% na AP quando comparada ao menor nível de salinidade da solução nutritiva estudada, nota-se ainda que a redução por incremento unitário de salinidade foi de 0,63% (Figura 7A). Essa redução, possivelmente pode ser explicada em decorrência da redução no consumo energético da planta para síntese de compostos orgânicos osmoticamente ativos e necessários aos processos de compartimentação na regulação do transporte de íons que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas (LIU & JIANG, 2015).

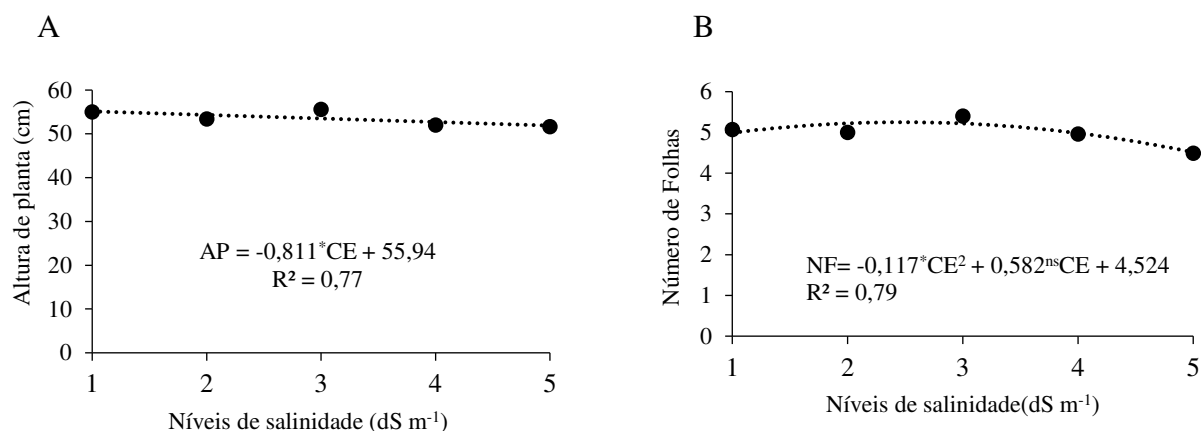


Figura 7 -Altura de planta (A) e número de folhas(B) da cebolinha aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução hidropônica.

Silva Júnior *et al.* (2019) ao estudar a cebolinha cultivada em sistema hidropônico com diferentes salinidades da solução nutritiva (em diferentes frequências de circulação) também verificaram reduções na altura da planta independentes das frequências de circulação da solução avaliadas. Corroborando com os dados obtidos neste estudo.

Para Liu & Jiang (2015) essa redução na altura de plantas possivelmente é explicada pela forma de adaptação a condições adversas, em que as plantas promovem a diminuição do gasto de energia e por consequência disso, como estratégia adaptativa, as plantas tem seu crescimento influenciado negativamente, mesmo em condições hidropônicas.

Paulus *et al.*, (2012) avaliando o cultivo de alface em sistema hidropônico NFT (fluxo laminar de nutrientes), com a utilização de águas salinas no preparo da solução nutritiva e reposição da lâmina diária evapotranspirada, observaram que o aumento da salinidade da água reduziu, de forma linear, o crescimento da alface. A redução na altura das plantas pode ser atribuída ao fechamento estomático, reduzindo as trocas gasosas, em consequência ocorre a diminuição da absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que resulta em redução no crescimento (TAIZ *et al.*, 2017).

O modelo matemático que melhor se ajustou para o número de folhas foi o quadrático apresentado na Figura 7B, sendo que o máximo número de folhas foi alcançado na salinidade da solução nutritiva de 2,48 dS m<sup>-1</sup>, correspondendo a aproximadamente 5 folhas. A redução nesta variável, quando comparado nível de salinidade solução nutritiva que rendeu o número máximo de folhas ao maior nível estudado foi de 9,62%. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Silva *et al.* (2014), estudando o crescimento inicial do *Allium fistulosum*

sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação em condições de solo que obtiveram o maior número de folhas na água de irrigação com a salinidade de  $2,1 \text{ dSm}^{-1}$  com uma produção de 7 folhas. Nota-se que mesmo os experimentos tendo sido conduzidos em ambiente de solo e hidropônicos, a máxima salinidade obtida para o número de folhas foi bem semelhante.

Oliveira *et al.*, (2013) estudando cultivo de rúcula em sistema semi-hidropônico com fibra de coco sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, verificaram redução no número de folhas com aumento da salinidade. A redução do número de folhas pode ser atribuída aos mecanismos de adaptação da planta ao estresse salino, diminuindo a superfície transpirante, visando a redução da perda de água e manutenção de elevado potencial hídrico na planta (NOBRE *et al.*, 2014).

Para comprimento de folhas (CF) aos 90 dias de cultivo (Figura 8A), o modelo que melhor se ajustou foi o linear, observa-se que a partir de  $1 \text{ dS m}^{-1}$  de salinidade da solução nutritiva o comprimento de folhas decresceu, com decréscimo por incremento unitário de salinidade de 4,12%, e a diferença entre o maior e o menor nível salino estudado de 17%.

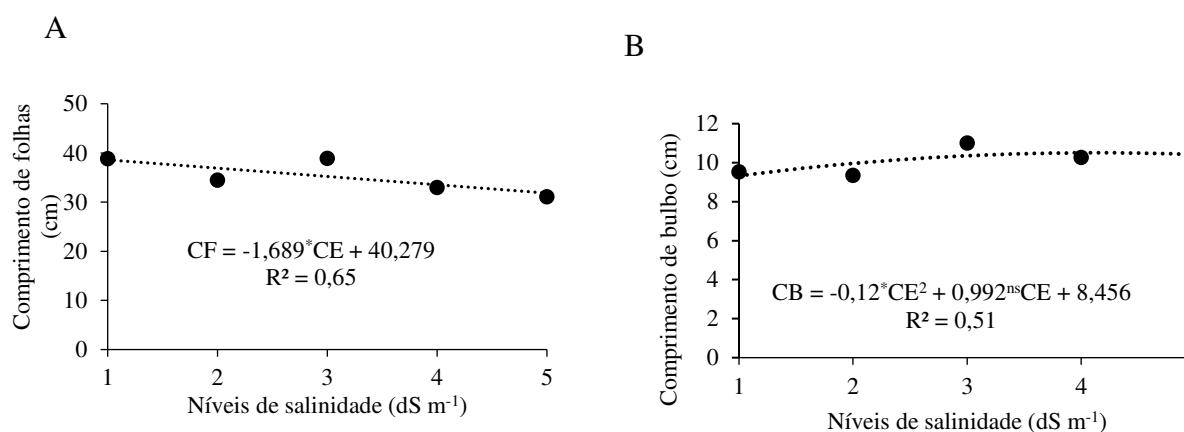


Figura 8- Comprimento de folhas (A) e Comprimento de bulbo (B) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução hidropônica.

A redução no desenvolvimento de plantas, ou seja, redução nos processos que envolvem a divisão celular das plantas sob estresse salino pode ser atribuída a alterações na alocação de fotoassimilados, devido ao aumento dos processos de consumo de energia, tais como ajuste osmótico e processos de transporte ativo de íons pelo excesso de sais na planta tendo como consequência reduções significativas no processo de diferenciação celular, que afetam o crescimento das plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

O comprimento de bulbo, se ajustou ao modelo quadrático (Figura 8 B), sendo o máximo comprimento de bulbo da cebolinha obtido com o nível de salinidade de  $4,13 \text{ dS m}^{-1}$ . Pode-se inferir que os níveis de salinidade da solução nutritiva influenciam negativamente o

comprimento de bulbo da cebolinha em níveis salinos superiores aqueles obtidos por Silva *et al.* (2014) em condições de cultivo em solo. Fato que se justifica em decorrência de o cultivo em solução nutritiva salina contribuir para a redução dos efeitos dos sais sobre as plantas quando comparado aos cultivos em solo, devido à ausência do potencial matricial e estado de saturação em que se encontram, aumentando a energia livre da água e facilitando absorção pela planta (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2019).

Para o diâmetro de bulbo (Figura 9 A), o modelo que melhor se ajustou foi o linear sendo a diferença entre o maior e menor nível de salinidade da solução nutritiva de 10,36%. Silva *et al.* (2014) observaram diferença entre o menor e o maior nível de salinidade da água de irrigação estudada de 21% e constataram também que esta variável foi a menos influenciada pela salinidade da água de irrigação.

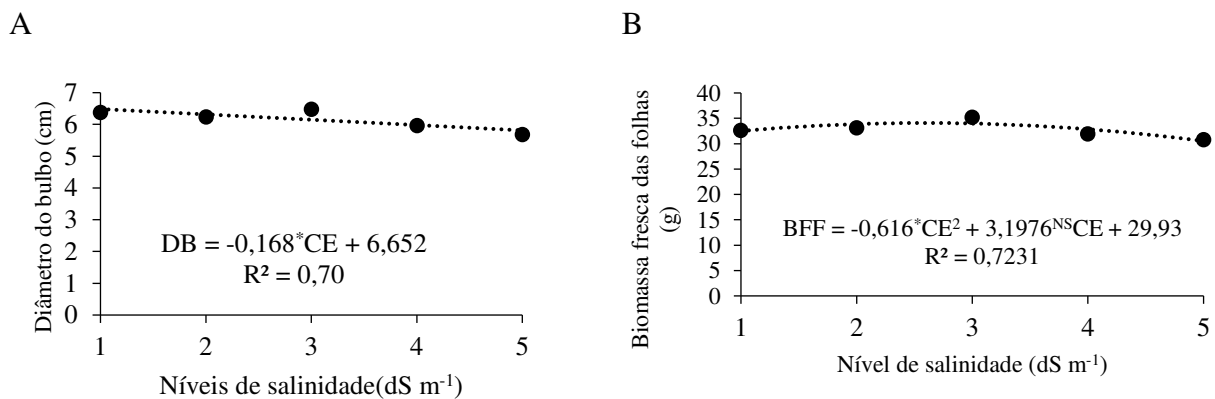


Figura 9- Diâmetro de bulbo (A) e biomassa fresca da parte aérea (B) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade da solução hidropônica.

A menor diferença observada entre os trabalhos está relacionada ao fato de o presente trabalho ter sido conduzido em condições hidropônicas, assim o efeito dos sais sobre o desenvolvimento de bulbos é menos severo quando comparado ao cultivo em condições de solo, devido ao ajustamento osmótico e maior gasto de energia.

As reduções no diâmetro de bulbo de cebolinha em função da salinidade da solução nutritiva podem estar relacionadas ao fechamento dos estômatos e redução nas trocas gasosas, devido a condição de estresse que, conseqüentemente, conduzem a redução na absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que resulta em menor crescimento (LIMA *et al.*, 2015). O aumento da salinidade da água utilizada na irrigação está frequentemente associado à redução no crescimento das plantas, (TAYEBI-MEIGOONI *et al.*, 2019) refletindo na diminuição do diâmetro bulbo.

Para a biomassa fresca das folhas (Figura 9B), a equação matemática que melhor se ajustou foi a quadrática, sendo a máxima produtividade em biomassa fresca do bulbo (BFF)

obtido com a CE de 2,59 dSm<sup>-1</sup>, correspondendo a 34,07g por planta, sendo a redução por incremento unitário de salinidade da solução nutritiva ou seja, a cada 1 dSm<sup>-1</sup> de salinidade, incrementado a partir de 2,59 dSm<sup>-1</sup>, reduziu-se a BFF em 1,78%.

A redução da biomassa fresca das folhas em outros estudos com hortaliças sob estresse salino, como notado por Oliveira *et al.* (2013) que, ao submeter plantas de rúcula níveis de CEsn (1,2; 2,2; 3,2; 4,2 e 5,2 dS m<sup>-1</sup>). Outros pesquisadores também verificaram redução na biomassa fresca em resposta ao aumento da CEsn em diferentes culturas (SILVA *et al.*, 2016) com coentro, (OLIVEIRA *et al.*, 2011) alface, (JESUS *et al.*, 2015) rúcula, (TAYEBI-MEIGOONI *et al.*, 2019) couve chinesa. De modo geral, os autores atribuem esta redução ao aumento da demanda de energia para absorção de água e nutriente em condições de estresse salino, seja em cultivos hidropônicos ou mesmo em solo (TAIZ *et al.*, 2017).

O resumo da análise de variância para clorofila A (CLOA), clorofila b (CLOB), Carotenoides (CAR), biomassa seca do bulbo (FSBB) e biomassa fresca do bulbo (BFB) das cebolinhas sob solução nutritiva salina após a aclimação das sementes em peróxido de hidrogênio encontram-se na (Tabela 3). Nota-se efeito significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, para as variáveis CAR, FSB e BFB, respectivamente, em função das diferentes salinidades da solução nutritiva (Tabela 3), contudo não se verificou efeito significativo para nenhuma das variáveis estudadas quando se analisou isoladamente as diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio, tampouco a interação entre os fatores (NS X CP).

Tabela 3- O resumo da análise de variância e médias para clorofila A (CLOA), clorofila b (CLOB), fitomassa fresca do bulbo (FFB), fitomassa seca do bulbo (FSB) e Carotenoides (CAR) de cebolinhas cultivadas durante os 90dias sob diferentes soluções salinas em sistema hidropônico.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				
		CLOA μg g <sup>-1</sup> de (MF)	CLOB μg g <sup>-1</sup> de (MF)	CAR μg g <sup>-1</sup> de (MF)	FSB (g)	BFB (g)
Níveis de salinidade (NS)	4	39680,06 <sup>ns</sup>	12980,5 <sup>ns</sup>	5236,04*	0,022**	29,070**
Concentrações de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (CP)	4	6672,36 <sup>ns</sup>	7067,12 <sup>ns</sup>	90,39 <sup>ns</sup>	0,368 <sup>ns</sup>	3,95 <sup>ns</sup>
Interação NS x NP	16	18630,49 <sup>ns</sup>	8857,80 <sup>ns</sup>	1270,76 <sup>ns</sup>	0,044 <sup>ns</sup>	5,54 <sup>ns</sup>
Bloco	2	5828,02 <sup>ns</sup>	10328,40 <sup>ns</sup>	2482,66 <sup>ns</sup>	0,055 <sup>ns</sup>	6,63 <sup>ns</sup>
Resíduo	-	18318,31	10937,51	1899,84	0,027	3,29
Média geral	-	848,54	349,44	166,24	0,71	8,74
CV1%	-	15,95	29,93	20,57	23,46	21,18
CV2%	-	18,09	30,11	22,01	24,05	23,21

\*\* e \*: significativo a 1% e 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo.

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva afetou negativamente o teor de carotenoides das plantas de cebolinha, que segundo a equação de regressão, observou-se efeito linear, com decréscimo na ordem de 6,76% por incremento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os resultados obtidos nas plantas submetidas ao maior nível de salinidade da solução nutritiva (5,0 dS m<sup>-1</sup>) em relação ao menor nível (1,0 dS m<sup>-1</sup>), constata-se redução no teor de carotenoides de 27,06% (Figura 10 A). Tayebi-Meigooni *et al.*, (2019) ao estudar os efeitos das soluções nutritivas salinas nas concentrações de 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 dS m<sup>-1</sup> no cultivo da couve chinesa (*Brassica pekinensis*) relatam reduções de 36,7% quando comparados a maior e a menor níveis de sais.

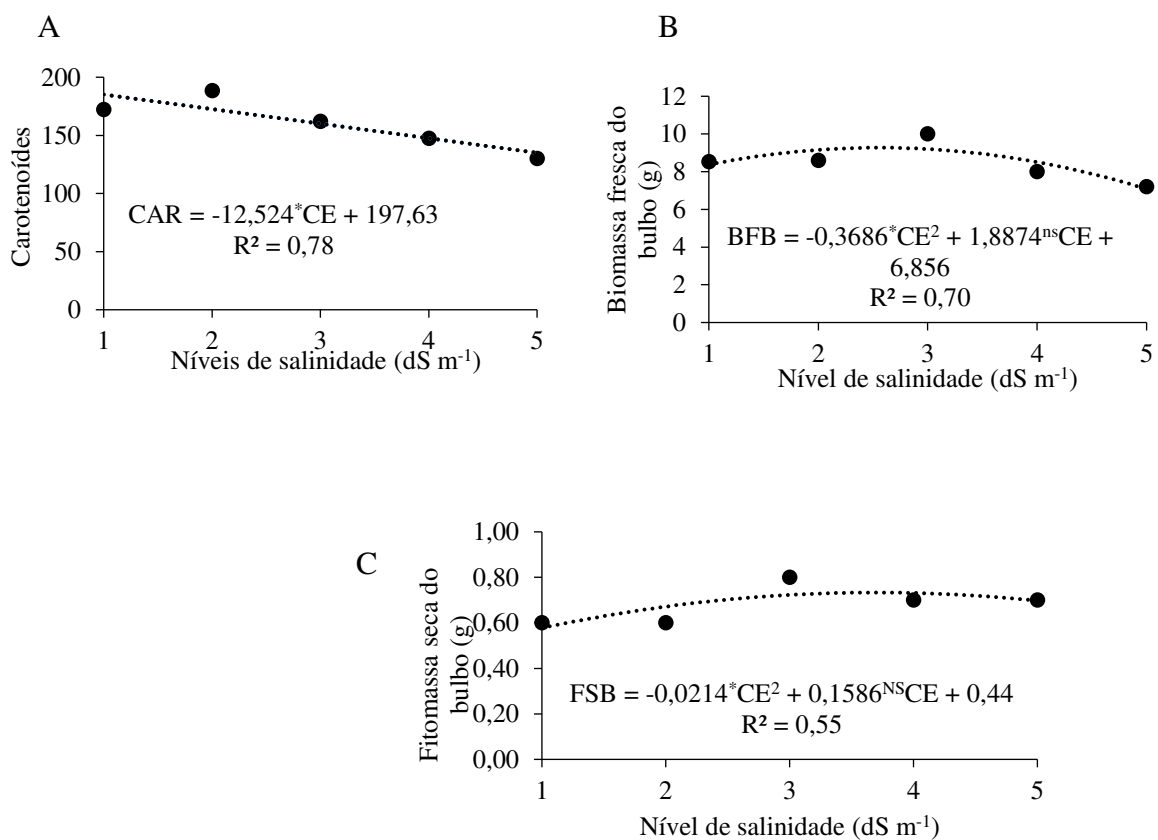


Figura 10 -Carotenoides (A), biomassa fresca do bulbo (B) e fitomassa seca do bulbo (C) aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade na solução hidropônica.

Os carotenoides são pigmentos receptores de luz, que protegem as clorofilas do excesso de radiação, neutralizando a ação dos radicais livres que promovem danos celulares. Além disso, esses pigmentos agem como precursor na sinalização durante estresses abiótico e biótico que podem ocorrer durante o desenvolvimento da planta. Os carotenoides contribuem na



nutrição e no rendimento das plantas, estando também envolvidos nos processos de eliminação de espécies reativas de oxigênio (EROs) (MUCHATE *et al.*, 2016).

A diminuição no teor de carotenoides pode ser atribuída ao aumento da atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila, uma vez que estresse salino induz a degradação de  $\beta$ -caroteno e a redução na formação de zeaxantina, diminuindo o teor de carotenóides, pigmentos aparentemente envolvidos na proteção contra a fotoinibição (FREIRE *et al.*, 2013). Esta redução ocorre para promover a proteção ao aparelho fotossintético, reduzindo a energia necessária para excitação da clorofila (DANESHMAND *et al.*, 2010).

Quanto a variável BFB, o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático, sendo que a máxima biomassa fresca do bulbo foi obtida no nível de salinidade da solução nutritiva de  $2,5 \text{ dSm}^{-1}$ , o que corresponde a um 9,27g (Figura 10 B).

Observou-se que a fitomassa seca do bulbo em função dos diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva houve aumento até a salinidade de  $3,70 \text{ dSm}^{-1}$  com posterior redução, nota-se que a máxima produção de fitomassa seca de bulbo foi de 0,73g (Figura 10 C).

De acordo com Taiz *et al.* (2017) as reduções em termos de biomassa e fitomassa nas plantas podem estar associadas com as alterações nas trocas gasosas, ocasionadas pelo estresse salino, que conduzem ao decréscimo da produção de biomassa, como consequência da menor assimilação de  $\text{CO}_2$ .

O resumo da análise de variância para peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), catalase (CAT) e peroxidação lipídica (PL), em cebolinhas sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva após aclimação das sementes em peróxido de hidrogênio por 24 horas encontram-se na Tabela 4. Houve efeito significativo dos níveis de salinidade da solução nutritiva ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para o teor de peróxido nas folhas, enzima catalase e peroxidação lipídica quantificada por meio da quantificação de MDA (Tabela 4).

Já o fator concentrações de peróxido utilizados na aclimação de sementes foi significativo ao nível de 1% para Catalase e peroxidação lipídica. Observa-se ainda efeito da interação entre os fatores níveis de salinidade da solução nutritiva versus concentrações de peróxido de hidrogênio utilizados na aclimação das sementes ao nível de 1% para teor de peróxido nas folhas, enzima catalase e peroxidação lipídica (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância e médias para peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), catalase (CAT) e peroxidação lipídica (PL) de cebolinhas cultivadas sob diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva após aclimação em diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio, em cebolinhas cultivadas em diferentes soluções salinas em sistema hidropônico após os 90 dias de cultivo

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		$H_2O_2$ mmol g <sup>-1</sup> MF	CAT mmolH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ming <sup>-1</sup> MF	PL mmol g <sup>-1</sup> MF
Níveis de salinidade (NS)	4	0,040312**	0,001130**	2,756767**
Concentração de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (CP)	4	0,001651 <sup>ns</sup>	0,001231**	15,618786**
Interação NP x NS	16	0,007797**	0,001265**	5,324301**
Bloco	2	0,001498 <sup>ns</sup>	0,000034 <sup>ns</sup>	0,003385 <sup>ns</sup>
Resíduo	-	0,000717	0,000135	0,134325
Média geral	-	0,1410872	0,0352533	5,5965591
CV 1%	-	18,98	32,95	6,55
CV2%	-	20,01	23,22	7,35

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns: não significativo.

O teor de peróxido de hidrogênio no tecido da planta ( $H_2O_2$  na planta) em função da interação níveis de salinidade da solução nutritiva versus concentrações de peróxido de hidrogênio aplicados como priming nas sementes de cebolinha aos 90 dias após a semeadura, foi modelada pela superfície resposta ( $R^2 = 0,62$ ) (Figura 11). Verifica-se que o conteúdo de  $H_2O_2$  no tecido da planta aumentou progressivamente com a salinidade da solução nutritiva.

Nota-se ainda que as plantas cultivadas na solução nutritiva salina de  $1dSm^{-1}$ , cuja as sementes foram aclimatadas por peróxido de hidrogênio (concentração  $0,60$  mmol de  $H_2O_2$ ) evidenciaram maior teor de peróxido de hidrogênio no tecido da planta. Já as plantas que foram submetidas ao maior nível de salinidade da solução nutritiva  $5dSm^{-1}$ , cujas sementes não foram aclimatadas (concentração  $0,0$  mmol de  $H_2O_2$ ) foi verificada menor produção de peróxido de hidrogênio no tecido das plantas (Figura 11). Observa-se ainda que quando a cebolinha foi submetida ao maior nível de salinidade da solução nutritiva ( $5dSm^{-1}$ ) após aclimatada em peróxido de hidrogênio (concentração  $0,60$  mmol de  $H_2O_2$ ) obteve um teor de peróxido de hidrogênio no tecido de  $0,0804$  mmol (Figura 11) sendo a maior concentração  $H_2O_2$  encontrada entre os tratamentos analisados neste trabalho. Assim, a aclimação das sementes pode ter desencadeado alterações no seu metabolismo, como o aumento da produção de moléculas de  $H_2O_2$ , as quais podem ter sinalizado essa situação de estresse, e dessa forma a planta induziu mecanismos de defesa, os quais eliminaram parte das EROs.

$$\text{Teor de H}_2\text{O}_2 = 0,2254 - 0,029^{**}\text{CE} + 0,0004\text{H}_2\text{O}_2$$

$$R^2 = 0,62$$

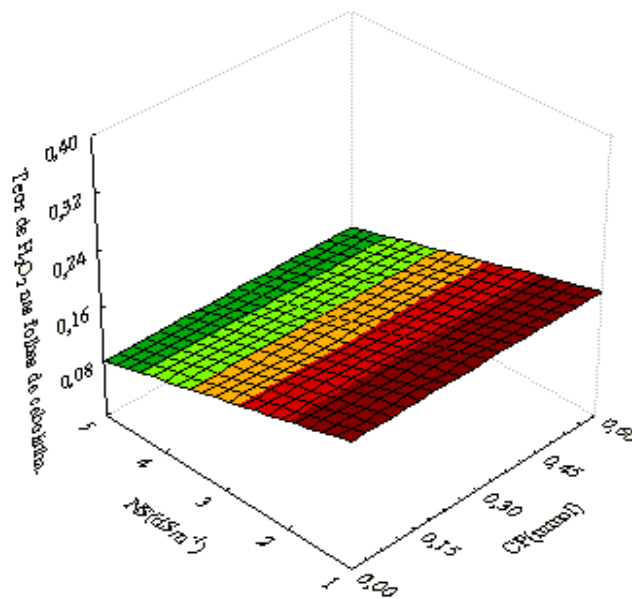


Figura 11- Teor de peróxido de hidrogênio nas folhas de cebolinha submetidas a estresse salino aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade na solução nutritiva hidropônica.

Sun *et al.*, (2016) estudando o modo de ação da aplicação exógena de peróxido de hidrogênio na cultura do pepino submetidas a estresse ambiental, observaram que as plantas que foram pulverizadas com  $\text{H}_2\text{O}_2$  obtiveram menores teores de peróxido de hidrogênio no tecido vegetal quando comparado a plantas que não receberam as pulverizações.

O acúmulo do  $\text{H}_2\text{O}_2$  no tecido da planta pode desempenhar diferentes funções, assim quando em baixas concentrações, funciona como ativador enzimático que auxiliará na aclimação ao estresse, funcionando como uma molécula sinalizadora em plantas sob estresses bióticos e abióticos, atuando na abertura e fechamento estomático, tolerância a deficiência de oxigênio, senescência, fotossíntese e controle do ciclo celular (CERNY *et al.*, 2018). Desta forma, acúmulo de peróxido de hidrogênio no tecido vegetal em condições de estresse salino, pode desencadear mecanismos que aumentam significativamente os teores de antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos, que agem contra o estresse causado pela salinidade da solução nutritiva (JAVED *et al.*, 2018).

Assim pode-se inferir que como houve acúmulo de peróxido de hidrogênio em todos os níveis de salinidade da solução nutritiva, a cebolinha pode ter sido induzindo a tolerância com o uso de peróxido de hidrogênio na aclimação das sementes, em função disto não foram

observados efeitos tão severos sobre as características vinculadas ao crescimento, pigmentos fotossintéticos e produção de biomassa das plantas.

Hajivar & Zare-Bavani (2019) avaliando os efeitos da aplicação de peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e o óxido nítrico (NO) para minimizar os danos causados pelo estresse salino (NaCl 0,0; 2,5; 5,0 e 10,0  $\text{dSm}^{-1}$ ) em tomateiro (*Solanum lycopersicum*), verificaram que a aplicação de  $\text{H}_2\text{O}_2$  e NO, atenuaram o estresse salino e incrementaram a atividade fotossintética, refletindo em aumento no crescimento das plantas em condições de estresse.

Alterações nos níveis de  $\text{H}_2\text{O}_2$  nas células vegetais, podem ser um indicador da integridade estrutural da membrana das plantas quando submetidas a estresse ambiental (SHAHID *et al.*, 2018) pois, as membranas são geralmente, o primeiro alvo dos estresses abióticos (FAROOQ *et al.*, 2009).

Em altos níveis de EROs nas células, ocorre o estresse oxidativo promovendo a produção de radicais derivados de lipídeos (ROSSATTO *et al.*, 2017). O principal produto derivado da peroxidação é o malondialdeído (MDA), que causa a deterioração membrana durante o estresse (KUMAR *et al.*, 2018).

Para a peroxidação lipídica (PL), observou-se que as sementes que não foram aclimatadas com peróxido de hidrogênio (concentração de 0 mmol de  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) quando submetidas ao nível de salinidade 5  $\text{dSm}^{-1}$  da solução nutritiva, obtiveram maiores danos a membrana com a peroxidação da ordem de 6,64 MDA  $\text{mmolgMF}^{-1}$ . Isso ocorre porque, em condições de estresse há o incremento na produção de espécies reativas de oxigênio acarretando o vazamento de eletrólitos, o que resulta em danos de membrana (FOYER *et al.*, 1994). Resultados semelhantes foram obtidos por Khan *et al.* (2015), onde a porcentagem de vazamento de eletrólitos foi aumentada com aumento dos níveis de salinidade em soluções nutricionais em comparação com as plantas que não foram submetidas ao estresse salino.

Gohari *et al.* (2019) avaliando os efeitos da interação entre peróxido de hidrogênio e nitroprussiato de sódio utilizados como priming para mitigar o estresse salino na cultura de manjerição (*Ocimum basilicum*) verificaram que a aclimação das plantas minimizou os danos celulares, com reduções significativas no conteúdo de MDA em condições salinas foi maior quando comparado as plantas que não receberam os primings. Estes mesmos autores observaram a relação entre a salinidade e os a peroxidação lipídica, onde os vegetais que foram irrigados com a solução de 5  $\text{dSm}^{-1}$  resultou em um aumento significativo do conteúdo de MDA em comparação com o controle.

Tayebi-Meigooni *et al.* (2019) trabalhando com couve chinesa, (*Brassica alboglabra* L.), cultivadas em sistema hidropônico com as soluções nutritivas salinas nas concentrações de 0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 dSm<sup>-1</sup>, verificaram que com o aumento da salinidade, propicia aumento no teor de peróxido de hidrogênio e a peroxidação lipídica nos tecidos vegetais. Outros autores também constataram que o estresse salino promove o incremento no conteúdo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e MDA (KHOLOVA *et al.*, 2009; DANESHMAND *et al.*, 2010; TAYEBIMEIGOONI *et al.*, 2012).

Fato este que corrobora com os dados obtidos no presente estudo, reafirmando que o aumento da salinidade da solução nutritiva pode promover estresse salino nas plantas, contudo quando as plantas são aclimatadas em especial utilizando o peróxido de hidrogênio como priming as plantas podem desencadear reações que propiciam a tolerância ao estresse provocado pelos sais presente no sistema de cultivo.

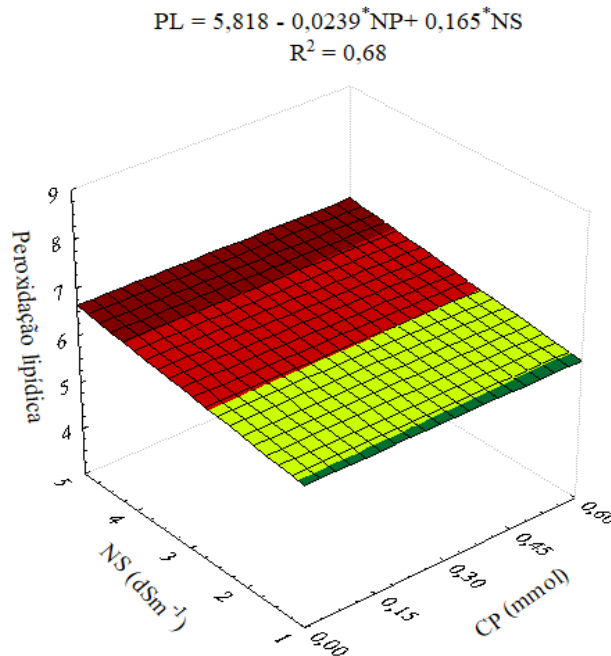


Figura 12-Nível de peroxidação lipídica nas folhas de cebolinha da salinidade aos 90 dias após o plantio de cebolinha sob diferentes concentrações de salinidade na solução nutritiva hidropônica.

Ao determinar a atividade da catalase em função dos diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva associados a aclimação das sementes em peróxido de hidrogênio (Figura 13). Nota-se que a máxima produção da enzima ocorreu na salinidade 3,75 dSm<sup>-1</sup> de solução nutritiva onde as sementes foram aclimatadas com 0,45 mmol de peróxido de hidrogênio, com a máxima produção da enzima no valor de 25,21 mmol de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> MF. (Figura 13).

$$\text{Cat} = 0,0116 + 0,0006 * \text{NP} + 0,012 * \text{NS} - 0,0000119 * \text{NP}^2 - 0,0016 * \text{NS}^2 + 0,00004022 * \text{NP} * \text{NS}$$

$$R^2 = 65$$

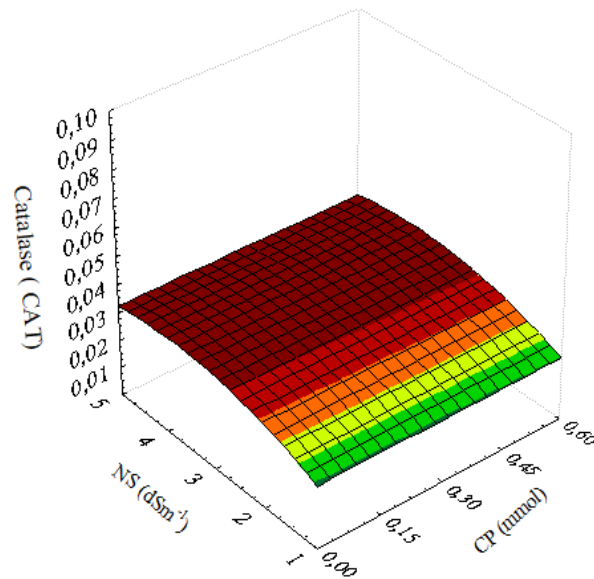


Figura 13 -Teor de catalase em função da salinidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por El-Banna *et al.*, (2018) estudando os efeitos da imersão das raízes do morango em cultivos hidropônicos com soluções nutritivas salinas nas concentrações de 0; 3,4 e 6,8  $\text{dSm}^{-1}$ , sendo as raízes das plantas imersas em peróxido de hidrogênio nos períodos de 1 e 2 horas, observaram que a imersão das raízes durante 1 hora resultou no aumento das taxas de crescimento, teor de pigmentos fotossintéticos, reduções no extravasamento de eletrólitos e incremento da atividade das enzimas, entre elas a catalase em comparação as plantas que foram imersas em água destilada, mitigando os efeitos da salinidade.

Tayebi-Meigooni *et al.* (2019) estudando a couve chinesa (*Brassica pekinensis*) cultivada em sistema hidropônico com as soluções nutritivas salinas 0,0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10  $\text{dSm}^{-1}$ , estes autores afirmam que o aumento do estresse salino aumentou a atividade da enzima catalase. Também foi reportado por Freitas *et al.* (2019) que avaliando a alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema hidropônico com soluções nutritivas salinas nas concentrações de 0 e 4,0  $\text{dSm}^{-1}$  NaCl com três níveis de adubações foliares de enxofre (0,0; 1,5 e 3,0  $\text{g L}^{-1}$ ) observaram que a atividade da catalase foi aumentada conforme aumentou a salinidade. Ainda é possível afirmar que, esta enzima, atua em mecanismos na indução da tolerância à salinidade.

Essa enzima está relacionada a atividade de um complexo sistema antioxidante cuja função é proteger as células dos danos causados pelas EROs (ROSSATTO *et al.*, 2017). Através da atividade de enzima catalase (CAT) ocorre a diminuição na concentração de peróxido de hidrogênio e mitiga a peroxidação lipídica nas células dos vegetais (CHEN *et al.*, 2016).

Portanto, a capacidade de uma planta suportar a salinidade pode estar relacionada com o equilíbrio entre a produção de EROs e a ativação do sistema de defesa antioxidante (TURKAN & DEMIRAL, 2009), promovendo a adaptação ou tolerância a esse estresse. O pré-tratamento com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, aumenta das atividades de enzimas antioxidantes, o que pode explicar, pelo menos em parte, a melhoria da tolerância contra o stress salino (GAMMOUDI *et al.*, 2020).

## 6. CONCLUSÃO

A utilização de peróxido de hidrogênio como priming nas sementes de cebolinha induziu a tolerância das plantas ao estresse salino, minimizando os efeitos deletérios da salinidade da solução nutritiva no crescimento, pigmentos e produção.

O aumento da salinidade da solução nutritiva promoveu aumento no teor de peróxido de hidrogênio, peroxidação lipídica.

A aclimação das sementes de cebolinha com peróxido de hidrogênio na concentração de 0,45mmol nas plantas que foram cultivadas na solução nutritiva de 3,73 dSm<sup>-1</sup> obteve a máxima atividade da enzima catalase.



## REFERÊNCIAS

Aves, L. S.; Gheyi, H. R.; Paz, V. P. S.; Santos, A. N.; Silva, M. G.; Bandeira, S. S. Cultivo de manjeriço utilizando efluente doméstico tratado em sistemas hidropônicos sob diferentes espaçamentos entre plantas. *Irriga*. v. 24, n.3, p.460-472.2019. <https://doi.org/10.15809/Irriga.2019v24n3p460-472>.

Amooaghaie, R.; Tabatabaie, F. Osmopriming-induced salt tolerance during seed germination of alfalfa most likely mediates through H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> signaling and upregulation of heme oxygenase. *Protoplasma*. v. 254, n.4, p.1791-1803. 2017. <https://doi.org/10.1007/s00709-016-1069-5>.

Andreau, A.; Giménez, R.; Beltrano, J. Introducción al cultivo hidropónico, In *Cultivo en hidroponía*, 1ª ed, Buenos Aires, Capítulo 1. Universidad Nacional de La Plata. Cap.1. p.73-91. 2015. ISBN: 978-950-34-1258-9.

Anjum, S. A.; Ashraf, U.; Tanveer, M.; Khan, I.; Hussain, S.; Shahzad, B.; Zohaib, A.; Abbas, F.; Saleem, M. F.; Ali, I.; Wang, L. C. Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in Plant Science*. v. 8, p. 1-12. 2017. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00069>.

Anjum, S. A.; Tanveer, M.; Ashraf, U.; Hussain, S.; Shahzad, B.; Khan, I.; Wang, L. Effect of progressive drought stress on growth, leaf gas exchange, and antioxidant production in two maize cultivars. *Environmental Science and Pollution Research*. v. 23, n.17, p.17132–17141. 2016. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6894-8>.

Araújo, J. L.; Faquin, V.; Baliza, D. P.; Ávila, F. W.; Guerrero, A. C. Crescimento e nutrição mineral de cebolinha verde cultivada hidroponicamente sob diferentes concentrações de N, P e K, *Revista Ceres*. v.63, n. 2, p. 232-240. 2016.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097120>.

Asch, F.; Dingkuhn. M.; Dörffling. K.; Miezán. K. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. *Euphytica*. v.113, p.109-118. 2000. <https://doi.org/10.1023/A:1003981313160>.

Ashraf, M.; Foolad, M. R. Pre-sowing seed treatment A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and nonsaline conditions. *Advances in agronomy*. v.88, p.223-271. 2005. [https://doi.org/10.1016/S00652113\(05\)88006-X](https://doi.org/10.1016/S00652113(05)88006-X).

Bakhshandeh, E.; Gholamhossieni, M. Quantification of soybean seed germination response to seed deterioration under PEG-induced water stress using hydrotime concept. *Acta Physiologiae Plantarum*. v. 40, n.7, p.126. 2018. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2700-1>.

Belfort, C. C.; Haag, H. P. Nutrição mineral de hortaliças: LVI - carência de macronutrientes em cebolinha (*Allium schoenoprasum*). *Anais Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba*, v. 40, n. 1, p. 221-234, 1983. [doi.org/10.1590/S0071-12761983000100012](https://doi.org/10.1590/S0071-12761983000100012).

Breusegem, F.V.; Foyer, C.; Mann, G. Reactive oxygen species are crucial “pro-life “survival signals in plants. *Free Radical Biology & Medicine*. v. 122, p.1-3. 2018.<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.04.582>.

Cakmak, I.; Horst, W.J. Effect of aluminum on lipid-peroxidation, superoxidedismutase, catalase and peroxidase- activities in toor-tips of soybean (*Glycine max*). *Plant Physiology*. v.83, n. 3, p. 463 -468. 1991. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1991.tb00121.x>.

Carmody, M.; Waszczak, C.; Idänheimo, N.; Saarinen, T.; Kangasjärvi, J. ROS signalling in a destabilised world: a molecular understanding of climate change. *Journal of plant physiology*. v.203, p.69-83, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.06.008>.

Carvalho, F. E. L.; Lobo, A. K. M.; Bonifácio, A.; Martins, M. O. L.; 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000400014>.

Černý, M. Habánová, H.; Berka, M.; Luklová, M.; Brzobohatý, B. Hydrogen Peroxide: Its Role in Plant Biology and Crosstalk with Signalling Networks, *International journal of molecular sciences*. v.19, n.9, p. 2812. 2018. <https://doi.org/10.3390/ijms19092812>.

Chen, D.; Wang, S.; Caob.; Cao, D.; Leng, G.; Li, H.; Yin, L.; Shan, L.; Deng, X. Genotypic variation in growth and physiological response to drought stress and re-watering reveals the critical role of recovery in drought adaptation in maize seedlings. *Frontiers in Plant Science*. v. 6, p. 1-15. 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01241>.

Daneshmand, F.; Arvin, M. J.; Kalantari, K. M. Physiological responses to NaCl stress in three wildspecies of potato in vitro. *Acta Physiol Plant*. v. 32, p.91–101. 2010. <https://doi.org/10.1007/s11738-009-0384-2>.

Dias, N. D.; Blanco, F. F.; Souza, E. R.; Ferreira, J.F. S.; Sousa Neto, O. N.; Queiroz, I.S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade, In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (Org.). *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados*. 2. ed, Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em salinidade. Cap.11, p.151-161. 2016. ISBN: 978-85-420-0948-4.

El-Banna, M. F.; Abdelaal, K. A. A. Response of Strawberry Plants Grown in the Hydroponic System to Pretreatment with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> before Exposure to Salinity Stress. *J. Plant Production, Mansoura Univ.*, v. 9 n. 12. P. 989- 1001. 2018. <https://dx.doi.org/10.21608/jpp.2018.36617>.

Farooq, M.; Wahid, A.; Kobayashi, N.; Fujita, D.; Basra, S. M. A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 29, p. 185-212, 2009. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>.

Ferreira, D, F, Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons, *Ciência e Agrotecnologia*.v.38, n.2, p. 109-112.2014.<https://doi.org/10.1590/S141370542014000200001>.  
Filgueira, F.A.R. *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção*. Viçosa: UFV. 421p. 2008.

Foyer, C. H.; Lelandais, M.; Kunert, K. J. Photooxidative stress in plants. *Physiologia Plantarum*, v. 92, n. 4, p. 696-717, 1994. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb03042.x> 3054.

Foyer, C. H.; Noctor, G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. *The Plant Cell*. v.17, p.1866-1875. 2005. <https://doi.org/10.1105 / tpc.105.033589>.

Freire, J. L. D. O.; Cavalcante, L. F.; Nascimento, R. D.; Rebequi, A. M. Teores de clorofila e composição mineral foliar do maracujazeiro irrigado com águas salinas e biofertilizante. *Revista de Ciências Agrárias*. v. 36, n. 1, p. 57-70. 2013. ISSN 0871-018X.

Freitas, W.E.S.; Oliveira, A.B.; Mesquita, R.O.; Carvalho, H.H. Prisco, J.T.; Gomes-Filho, E. Sulfur-induced salinity tolerance in lettuce is due to a better P and K uptake, lower Na/K ratio and an efficient antioxidative defense system. *Scientia Horticulturae* v. 257, p.257, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108764>.

Furlani, P. R.; Silveira, L. C. P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas, Campinas: IAC. p.52. 1999. (Boletim Técnico, 180).

Gama, G. O.; Souza, T. C.; Quevedo, L. F. Avaliação do desenvolvimento de mudas de cebolinha ‘todo ano’ produzidas em três tipos de substratos comerciais na região de dourados-MS, *Revista eletrônica da faculdade de ciências Exatas e da Terra Produção/construção e tecnologia*. v.5, n.8, p.36-42. 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p645-661>.

Gammoudi, N.; Karmous, I.; Zeria, K.; Loumerem, M.; Ferchichi, A.; Nagaz, K. Eficiência do fortalecimento de sementes de pimenta através da aplicação de peróxido de hidrogênio para melhorar a tolerância in vitro ao sal e ao estresse hídrico. *Hortic. Environ. Biotechnol.*v.1, n.1, p.1-12. 2020. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00260-8>.

Gill, S. S.; Tuteja, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. v.48, n.12, p.909–930. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2010.08.016>.

Gilroy, S.; Bialasek, M.; Suzuki, N.; Górecka, M.; Devireddy, A.; Karpiński, R.; Mittler, S. ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants. *Plant Physiology*. v. 171, p.1606-1615. 2016. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00434>.

Gohari, G.; Alavi, Z. Esfandiari, E.; Panahirad, S.; Hajihoseinlou, S.; Fotopoulos, V. Interação entre peróxido de hidrogênio e nitroprussiato de sódio após priming químico de *Ocimum basilicum* L. contra o estresse salino. *Phisyologia Plantarium*. v.168, n.2, p. 237-525. 2019. <https://doi.org/10.1111/ppl.12985>.

Gondim, F.A.; Gomes-filho, E.; Marques, E.C.; Prisco, J.T. Efeitos do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*. v.42, n.2, p. 373-381. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000200016>.

Gupta, D.K.; Palma, J.M.; Corpas, F.J. Sinalização de óxido nítrico e peróxido de hidrogênio em plantas superiores. Ed. 11. Suíça, Springer Nature. 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11129-8>.

Hajivar, B.; Zare-Bavani, M.R. Alleviation of salinity stress by hydrogen peroxide and nitric oxide in tomato plants. *Advances in Horticultural Science*. v.33, n.3, p. 409-416.2019. doi: 10.13128/ahs-24335.

Havir, E. A.; Mchale, N. A. Biochemical and developmentl characterization of multiple forms of cat tabaco leaves. *Plant Phioogy*. v.84, n. 2, p. 450- 455. 1987. [https://doi.org/10.1104%2Fpp.84.2.450](https://doi.org/10.1104/pp.84.2.450).

Heredia, N. A. Z.; Vieira, M. do C.; Weismann, M.; Lourenção, A. L.F.; Produção e Renda Bruta de Cebolinha e de Salsa em Cultivo Solteiro e Consorciado. *Horticultura Brasileira*. v.21, n.3, p. 574-577. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000300032>.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Número de estabelecimentos e quantidade produzida por produtos da horticultura. Tabela- 6619. 2017. Sidra.ibge. gov.br/ tabela/ 6619.

Javed, R.; Yücesan, B.; Gurel, E. Hydrogen peroxide-induced steviol glycosides accumulation and enhancement of antioxidant activities in leaf tissues of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Sugar Tech*. v.20, n.1 p.100-104. 2018. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0521-y>.

Jesus, C. G.; Silva Júnior, F. J.; Camara, T. R.; Silva, Ê. F. F.; Willadino, L. Production of rocket under salt stress in hydroponic systems, *Horticultura Brasileira*. v.33, n.4, p.493-497.2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400014>.

Khan, T.A.; Yusuf, M.; Fariduddin, Q. Seed treatment with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> modifies net photosynthetic rate and antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) plants. *Israel J. Plant Science*. v.62. p.167-175. 2015. <https://doi.org/10.1080/07929978.2015.1060806>.

Kholova,J.; Sairam, R.K.; Meena, R.C.; Srivastava, G.C. Response of maize genotypes to salinity stress in relation to osmolytes and metal-ions contents, oxidative stress and antioxidant enzymes activity. *Biol Plantarum*. v.53, p.249–256. 2009. <https://doi.org/10.1007/s10535-009-0047-6>.

Kumar, M.; Kumar, R.; Jain, V.; Jain, S. Differential behavior of the antioxidant system in response to salinity induced oxidative stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of *Brassica juncea* L, *Biocatalysis and agricultural biotechnology*. v. 13, n. 3, p. 12-19. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.11.003>.

Lacerda, C. F.; Cambraia, J.; Cano. M. A. O.; Ruiz. H. A.; Prisco. J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany*. v.49, n.2, p.107. 2003.[https://doi.org/10.1062/FS0098-8472\(02\)00064-3](https://doi.org/10.1062/FS0098-8472(02)00064-3).

Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes, *Methods of Enzymology*. Elsevier.v.148, p.350-382. 1987. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).

Lima, L. A.; Oliveira, F. A. de; Alves, R. E. C.; Linhares. P. S. F.; Medeiros, A. M. A. de.; Bezerra. F. M. S. Tolerância da berinjela à salinidade da água de irrigação. *Revista Agroambiente*. v.9, p.27-34. 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v.22.n11.p.770-775>.

Liu, M.; Jiang, Y. Genotypic variation in growth and metabolic responses of perennial ryegrass exposed to short-term waterlogging and submergence stress *plant Physiology and Biochemistry*.v.95, p.57-64. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.07.008>.

Muchate, N.S.; Nikalje, G.C.; Rajurkar, N.S.; Suprasanna, P.; Nikam, T.D. Plant Salt Stress: Adaptive Responses. Tolerance Mechanism and Bioengineering for Salt Tolerance. *The Botanical Review*. v. 82, p.371- 406. 2016. <https://doi.org/10.1007/s12229-016-9173-y>.

Nobre, R. G.; Lima, G, S. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. A. dos; Silva, A. O. da. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. *Revista Caatinga*. v.27, n.1 p.148-158. 2014. <https://doi.org/0000-0001-9960-1858>.

Oliveira, F. A.; Carrilho, M. J. S; Medeiros, J. F.; Maracajá, P. B.; Oliveira, M. K. T. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.15, n. 8, p.771–777.2011. <https://doi.org//10.1590/S1415-43662011000800002>.

Oliveira, F. A.; Souza Neta, M. L; Silva, R. T.; Souza, A. A. T.; Oliveira, M. K.T.; Medeiros, J. F. Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. *Agroambiente*. On line. v. 7, n. 2, p 170-178. 2013. <https://doi.org//10.18227/19828470ragro.v7i2.940>.

Oliveira, F.A.; Souza Neto, M. L.; Oliveira, M. K. T.; Silva, R. D. C.; Costa, J. P. B. M. Production of coriander in substrate fertigated with increasing nutrient concentrations. *Revista de Ciências Agrárias*. v. 59, n. 3, p.275-279. 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097120>.

Panngom, K.; Chuesaard, T.; Tamchan, N.; Jiwchan, T.; Srikongsritong, K.; Park, G. Comparative assessment for the effects of reactive species on seed germination, growth and metabolisms of vegetables. *Scientia Horticulturae*. v.227, p. 85-91. 2018. <https://doi.org//10.1016/j.scienta.2017.09.026>

Paulus, D.; Paulus, E.; Nava, G. A.; Moura, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. *Revista Ceres* v.59, n. 1, p. 110-117. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100016>.

Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, Washington: U.S. Salinity Laboratory. v. 160, Handbook 60, US Department of Agriculture, Washington DC, 1954.

Rodrigues, O.; Reshetnyak, G.; Grondin, A.; Saijo, Y.; Leonhardt, N.; Maurel, C.; Verdoucq, L. Aquaporins facilitate hydrogen peroxide entry into guard cells to mediate ABA- and pathogen-triggered stomatal closure. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. v.114, p. 9200-9205. 2017. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704754114>.

Rossatto, T.; Amaral, M.N.; Benitez, L. C.; Vighi, I.L.; Braga, E. J. B.; Magalhães Júnior, A. M.; Maia, M. A. C.; Pinto, L. S. Gene expression and activity of antioxidant enzymes in rice plants. Cv. BRS AG. under saline stress, *Physiology and Molecular Biology of Plants*. v. 4, n.23, p. 865-875. 2017. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0467-2>.

Sá, F. V. S.; Brito, M, E. B.; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L.C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*. v.6, n.4, p.463-470. 2015. <https://doi.org/10.14295/CS.v6i4.1121> 2015.

Santos Júnior, J.A.; Gheyi, H. R.; Cavalcante, A. R.; Francilino, A.H.; Perezmarin, A.M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo, *Irriga. Botucatu*, v. 21, n. 3, p. 591-604. 2016. ISSN: 1808-3765.

Santos, R.H.S.; Mapeli, N. C.; Siqueira, R. G. G.; Souza, J. L.; Freitas, G. B. Produção orgânica de hortaliças. *SENAR*. V.2. p.104. 2009.

Savvides, A.; Ali, S.; Tester, M.; Fotopoulos, V. Chemical Priming of Plants Against Multiple Abiotic Stresses: Mission Possible? *Trends in Plant Science*. v.21, n.4, p. 329–340. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.11.003>.

Schlicke, H.; Hartwig, A.S.; Firtzlaff, V.; Richter, A. S.; Glässer, C.; Maier, K.; Finkemeier, I.; Grimm, B. Induced deactivation of genes encoding chlorophyll biosynthesis enzymes disentangles tetrapyrrole-mediated retrograde signaling. *Molecular plant*. v.7, n.7 p.1211-1227. 2014. <https://doi.org/10.1093/mp/ssu03>.



Sewelam, N.; Kazan, K.; Schenk, P.M. Global plant stress signaling: reactive oxygen species at the cross-road. *Frontiers in plant Science*. v.7, p.187. 2016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00187>.

Shahid, M.; Ahmed, B.; Zaidi, A.; Khan, M. S. Toxicity of fungicides to *Pisum sativum*: a study of oxidative damage, growth suppression, cellular death and morpho-anatomical changes. *RSC Advances*, v. 8, p. 38483-38498, 2018. <https://doi.org/10.1039/C8RA03923B>.

Sharma, P.; Jha, A. B.; Dubey, R. S.; Pessarakli, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. *Journal of botany*. v.2012, p. 1-26. 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/217037>.

Shi, J.; Li, W. Q.; Hou, L. L. Effects of N, P, K combined application on the yield, nutrition absorption and utilization characteristics of *Allium fistulosum*. *Plant Physiology Journal*. v.51, n. 4, p. 847- 852. 2015. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.3015>.

Si, T.; Wang, X.; Zhao, C.; Huang, M.; Cai, J.; Zhou, Q.; Jiang, D. The Role of Hydrogen Peroxide in Mediating the Mechanical Wounding-Induced Freezing Tolerance in Wheat. *Frontiers in plant Science*. v. 9, p.327. 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00327>.

Silva Júnior, F.J.; Santos Junior, J.A.; Silva, M.M.; Silva, E.F.F.; Souza, E.R. Relações hídricas da bolinha em função da salinidade e frequência de circulação de soluções nutritivas. *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e ambiente*. v.23 n.5 p359-365. 2019. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p359-365>.

Silva, M. G.; Soares, T. M.; Gheyi, H. R.; Oliveira, I. S.; Silva Filho, J. A.; Carmo, F. F. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.20, n.5, p.447-454. 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p447-454>.

Silva, P. F.; Cavalcante, V. S.; Santos, J. C. C.; Costa, E. S.; Barbosa, J.T.V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. *Comunicata Scientiae*. v.5, n.3, p. 241-251. 2014. <https://doi.org/10.14295/cs.v5i3.512>.

Simões, A. C.; Alves, G. K. E. B.; Silva, N. M.; Ferreira, R. L. F.; Araújo Neto, S. E. Densidade de plantio e método de colheita de cebolinha orgânica, *Agropecuária Científica no Semiárido*. v. 12, n. 1, p. 93-99. 2016. ISSN: 1808-6845.

Sneideris, L. C.; Gavassi, M. A.; Campos, M. L.; D'amico-Damiao, V.; Carvalho, R. F. Effects of hormonal priming on seed germination of pigeon pea under cadmium stress. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. v.87, p.1847-1852. 2015. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140332>.

Sofo, A.; Scopa, A.; Nuzzaci, M.; Vitti, A. Ascorbate peroxidase and catalase activities and their genetic regulation in plants subjected to drought and salinity stresses. *International Journal of Molecular Sciences*. v. 16, p. 13561-13578. 2015. <https://doi.org/10.3390/Ijms160613561>.

Sousa, Y. M. M. de; Ferreira, E. G. Tecnologia para tratamento de água salobra: Estudo do caso de Santa Inês-PB. *Revista Ambiental* v.1, n.1, p.82-92. 2015. ISSN: 2595-4431.

Souza, A. G.; Carvalho, J.; Anami, J.M. Refrigeração e ácido ascórbico na conservação de cebolinha-verde minimamente processada, *Agropecuária Catarinense*, v.31, n.2, p.58-62. 2018. <https://doi.org/10.22491/RAC.2018.v31n2.7>.

Sun, Y. ; Wang, H. ; Liu, S.; Peng, X. Aplicação exógena de peróxido de hidrogênio alivia o estresse hídrico em mudas de pepino. *South African Journal of Botany*.v.106, p.23-28. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.05.008>

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I, M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6 ed. Artmed. 2017. 858p. ISBN 978-85-8271-367-9.

Tayebi-Meigooni, A.; Awang, Y.; Mahmood, M.; Selamat, A.; Wahab, Z. Leaf water status, proline content, lipid peroxidation and accumulation of hydrogen peroxide in salinized Chinese kale (*Brassica alboglabra*). *J Food Agric Environ*. v. 10, p.371–374. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108764>.

Tayebi-Meigooni, A.; Awang, Y.; Biggs, A. R.; Ghasemzadeh, A. Salt-Induced Changes in Growth and Damage Avoidance Mechanisms of Hydroponically Grown Chinese Kale (*Brassica alboglabra* L.) Springer Nature. v.6, p. 99-105. 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04417-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04417-6_8).

Trani, P. E.; Breda Jr, J. M.; Factor, T. L. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Instituto Agronômico. v.7, p. 412. 2014. ISSN 0375-1538.

Turkan, I.; Demiral, T. Recent developments in understanding salinity tolerance, Environmental and Experimental Botany.v.6, n.1, p.2-9. 2009.<https://doi.org/10.1016/j.envexbot.2009.05.008>.

Velikova, V.; Yordanov, I.; Edreva, A. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. Plant Science. v. 151, n.1 p. 59–66. 2000. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00197-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00197-1).

Wojtyla, L.; Lechowska, K.; Kubala, S.; Garnczarska, M. Molecular processes induced in primed seeds increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. Journal of plant physiology. v.203, p. 116-126. 2016b. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.04.008>.

Wojtyla, L.; Lechowska, K.; Kubala, S.; Garnczarska, M. Different modes of hydrogen peroxide action during seed germination. Frontiers in plant Science. v.7, p.66. 2016<sup>a</sup>. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.0006>.

Zárate, N. A. H.; Vieira, M. C. Produção e renda bruta da cebolinha solteira e consorciada com espinafre, Horticultura Brasileira, v.22, n.4, p.811- 814. 2004. ISSN: 1676-546X.

Zhou, L.; Yue, O.; Zhao, L.; Liu, R. X. Effect of Nitrogen Level on Growth and Metabolism of *Allium fistulosum* L. Advances in Engineering Research, China v, 163, p. 1-7, n, 7, 2018. <https://doi.org/10.2991/iceesd-18.2018.224>.