



**ANNA CAROLINA ABREU FRANCISCO E SILVA**

**MOLÉCULAS SINALIZADORAS PARA INDUÇÃO DE  
TOLERÂNCIA AO DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE SALINO  
EM SEMENTES DE ALGODÃO**

**LAVRAS –MG**

**2022**

**ANNA CAROLINA ABREU FRANCISCO E SILVA**

**MOLÉCULAS SINALIZADORAS PARA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO  
DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE ALGODÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

Me. Marília Mendes dos Santos Guaraldo  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

**ANNA CAROLINA ABREU FRANCISCO E SILVA**

**MOLÉCULAS SINALIZADORAS PARA INDUÇÃO DE TOLERÂNCIA AO  
DÉFICIT HÍDRICO E ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE ALGODÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 30/03/2022

Prof. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos UFLA

Me. Marília Mendes dos Santos Guaraldo UFLA

Dr. Wilson Vicente Souza Pereira UFLA



Prof. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

Me. Marília Mendes dos Santos Guaraldo

Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

## **Dedicatória**

Ao meu grande amigo de vida, Tales Henrique de Souza e Souza (*in memoriam*), que desde sempre foi exemplo de esperança, fé e força.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter sido sustento durante todos esses anos e por ter guiado meus passos até aqui.

Aos meus pais, Angela e Adilson, por toda a luta e dedicação para que eu chegasse até aqui, por sempre apoiarem e viverem comigo cada um dos meus sonhos, essa vitória é de vocês. Aos meus irmãos, Pedro Luiz e Luiz Paulo, agradeço por todo apoio, compreensão e por estarem comigo em todos os momentos. A minha avó Sebastiana, meus padrinhos Inês e Sebastião e demais familiares, cada um que à sua forma sempre confiaram em mim e em meus sonhos por meio de tanto apoio, sorrisos e abraços. A meus avós Alice e Joaquim (*in memoriam*), que em vida sempre me incentivaram e hoje, de onde quer que estejam, são presença constante nos meus dias.

À amiga Leticia, que embarcou e sonhou junto a mim nesta jornada, me proporcionando alcançar metas que antes eram sonhos, um exemplo de pessoa e profissional a ser seguido. Ao meu amigo Wagner, que tantas vezes foi sustento, calma, motivação e presença de Deus nos meus dias. Ao Octávio, por todo o companheirismo, carinho e apoio, que tantas vezes foi calmaria nos momentos de incertezas. Ao meu amigo Igor, companheiro de estudos e dos muitos momentos de descontração, por tantas vezes ter acreditado em mim quando eu mesma não acreditava e por nunca ter me permitido desistir diante das dificuldades. As minhas amigas Amanda, Geisiane e Larissa, por serem representação da amizade e do amor na minha vida, por me inspirarem a ser uma pessoa melhor a cada dia e a lutar pelos meus sonhos. Aos meus amigos Pâmela, Daniel, Mariana, Luan, Thaysla, Thielle, Luana, Samuel, Hevelyn, Pedro, Gustavo, Laura, Peterson, Ana Paula e Jéssica, que foram representação do amor, confiança e acolhimento, e aqui representam todas as demais pessoas que de alguma forma também fazem parte desta conquista. Aos amigos e colegas de curso Ana Carolina, Osvander, Michel, Thaini e Luiz, por toda amizade construída ao longo dos anos, pela parceria e por terem contribuído para a conclusão desta etapa.

À Universidade Federal de Lavras, professores, técnicos administrativos e funcionários terceirizados, por toda a dedicação para que nossa passagem pela universidade seja proveitosa e que muitos frutos dela sejam colhidos.

À minha orientadora, Dra. Prof. Heloísa Oliveira dos Santos, por todo o conhecimento compartilhado, por todos os ensinamentos acadêmicos e de vida, por todas as oportunidades de crescimento, por ser confiança, pelas muitas palavras de incentivo, acolhimento e sorrisos. E à minha coorientadora, Marília Mendes dos Santos Guaraldo, por todo o cuidado, atenção e

carinho na confecção deste trabalho. A todo o grupo de pesquisa da Prof. Heloísa, técnicos, funcionários e colegas do Laboratório Central de Pesquisas em Sementes pelos conhecimentos e momentos compartilhados.

A todas as pessoas, profissionais, empresas, órgãos públicos, os núcleos de estudos NEFRUT e NESF, a partir dos quais tantas portas foram abertas através por meio da oportunidade de aprender cada dia mais e contribuindo para o meu crescimento pessoal e profissional.

A todos os órgãos de fomento que fizeram possível a realização deste trabalho.

A todos vocês o meu **MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A cultura do algodão apresenta grande importância no cenário agrícola mundial e nacional, visto que de sua produção podem ser obtidos uma gama de produtos, como a fibra, alimento animal e óleo. Os países responsáveis pelas maiores produções de algodão são Índia, China, Paquistão e Estados Unidos, sendo que o Brasil vem se destacando cada vez mais em termos de produção, mantendo-se assim entre os cinco maiores produtores e destacando-se também como um dos grandes exportadores. Desta forma, a busca e investimentos em tecnologias que proporcionem melhor desempenho da cultura no campo e na qualidade da fibra produzida são de grande importância. Na cotonicultura a produção e a produtividade podem ser afetadas de forma direta pela ação de diversos fatores bióticos e abióticos. O déficit hídrico e salinidade são exemplos de estresses que podem afetar de forma negativa o cultivo do algodão, visto que ciclo de desenvolvimento da cultura é dependente da ocorrência de chuvas regulares e a presença de sais no solo pode ser um empecilho para a produção. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho analisar a eficiência do condicionamento fisiológico das sementes de algodão, a partir do uso das moléculas de ácido indol-acético, peróxido de hidrogênio, quitosana, melatonina e solução doadora de ON (nitroprussiato de sódio) como moléculas sinalizadoras para indução a tolerância ao déficit hídrico e estresse salino. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) da Universidade Federal de Lavras, utilizou-se sementes de algodão da variedade DP 1536 B2RF, produzidas na safra 2020/2021. Antecedendo ao processo de condicionamento fisiológico, as sementes foram deslintadas utilizando ácido sulfúrico concentrado e, após o condicionamento fisiológico, foram avaliados o teor de água, primeira contagem de germinação, porcentagem média de germinação, comprimento de parte aérea e comprimento de raiz. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, em esquema fatorial (7x3), sendo seis condicionantes e um tratamento com sementes não condicionadas, para três condições de germinação: germinação em água, germinação em déficit hídrico e germinação em estresse salino. As médias foram submetidas à análise de variância por meio do uso do software SISVAR, sendo aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O uso de moléculas condicionantes proporciona benefícios as sementes de algodão na germinação e no desenvolvimento de plântulas.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*. Estresses abióticos. Condicionamento fisiológico.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do algodão e sua importância .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Déficit hídrico na cultura do algodão .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Estresse salino na cultura do algodão.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Condicionamento fisiológico e moléculas sinalizadoras .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O algodão (*Gossypium hirsutum*), pertence à família Malvaceae e é uma das espécies mais cultivadas desta família. Seu cultivo está presente em todo o mundo, sendo responsável pela produção mundial de fibras, fato que se deve a sua adaptabilidade as condições climáticas tropicais e ao grande volume de produção (MARQUES FILHO et al., 2020).

A cotonicultura representa um dos ramos agrícolas de grande importância socioeconômica, além de fonte de empregos e renda (JÚNIOR et al., 2018). No Brasil, o cultivo do algodão teve início no século XVIII, sendo o primeiro grande produtor nacional o estado do Maranhão (AMAPASUL, 2020).

A partir do algodão se obtém uma das fibras mais antigas conhecidas e de grande importância para a indústria. O algodoeiro é cultivado em quase todo o mundo e caracteriza-se como sendo uma fibra natural e de origem vegetal, de onde além da fibra, podem ser obtidos óleo e proteína (ALANE & PANDOLFI, 2018).

No processo de beneficiamento do algodão são obtidos como subprodutos o caroço, fibrilha e fibra. O caroço é utilizado na alimentação animal, no processo de esmagamento e no de deslinteramento. O processo de deslinteramento ocorre a obtenção do linter, que pode ser empregado em diferentes processos industriais (ALVES et al., 2021). A fibrilha são fibras e resíduos obtidos no processo de beneficiamento do algodão, sendo destinada para indústria e utilizadas na fabricação de tecidos rústicos e/ou decorativos, produtos de sacaria e panos de prato (ALVES et al., 2021; INCOFIBRAS, 2022). Já fibra do algodão está presente em diversos produtos utilizados no cotidiano, uma vez que é empregada na indústria têxtil e apresenta maior valor agregado (ALVES et al., 2021).

Visando o processo produtivo e o êxito na instalação da lavoura, o uso de sementes de qualidade apresenta grande importância no estabelecimento da cultura (SILVA et al., 2020c). Estas sementes devem apresentar os atributos de qualidades fisiológicas, físicas, genéticas e sanitárias, levando assim ao campo todo seu potencial agrônomo (KRZYZANOWSKI et al., 2018).

Durante seu desenvolvimento, as plantas crescem e se reproduzem em ambientes adversos, na presença de fatores abióticos, que podem ser químicos ou físicos, variando de acordo com o tempo e localização geográfica. Desta forma, a luz, água, dióxido de carbono, oxigênio, nutrientes no solo, temperatura, metais pesados e salinidade são fatores que afetam o crescimento das plantas e que promovem efeitos negativos na fisiologia e bioquímica das plantas (TAIZ et al., 2017).

As condições ideais para o desenvolvimento de uma planta são definidas como sendo aquelas que proporcionam o seu máximo crescimento e potencial reprodutivo. Condições não ideais para o desenvolvimento são definidas como estresse (TAIZ et al., 2017). Entretanto, no campo raramente as sementes serão expostas a condições ideais para que ocorra a germinação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Quando em condições de estresse, o condicionamento fisiológico de sementes tem sido utilizado com o intuito de promover uma melhor eficácia na germinação e emergência no campo (KUBALA et al., 2015). Após o condicionamento, os benefícios podem estar relacionados a mecanismos de proteção e reparo, que resultara as sementes uma aclimatação, permitindo que estas tolerem estresses na sementeira e no armazenamento (SILVA et al., 2020a). Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar o uso de moléculas sinalizadoras para a indução de tolerância ao déficit hídrico e estresse salino em sementes de algodão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do algodão e sua importância

O algodão (*Gossypium hirsutum*) é uma cultura de grande importância quando se trata da produção de fibras, sendo produzido nos cinco continentes e por mais de 60 países (ABRAPA, 2021). Os cinco maiores produtores de fibra de algodão do mundo são Índia, Estados Unidos, China, Paquistão e o Brasil (ABRAPA, 2021). No mundo cerca de 35 milhões de hectares de algodão são cultivados todos os anos movendo em torno de 12 bilhões de dólares, envolvendo em todo o ciclo de produção da cultura cerca de 350 milhões de pessoas (ABRAPA, 2021).

No cenário agrícola mundial e nacional a cotonicultura tem influência direta na economia e é considerada uma commodity de grande importância no setor, sendo que os produtos obtidos de seu cultivo são presença comum no dia a dia da população (ALANE et al., 2019). Dentre os produtos provenientes da produção do algodão, o caroço pode ser empregado na pecuária como suplementação proteica, na produção de óleo e biodiesel. Já a fibra do algodão tem importância por ser matéria prima fundamental para a indústria têxtil, sendo a maior consumidora do produto, além de seu uso em outros diversos ramos industriais como na fabricação de móveis e estofamento para veículos (AMIPA, 2021).

No Brasil a safra 2020/2021 de algodão a produção total foi de 2.340,6 mil toneladas de pluma ou 5.753,2 mil toneladas de algodão em caroço, sendo cultivada em todo o país uma área de 1.365,5 mil hectares e com produtividade de 1.714 kg por hectare. Para o ano de 2021, a exportação de pluma foi de 2,1 milhões de toneladas (CONAB, 2021a).

Dentre os estados brasileiros com áreas destinadas a cotonicultura, o Mato Grosso destaca-se como o principal produtor de algodão do país, alcançando na safra 2020/2021 produção final de 3.922,9 mil toneladas de algodão em caroço e 1.608,4 mil toneladas de algodão em pluma. No estado de Minas Gerais a área destinada, nesta safra, ao cultivo do algodão foi em torno de 30,2 mil hectares e apresentou rendimento médio, até o mês de agosto de 2021, de 3.723 kg por hectare (CONAB, 2021a).

De acordo com o levantamento da safra 2021/2022 realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, as lavouras de algodão classificadas como de primeira safra começaram a ser implantadas em todo o país com o plantio ocorrendo até o mês de dezembro. Para este ciclo as perspectivas iniciais foram de um aumento de 9,1% na área de plantio de algodão quando comparado a safra anterior, estimando-se em todo o território nacional uma área total de 1.495 mil hectares destinados a cultura (CONAB, 2021b).

Já a produtividade foi estimada por meio do uso de métodos estatísticos, com perspectivas de um aumento de 1,5%, levando a uma produção de 2,61 milhões de toneladas, representando aumento de 10,7% em relação a produção da safra 2020/2021 (CONAB, 2021b).

Devido a expansão das áreas de cultivo faz-se necessário o aprimoramento e investimentos em tecnologias direcionadas ao sistema de produção. Associado ao bom desempenho produtivo de qualquer cultura está o uso de sementes de qualidade, visando êxito no desempenho da lavoura, emergência uniforme de plântulas, plantas vigorosas, proporcionando ainda uma produção rentável (NUNES et al., 2015; MENDONÇA et al., 2008). A semente, enquanto insumo agrícola, irá contribuir para que se leve ao campo as características genéticas referentes ao desempenho das cultivares (MARCOS FILHO, 2005).

## **2.2 Déficit hídrico na cultura do algodão**

Dentre os fatores ambientais a disponibilidade hídrica, temperatura, luminosidade, salinidade, disponibilidade de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, são fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento das plantas uma vez que favorecem a distribuição geográfica, o crescimento e produtividade. Sendo assim, alterações causadas por fatores externos que reflitam de forma negativa na fisiologia da planta e que possam contribuir para ocorrência de mudanças morfofisiológicas de uma planta podem ser definidas como estresse, uma vez que se diferem das condições ideais para o desenvolvimento (BITTENCOURT et al., 2018; BROETTO et al., 2017).

Júnior et al. (2018) define o termo estresse como sendo tudo o que foge as condições ideais para o desenvolvimento de uma planta. Desta forma, a disponibilidade hídrica representa um dos fatores que acarreta a ocorrência de estresse nas plantas, uma vez que os danos podem ocorrer pelo excesso e pela falta de água, limitando assim o desenvolvimento e a produção (JÚNIOR et al., 2018; CAMPOS et al., 2021).

Campos et al. (2021) destaca a importância da água para o desenvolvimento das plantas, visto que esta atua em diversos processos fisiológicos, como no processo de fotossíntese, no transporte e absorção de nutrientes. A água compõe a maior parte do volume celular das plantas, sendo fundamental para o desenvolvimento e produção vegetal. E é também um fator limitante para as culturas uma vez que a baixa disponibilidade hídrica pode afetar todos os estádios fenológicos da planta (BITTENCOURT et al., 2018).

O estabelecimento das plântulas é considerado um dos períodos chave para o desenvolvimento da cultura do algodão no campo. Sendo assim, a indisponibilidade de água

pode afetar a velocidade de germinação e até mesmo impedir sua ocorrência (ECHER et al., 2010).

Na cultura do algodão são observadas diferenças em relação a necessidade hídrica exigida de acordo com o estágio fenológico da planta. Onde nos estádios fenológicos iniciais o algodoeiro exige uma menor demanda hídrica quando comparada ao período de floração (CARVALHO et al., 2013). Durante o período de floração do algodoeiro, a planta exigirá uma maior quantidade de água, pouco antes e durante a fase do surgimento do primeiro botão floral (BALDO et al., 2009).

Sendo assim, a ocorrência do déficit hídrico na cultura do algodoeiro promove a redução do desenvolvimento das plantas. Bem como o encurtamento das fibras do algodão, queda das flores e frutos (BALDO et al., 2009). Durante a implantação de uma cultura, é preciso que se leve em consideração a necessidade hídrica e que se conheça o volume de água necessário durante todo o ciclo de desenvolvimento desta, visando assim a obtenção dos níveis produtivos esperados dentro de cada sistema de produção (CARVALHO et al., 2013).

### **2.3 Estresse salino na cultura do algodão**

A tolerância a salinidade pode ocorrer durante todo o ciclo vegetativo, dentre as diversas culturas com potencial agrícola, durante o processo germinação e/ou nas demais fases de desenvolvimento. As plantas podem ser moderadamente sensíveis ou moderadamente tolerantes à presença de sais. O algodoeiro, é considerado uma planta tolerante a salinidade, no entanto, na ocorrência de elevado estresse salino pode apresentar redução no crescimento e na produção (CAVALCANTE et al., 2021).

Em solos destinados ao cultivo agrícola a presença de sais em excesso é considerada um dos principais empecilhos para a produção. Em regiões áridas e semiáridas esta situação apresenta maior relevância, visto que tanto o solo quanto a água utilizada para a irrigação tendem a ser salinos. Sendo assim, é um estresse abiótico que influencia diretamente no crescimento e na produtividade de diversas culturas em todo o mundo (SOUSA et al., 2019; LIMA et al., 2019).

Quando expostas ao estresse salino as plantas podem apresentar diferentes tipos de respostas, que podem ser expressas em processos fisiológicos e bioquímicos, abrangendo mudanças na morfologia e no crescimento destas plantas. Desta forma, as alterações metabólicas acarretadas pela salinidade são resultantes de diversas reações fisiológicas nas

plantas, destacando-se alterações no crescimento, no comportamento dos estômatos e na capacidade da realização de fotossíntese (DANIEL et al., 2021).

A presença de salinidade nos solos, quando em altas concentrações, representa um fator causador de estresse as culturas. Uma vez que acarreta a redução do potencial osmótico da solução do solo, restringe a disponibilidade de água e/ou no acúmulo de íons nos tecidos vegetais, podendo levar a ocorrência de toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional nas plantas (LIMA et al., 2019).

Para Che-Othman e colaboradores (2017), a ocorrência do estresse salino pode ser definida como a desaceleração do crescimento da parte aérea e radicular. Ainda segundo os autores, a redução do processo de fotossíntese e a realocação da respiração do crescimento para a manutenção das plantas.

Os altos índices de salinidade no solo, no processo fotossintético causam o fechamento dos estômatos e estresse oxidativo, promovendo a ocorrência de espécies reativas de oxigênio. No sistema radicular, afeta o processo de transpiração, processo este fundamental para a regulação e manutenção de água nas plantas. (SOUSA et al., 2019).

Nas sementes, o estresse salino resulta em problemas relacionados a germinação, uma vez que os altos níveis salinos causam a diminuição do potencial osmótico do substrato, dificultando a absorção de água pelas raízes e causando toxidade ao embrião devido as altas concentrações de íons. A redução na porcentagem e velocidade de germinação, e na formação de plântulas ocorre quando o potencial osmótico é baixo, sendo este inferior ao potencial osmótico das células do embrião (OLIVEIRA et al., 2017).

## **2.4 Condicionamento fisiológico e moléculas sinalizadoras**

A utilização de ferramentas que possibilitem a expressão de características como a tolerância ao déficit hídrico e estresse salino é uma necessidade para a agricultura em âmbito mundial. Como, por exemplo, o uso do melhoramento clássico, do melhoramento com uso de técnicas biotecnológicas e pela adoção da técnica do condicionamento fisiológico utilizando moléculas que sejam capazes de reduzir nas plantas os efeitos causados por estresses (VERONEZE-JÚNIOR et al., 2020).

O uso de sementes apresenta dificuldades relacionadas a ocorrência de desuniformidade no processo de germinação destas no campo. Uma vez que dentro de um lote de sementes são encontrados indivíduos em diferentes condições fisiológicas, podendo ocorrer e afetar diversas espécies (JÚNIOR et al., 2009).

No campo, a desuniformidade no processo de germinação pode também ser acarretada devido a condições não ideais ao desenvolvimento das sementes. Desta forma, o condicionamento fisiológico de sementes é uma técnica que vem sendo empregada visando uniformizar a germinação e a emergência de plântulas no campo (LOPES, 2013).

O termo condicionamento fisiológico pode ser descrito como sendo o conjunto de técnicas que são utilizadas para melhorar o desempenho de sementes. Este processo favorece a germinação, a sanidade, o desenvolvimento de plântulas, as características físicas e ainda interfere nas relações entre as sementes e o ambiente (MARCOS FILHO, 2005). Desta forma, o processo de condicionamento fisiológico se dá pelo controle da hidratação das sementes durante intervalos determinados de tempo e temperatura, permitindo assim a ocorrência dos processos metabólicos pré-germinativos, sem que ocorra a emergência de radícula (QUEIROGA et al., 2011; JÚNIOR et al., 2009).

Visando reduzir o tempo de exposição das sementes e padronizar o processo de germinação, estudos sobre condicionamento fisiológico tornam-se cada vez mais importantes para combater os efeitos negativos causados por ambientes desfavoráveis. O estudo de moléculas naturais e produtos químicos sintéticos que proporcionem o aumento a tolerância ao estresse também se torna necessário, principalmente os relacionados ao processo de germinação e estabelecimento de plantas. A ação destes produtos contra estresses abióticos está associada aos mecanismos de defesa, ou seja, atuam como moléculas sinalizadoras da indução de rotas de proteção oxidativa (PIRES et al., 2016a). E dentre as moléculas sinalizadoras que podem ser utilizadas para tal processo, pode-se citar o ácido indolacético, o peróxido de hidrogênio, a quitosana, a melatonina e solução doadora de ON – nitroprussiato de sódio

O ácido indol-3-acético (AIA) é um hormônio vegetal e uma das principais auxinas presente nas plantas. Este se faz presente no crescimento, desenvolvimento e em diversos em processos fisiológico das plantas, sendo de grande importância na formação do xilena e sistema radicular, além de estar envolvido no alongamento e divisão celular, diferenciação dos tecidos, fototropismo, gravitropismo e resposta defensivas (VEGA-CELEDÓN et al., 2016).

Estudos realizados por Zhang e colaboradores (2020), apontam que o uso da auxina AIA pode representar um efeito positivo nas plantas quando expostas ao estresse hídrico. Uma vez que o uso de fitohormônios como o AIA, ácido abscísico, citocinina, ácido salicílico, giberelina e ácido jasmônico podem modular nas plantas a tolerância a este tipo de estresse.

O peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) representa uma forma reativa de oxigênio, podendo ser sintetizado nas plantas por meio de vias enzimáticas e não enzimáticas, atuando de forma considerável nos processos fisiológicos e desenvolvimento das plantas, dentre eles a

germinação de sementes, desenvolvimento do sistema radicular e floração (NIU et al., 2016). No processo de germinação a produção de espécie reativas de oxigênio podem ser benéficas, desde que haja equilíbrio entre a produção e sua eliminação. A molécula de  $H_2O_2$ , assim como as demais espécies reativas, se acumula durante o processo germinativo de diversas espécies, favorecendo a germinação em sementes com ou sem dormência (BARBA-ESPIN et al., 2011).

O  $H_2O_2$  funciona como uma molécula sinalizadora, respondendo a diversos estímulos nas células vegetais, resultando em uma sinalização metabólica na célula. Proporcionando a planta um melhor desempenho fisiológico quando em condições de estresse (NIU et al., 2016; ANDRADE et al., 2018). A quitosana, é um biopolímero muito empregado nas indústrias de cosméticos, têxtil e alimentícia, bem como na agricultura (GALINDO et al., 2020). Soares et al (2014) constatou que o uso da quitosana na agricultura favorece as culturas de forma benéfica, uma vez que atua no crescimento e desenvolvimento das plantas.

De acordo com Lizárraga-Paulín e colaboradores (2011), por ser uma molécula que possui propriedade antimicrobianas, a quitosana apresenta bons resultados no combate a ocorrência de microrganismos, na conservação de frutas, hortaliças e sementes. O seu uso em sementes demonstrou uma redução na quantidade de fungos patogênicos em grãos armazenados, além de uma maior eficácia na germinação. Além de atuar na defesa contra fitopatógenos, a quitosana atua também promovendo o crescimento e desenvolvimento de plantas expostas a estresses, como o déficit hídrico, por meio da indução de indicadores de estresse e sistema antioxidante (VERONEZE-JÚNIOR et al., 2020). Visando beneficiar o processo de germinação das sementes, a molécula de quitosana tem sido empregada em estudos *in vitro* e em campo. Ao ser utilizada com revestimento para as sementes proporciona proteção, influência de forma positiva nas taxas de germinação, bem como no crescimento das plantas, gerando maior produção das culturas (LIMA et al., 2022).

A melatonina, em espécies vegetais foi identificada pela primeira vez no ano de 1995 em estudos conduzidos por Dubbels et al. (1995) e Hattori et al. (1995), sendo uma molécula derivado do triptofano e comportando-se como um regulador durante o crescimento e desenvolvimento das plantas. Ela é encontrada nas folhas, raízes, caules, frutos e sementes de diversas espécies (WANG et al., 2018). Em vegetais, a ação da molécula melatonina é menos conhecida quando comparada a sua ação em animais. No entanto, sabe-se que está molécula tem papel importante em diversas etapas do desenvolvimento das plantas, mostrando-se essencial a proteção destas quando expostas a estresses bióticos e abióticos. Quando fornecida as plantas de forma exógena ou produzida de forma endógena, é capaz de aumentar a tolerância a estresses abióticos causados por temperatura, estresse hídrico, salinidade e a presença de

mentais tóxicos, além de estresses bióticos, que por sua vez podem ser causados pela ação de vírus, bactérias e fungos (GONZÁLEZ RODRÍGUEZ et al., 2020; TAN, 2015). Além de atuar promovendo melhorarias na germinação de sementes, no crescimento e na reprodução das plantas, a melatonina também atua no amadurecimento dos frutos, na fotossíntese, desenvolvimento das raízes e na produção de biomassa (TAN, 2015; SHARIF et al., 2018).

O óxido nítrico (ON), é uma molécula multifuncional presente em diversos processos fisiológicos em animais e vegetais. Sua aplicação em sementes, por meio da solução doadora de ON - nitroprussiato de sódio (SNP), proporciona uma maior germinação e em maior velocidade. Nas plantas, a molécula de ON tem se destacado por favorecer a germinação de sementes em condições de estresse, além de estar relacionada ao aumento da tolerância a estresses bióticos e abióticos, como a tolerância a seca, calor e salinidade (SEKITA, 2013; SILVA, 2015).

Inúmeros estudos acerca do uso do ON têm sido realizados, uma vez que tal molécula é classificada como sendo de ação sinalizadora nas plantas. Um elemento essencial nas respostas a estresses tanto bióticos quanto abióticos e se faz presente em várias fases do desenvolvimento das plantas. (PIRES et al., 2016b).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS), do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de algodão (*Gossypium hirsutum*) deslintadas da variedade DP 1536 B2RF, safra 2020/2021, disponibilizadas pela Cooperativa de Produtores Rurais de Catuti, situada no município de Catuti, Minas Gerais.

As sementes passaram pelo processo de condicionamento onde foram empregadas as soluções aeradas de ácido indo acético (100  $\mu$ M), peróxido de hidrogênio (100  $\mu$ M), quitosana (0,75 mM), melatonina (1 mM) e solução doadora de ON (nitroprussiato de sódio) (100  $\mu$ M), a uma temperatura de 20°C, durante um período de 24 horas. Concluído o condicionamento fisiológico, as sementes foram lavadas utilizando água destilada, sendo realizado a remoção do excesso de água em estufa de circulação de ar. Em seguida, foi determinado o teor de água destas sementes.

No teste de teor de água, realizado conforme a metodologia descrita pela RAS – Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) utilizou-se o método da estufa a 105 °C, que foi empregado a fim de avaliar o teor de água das sementes de todos os tratamentos. O teste foi realizado pós condicionamento fisiológico e pós secagem das sementes. A secagem das sementes foi realizada em estufa de circulação forçada de ar, regulada a 25 °C durante 24 horas. As sementes não condicionadas também foram submetidas ao processo de secagem, objetivando uniformizar o teor de água entre os tratamentos.

As sementes condicionadas e não condicionadas (controle), foram sujeitas a condição de restrição hídrica, condição está induzida pelo uso do polietileno glicol 6000 – PEG, -0,6MPa (OLIVEIRA et al., 2017), condição de estresse salino, induzida pelo uso da solução de NaCl 10 dS m<sup>-1</sup> (LOPES e SILVA, 2010) e condição controle, utilizando água destilada. O PEG 6000 não causa danos as sementes e simula de forma satisfatória os efeitos do déficit hídrico sobre o processo de germinação das sementes (QUEIROGA et al., 2011), já a solução de NaCl elava o teor de sais no substrato, inibindo a germinação devido à diminuição do potencial osmótico (OLIVEIRA et al., 2017).

Para o teste de germinação foram utilizadas oito repetições de 25 sementes cada. A semeadura foi realizada em papel germitest, sobre duas folhas e sobreposta por mais uma folha. As folhas foram umedecidas, com o equivalente a 2,5 vezes ao peso do papel seco para cada condição, com as soluções de polietileno glicol 6000, NaCl e água destilada. Permaneceram em germinadores do tipo Mangelsdorf, em temperatura de 25 °C e luz constante. A primeira

avaliação da germinação foi realizada aos 4 dias após a semeadura e a avaliação final aos 7 dias após a semeadura, de forma adaptada a RAS. (BRASIL, 2009).

Para a análise de imagens de plântulas, foram utilizadas dez repetições de uma plântula cada. A semeadura, assim como para o teste de germinação, foi realizada utilizando papel germitest sobre duas folhas e sobrepostas com mais uma folha, as folhas foram umedecidas com o equivalente a 2,5 vezes ao peso do papel seco para cada condição, com as soluções de polietileno glicol 6000, NaCl e água deslitada. Permaneceram em germinador tipo Mangelsdorf com temperatura de 25 °C e luz constante. Os rolos foram mantidos em sacos plásticos a fim de evitar a ocorrência de perda de umidade do substrato. As plântulas utilizadas para a obtenção de imagens foram obtidas aos 4 dias após a semeadura, equivalente ao período de primeira contagem de germinação (BRASIL, 2009).

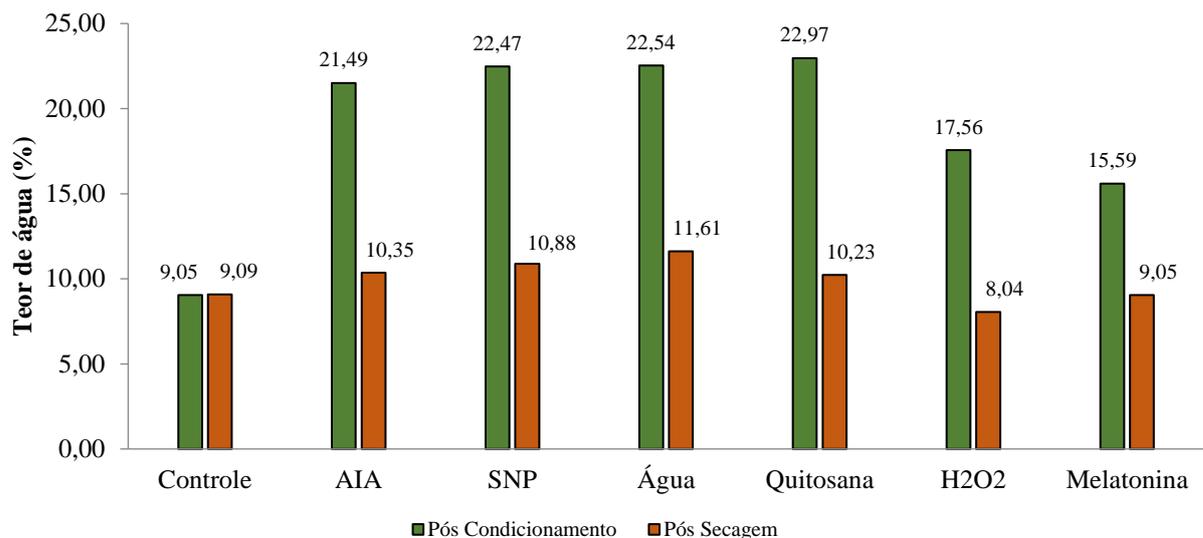
Para a captura das imagens foi utilizado o sistema GroundEye®, versão S800, composta por um módulo de captação que possui uma bandeja de acrílico, uma câmera de alta resolução e software integrado para avaliação. Após a retirada das plântulas do papel germitest, estas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção das imagens. Para a etapa de configuração da análise, utilizou-se a calibração da cor de fundo, índice de luminosidade, dimensão “a” e dimensão “b”. Depois da calibração da cor do fundo, foi realizada a análise das imagens, sendo extraídos os valores de comprimento da raiz e comprimento de parte aérea.

Nas análises das sementes de algodão foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições, em esquema fatorial (7x3), sendo seis condicionantes e um tratamento com sementes não condicionadas, para três condições de germinação: germinação em água, germinação em condição de restrição hídrica e germinação em condição de estresse salino. As médias foram submetidas à análise de variância por meio do uso do software SISVAR, sendo aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o condicionamento fisiológico o teor de água nas sementes de algodão (FIGURA 1) variou em relação ao condicionante utilizado. Maiores porcentagens de teor de água foram observadas nas sementes tratadas com quitosana, água, SNP e AIA. O processo de secagem foi realizado com o intuito de padronizar o teor de água nas sementes, desta forma após a secagem os valores variaram entre 8,04 e 11,61%, sendo o menor valor referente a solução contendo  $H_2O_2$  e o maior a solução contendo água. Nas sementes que não foram submetidas ao condicionamento fisiológico, condição de controle, não houve diferença no teor de água pós condicionamento e pós secagem.

**Figura 1** – Teor de água de sementes de algodão, antes e após a secagem, sem serem submetidas ao condicionamento fisiológico (controle) e submetidas ao condicionamento nas soluções de ácido indol acético (AIA), nitroprussiato de sódio (SNP), água, quitosana, peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e melatonina.



Fonte: Da autora (2021).

Concluído o condicionamento fisiológico torna-se possível a secagem das sementes a níveis desejáveis para o armazenamento e comercialização (RIBEIRO et al., 2019). Mantendo os benefícios do condicionamento fisiológico, o processo de secagem é realizado de forma que a ativação do metabolismo adquirido durante a embebição não seja interrompido, possibilitando o armazenamento destas sementes por tempo determinado até o momento de sua semeadura (WOJTYLA et al., 2016).

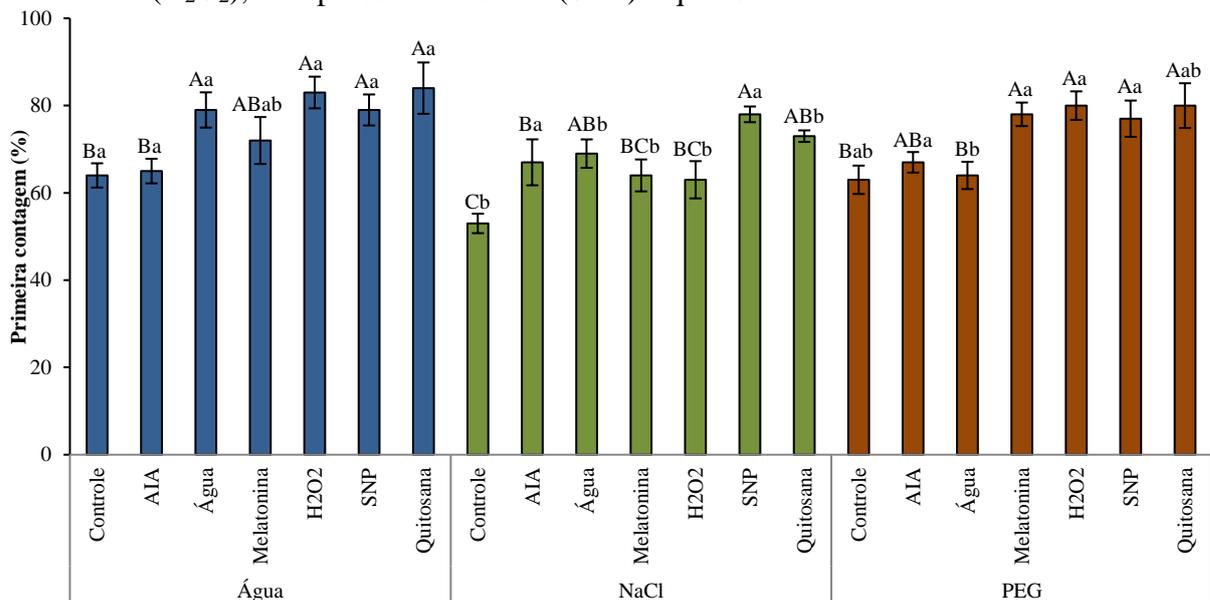
No teste de germinação, a primeira contagem (FIGURA 2) realizada aos 4 dias após a semeadura, observou-se diferença no número de sementes de algodão germinadas de acordo com o condicionante utilizado e dentro de cada condição de germinação.

Nas sementes germinadas em água, os tratamentos utilizando quitosana, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, SNP e água foram observadas as maiores porcentagens de germinação dentro desta condição de germinação, quando comparados ao tratamento utilizando AIA e o controle que demonstraram os menores resultados.

Em condição de estresse salino na solução condicionante contendo SNP foram observadas maiores porcentagens de germinação das sementes e no controle (sem condicionamento) as menores porcentagens de germinação das sementes de algodão quando exposto a esta condição de estresse.

Na condição de restrição hídrica, as sementes condicionadas em soluções de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, melatonina, quitosana e SNP demonstraram resultados maiores na germinação, enquanto nas sementes condicionadas em água e no controle observou-se menores resultados de germinação.

**Figura 2** – Primeira Contagem do teste de germinação de sementes de algodão, germinadas em água, estresse salino (NaCl) e restrição hídrica (PEG), sem serem submetidas ao condicionamento fisiológico (Controle) e submetidas ao condicionamento nas soluções de ácido indol acético (AIA), água, melatonina, peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), nitroprussiato de sódio (SNP) e quitosana.



Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula entre soluções condicionantes (dentro de cada condição) e minúscula entre condições para germinação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

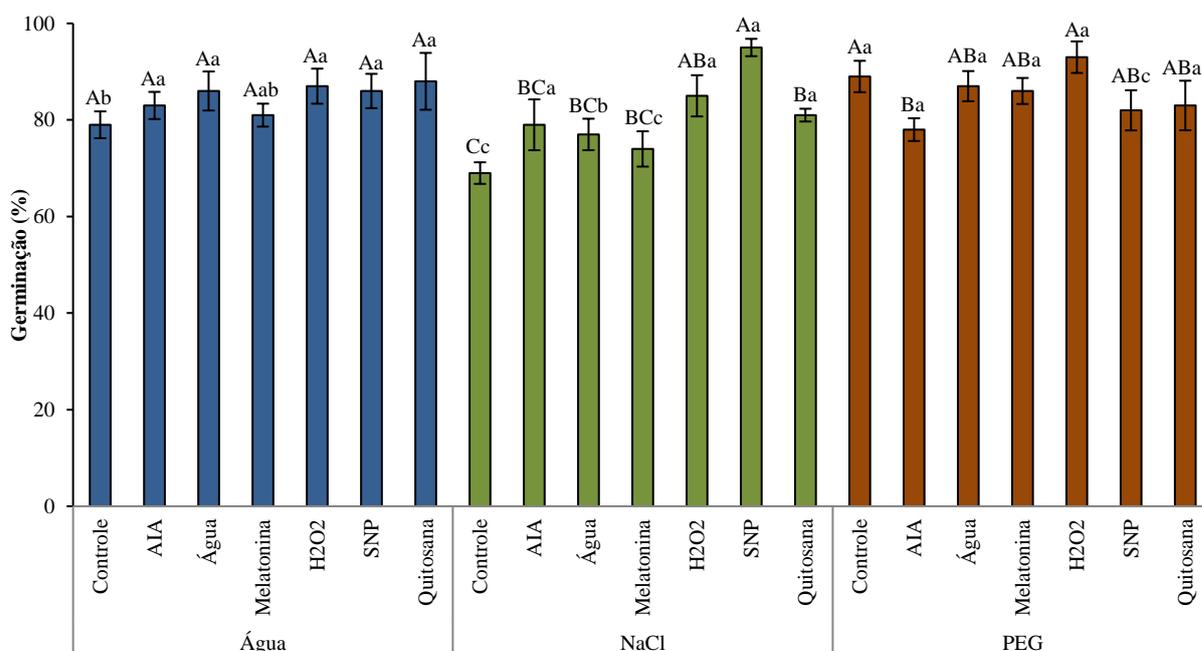
Dentre os tratamentos e as condições de germinação as quais as sementes de algodão foram submetidas, a molécula de SNP destacou-se, uma vez demonstrou maiores resultados na porcentagem de sementes germinadas em todas as condições.

Em sementes de gergelim (*Sesamum indicum L.*) submetidas ao déficit hídrico, observou-se que quando germinada em água (condições ótimas) se obteve maiores porcentagens de germinação, porém, em condição de estresse ocorreu a redução destes valores. O uso do SNP, em condições ideais não afetou a germinação e nas condições de estresse testadas observou-se um aumento significativo nas porcentagens de germinação. Na primeira contagem de germinação, a restrição hídrica induzida pelo PEG 6000 causou a redução da velocidade de germinação, porém o uso do SNP proporcionou um aumento na germinação. (PIRES, 2014c).

Após o tratamento utilizando SNP as sementes de *Urochloa brizantha cv. Marandu* quando expostas as condições de déficit hídrico e estresse salino, constatou-se na primeira contagem de germinação valores superiores de germinação e nas sementes germinadas em água um aumento significativo do vigor (OLIVEIRA, 2020).

Na porcentagem média de sementes de algodão germinadas (FIGURA 3), na condição de sementes germinadas em água, com e sem condicionamento fisiológico, não foi observada diferença significativa nas porcentagens de germinação entre os tratamentos testados nesta condição.

**Figura 3** – Porcentagem média de germinação de sementes de algodão, germinadas em água, estresse salino (NaCl) e restrição hídrica (PEG), sem serem submetidas ao condicionamento fisiológico (Controle) e submetidas ao condicionamento nas soluções de ácido indol acético (AIA), água, melatonina, peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), nitroprussiato de sódio (SNP) e quitosana.



Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula entre soluções condicionantes (dentro de cada condição) e minúscula entre condições para germinação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

A solução de SNP mostrou maiores porcentagens médias na germinação das sementes em condição do estresse induzido pelo uso do NaCl, proporcionando aumento na porcentagem de sementes germinadas quando comparadas ao controle, que obteve a menor porcentagem de germinação.

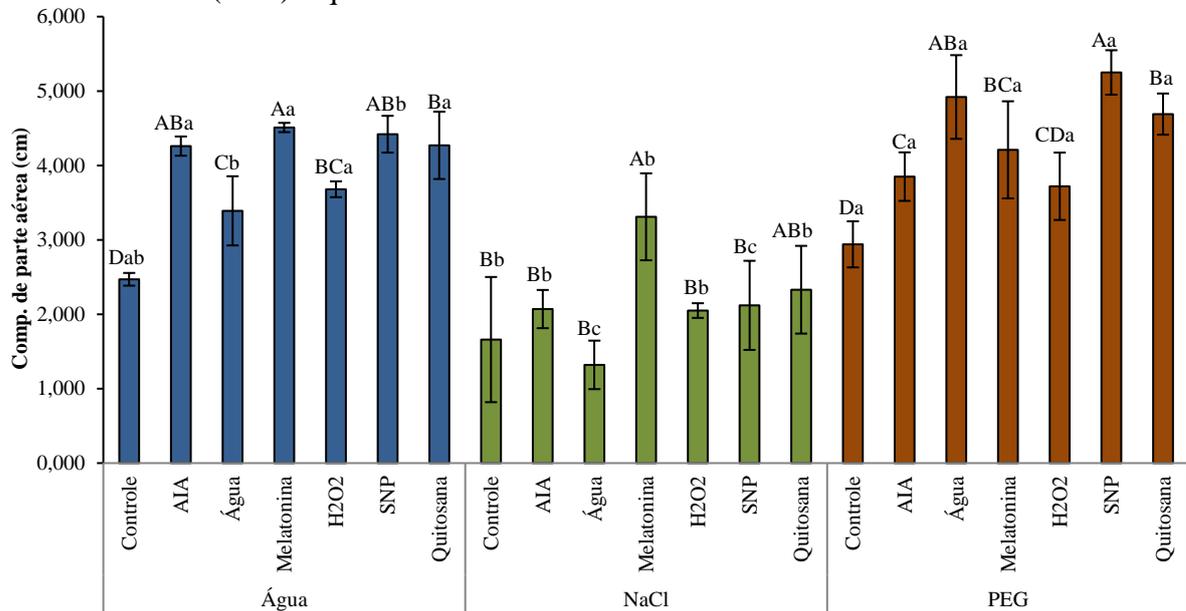
Na condição de restrição hídrica, com o tratamento utilizando H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foram obtidas maiores porcentagens de germinação, bem como no controle. No entanto, o tratamento utilizando AIA mostrou menores resultados na germinação para as sementes expostas a este tipo de estresse. Visando a indução de tolerância a estresses, importância nos processos fisiológicos fundamentais as plantas e a sua ação sinalizadora nas plantas, o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tem sido amplamente empregado. O seu uso em diferentes concentrações na realização de pré-tratamento de sementes de soja (*Glycine max*) objetivando a indução de tolerância ao déficit hídrico constatou-se que em menores concentrações foram obtidas porcentagens de germinação acima da 91% (OLIVEIRA, 2019).

Nas sementes germinadas em condição de estresse salino, observa-se porcentagens médias de germinação inferiores ou iguais quando comparadas as demais condições de germinação, com exceção ao tratamento que utilizou SNP. Em condição de salinidades, as sementes sofrem influência de forma significativa, visto que o excesso de sais, como o NaCl, pode provocar a inibição da germinação devido a redução do potencial osmótico, acarretando prejuízos as demais fases de desenvolvimento (HARTER et al., 2014).

No comprimento de parte aérea de plântulas de algodão (FIGURA 4), as plântulas obtidas a partir da condição de germinação em água, sementes condicionadas em solução contendo melatonina obtiveram maiores resultados de comprimento de parte aérea. Nas sementes que não receberam o condicionamento fisiológico (controle) observou-se resultados de menores comprimentos de parte aérea destas plântulas. Dentre as condições de germinação analisadas, nos tratamentos testados na condição de estresse salino, ocorreu a redução do comprimento de parte aérea em comparação as plântulas obtidas a partir da germinação em água e em restrição hídrica. Observou-se que com o tratamento utilizando melatonina foram obtidos os maiores resultados de comprimento de parte aérea na condição de estresse salino.

Das sementes condicionadas em SNP, na condição de déficit hídrico induzida pelo uso do PEG, as plântulas obtidas demonstraram bons resultados em relação ao comprimento de parte aérea, resultados estes superiores aos resultados obtidos nos demais tratamentos dentro de cada condição de germinação. Os resultados de comprimento destas plântulas obtidos no controle (sem condicionamento) foram os menores dentro desta condição de estresse.

**Figura 4** – Comprimento da parte aérea de plântulas de algodão, germinadas em água, estresse salino (NaCl) e restrição hídrica (PEG), sem serem submetidas ao condicionamento fisiológico (Controle) e submetidas ao condicionamento nas soluções de ácido indol acético (AIA), água, melatonina, peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), nitroprussiato de sódio (SNP) e quitosana.



Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula entre soluções condicionantes (dentro de cada condição) e minúscula entre condições para germinação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

Dos processos fisiológicos que são afetados em decorrência da presença salinidade no solo, a diminuição da atividade estomática das plantas, que visa diminuir a perda de água, implica de forma direta nos processos de fotossíntese e na transpiração das plantas (SANTOS OLIVEIRA & SILVA, 2019). Além disso, a presença de sais em excesso reduz a taxa de germinação e o crescimento das plântulas (CATÃO et al., 2020). A ocorrência de restrição hídrica ocasiona a redução da taxa de crescimento das plântulas, uma vez que afeta diversos processos metabólicos como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração (SILVA et al., 2020b). E também na diminuição da expansão e alongamento celular devido a redução da turgescência (MOTERLE et al., 2006).

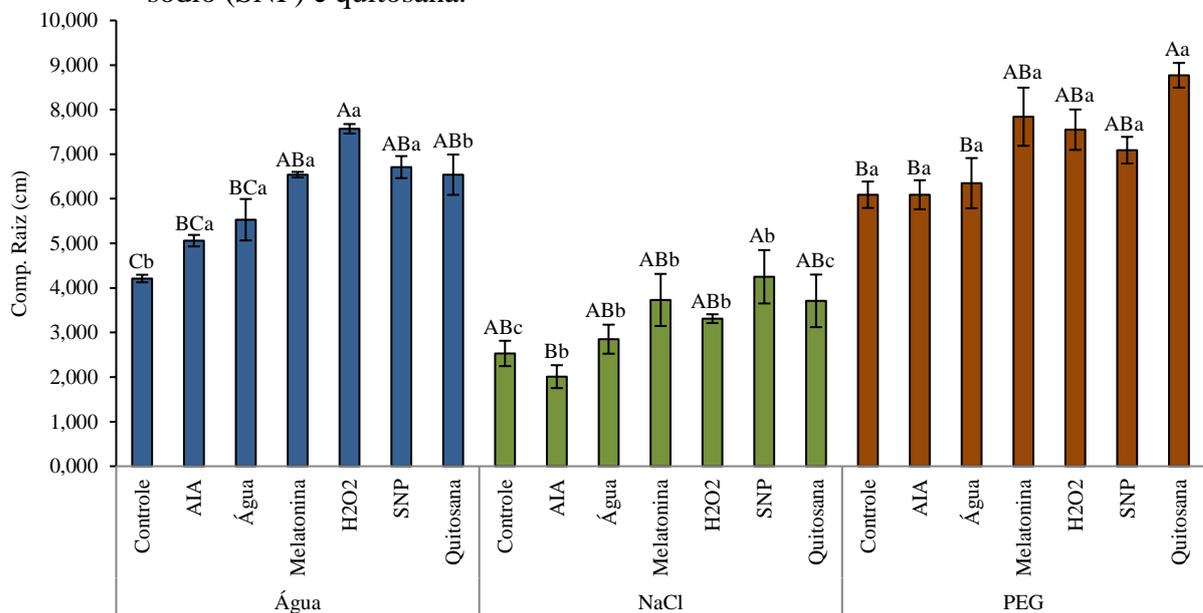
O uso de técnicas de análise de imagens com o intuito de avaliar o potencial fisiológico de lotes de sementes tem sido utilizado para diversas culturas, como milho, soja, amendoim e trigo (PINTO et al., 2015). Desta forma, Corrêa e colaboradores (2019) ao analisarem diferentes lotes de sementes de algodão constaram que o uso do software Sistema de Imagem Vigor de Semente (SVIS®) na avaliação de plântulas é uma alternativa eficiente para análise de vigor de sementes de algodão, sendo semelhante aos demais testes realizados com tal finalidade.

Em relação ao comprimento de raiz das plântulas de algodão (FIGURA 5) é possível observar que na ocorrência de estresse salino, assim como ocorre com o comprimento de parte aérea das plantas, há uma diminuição significativa do comprimento de raiz das plântulas em comparação as demais condições de germinação. Nesta condição, o SNP proporcionou os maiores resultados e o AIA os menores.

Nas sementes germinadas em água, o condicionamento realizado com  $H_2O_2$  mostrou-se ser o mais eficaz para o desenvolvimento das raízes quando comparado ao controle desta condição, que apresentou os menores resultados de comprimento de raiz.

Quando em estresse causado pela restrição de água, a quitosana mostrou-se eficaz no desenvolvimento das raízes dentro desta condição e com resultado superior a todos os demais tratamentos. Em tal condição, o condicionamento realizado com as soluções de AIA, água e o controle não se diferenciaram de forma significativa, sendo eles os resultados de menor eficiência para o desenvolvimento de raiz destas plântulas.

**Figura 5** – Comprimento da raiz de plântulas de algodão, germinadas em água, estresse salino (NaCl) e restrição hídrica (PEG), sem serem submetidas ao condicionamento fisiológico (Controle) e submetidas ao condicionamento nas soluções de ácido indol acético (AIA), água, melatonina, peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), nitroprussiato de sódio (SNP) e quitosana.



Legenda: Médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula entre soluções condicionantes (dentro de cada condição) e minúscula entre condições para germinação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Fonte: Da autora (2021).

Em sementes de melão pepino (*Cucumis melo var. Cantalupensis* Naud) em condição de salinidade crescente da água de irrigação após 8 dias de semeadura constatou-se que a

salinidade da água de irrigação exerceu efeitos significativos em relação ao comprimento de raiz e parte aérea das plântulas (NÓBREGA et al., 2018).

A adoção da quitosana proporciona aumento no desenvolvimento do sistema radicular, fortalece o vigor e o grau de lignificação das plantas por meio do sistema adquirido de resistência (SAR). Sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com este polímero demonstraram maiores porcentagens de germinação, melhora no enraizamento e produção de área foliar (ZERPA et al., 2017).

Em situações onde houver saturação hídrica do solo, o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas pode ser afetado por meio inibição do alongamento dos entrenós, inibição da expansão foliar e também acelerando a senescência e abscisão destas (SCALON et al., 2011).

O uso de moléculas sinalizadoras em sementes de algodão submetidas a condições de germinação em déficit hídrico, estresse salino e condições ideais mostrou-se eficiente na porcentagem de germinação, comprimento de parte aérea e comprimento de raiz.

Na primeira contagem de germinação o SNP favoreceu a germinação nas três condições de germinação testadas. Os tratamentos que utilizaram, melatonina e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em condição de restrição hídrica e sementes tratadas com água e quitosana em condições ótimas demonstraram porcentagens de germinação satisfatórias.

Para a porcentagem média de germinação as sementes tratadas com SNP em estresse salino e com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em déficit hídrico obtiveram maiores porcentagens médias de germinação.

Sementes tratada com melatonina e germinadas em condições ótimas e estresse salino, e sementes tratadas com SNP germinadas em déficit hídrico atingiram maiores comprimentos de parte aérea de plântulas. Os maiores comprimentos de raiz foram observados em sementes condicionadas com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> em condições ótimas, quitosana em déficit hídrico e SNP em estresse salino.

A adoção do condicionamento fisiológico proporciona benefícios a germinação das sementes e ao desenvolvimento das plântulas quando expostas a diferentes condições de estresses abióticos.

## **5 CONCLUSÕES**

A adoção do condicionamento fisiológico proporciona benefícios a germinação das sementes e ao desenvolvimento das plântulas quando expostas a diferentes condições de estresses abióticos.

Maior crescimento da plântula foi observado em sementes tratadas com SNP em estresse salino.

Em condição de estresse hídrico, maior parte aérea foi proporcionado pelo uso da melatonina e de raiz pelo uso da quitosana.

## REFERÊNCIAS

- ABRAPA. **Associação Brasileira dos Produtores de Algodão**. 2021. Disponível em:< <https://www.abrapa.com.br/Paginas/default.aspx> >. Acesso: 04 set. 2021.
- ALANE, G. H. F.; PANDOLFI, M. A. C. Cadeia produtiva do algodão e sua importância para o agronegócio brasileiro. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 5, n. 1, p. 280-291, 22 dez. 2018.
- ALANE, G. H. F.; PANDOLFI, M. A. C. Cadeia Produtiva do algodão e sua importância para o agronegócio brasileiro. **V SIMTEC - Simpósio de Tecnologia**. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. 2019.
- ALVES, L. R. A. et al. Cadeia agroindustrial e transmissão de preços do algodão ao consumidor brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, 2021.
- AMIPA. Sobre o algodão – produto. **Associação Mineira dos Produtores de Algodão**. Disponível em:< <https://amipa.com.br/sobre-o-algodao/produto> >. Acesso em: 05 set. 2021.
- AMPASUL. Associação Sul-Matogrossense dos Produtores de Algodão. Histórico. 2020. Disponível em:< <http://www.ampasul.org.br/var/www/html/ampasul.org.br/web/historico> . Acesso em 15 mar. 2022.
- ANDRADE, E. M. G. et al. Águas salinas e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no cultivo de maracujazeiro amarelo. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais**. 105 f. 2018.
- BALDO, R. et al. Comportamento do algodoeiro cultivar Delta Opala sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1804-1812, 2009.
- BARBA-ESPÍN, G. et al. Understanding the role of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> during pea seed germination: a combined proteomic and hormone profiling approach. **Plant, Cell & Environment**, v. 34, n. 11, pág. 1907-1919, 2011.
- BITTENCOURT, P. P., DOS SANTOS SILVA, L. N. N. Estresse hídrico em plantas: aspectos morfofisiológicos, adaptações e mecanismos de resposta. **BOTÂNICA NO INVERNO 2018 Organizadores Laboratório de Algas Marinhas**, p. 235. 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- BROETTO, F., GOMES, E. R., JOCA, T. A. C.; Estresse Das Plantas: Teoria e pratica. **Cultura Acadêmica Editora Unesp, São Paulo**, 2017.
- CAMPOS, A. J. de M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F.; Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.]**, v. 10, n. 15, pág. e311101523155, 2021.
- CARVALHO, I. R. et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.

CATÃO, H. C. R. M. et al. Antioxidant activity and physiological performance of popcorn seed after saline stress and analysis of seedling images. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, 2020.

CAVALCANTE, Í. H. L. et al. Crescimento e produção de duas cultivares de algodão irrigadas com águas salinizadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 108-111, 2021.

CHE-OTHMAN, M. H.; MILLAR, A. H.; TAYLOR, N. L. Connecting salt stress signalling pathways with salinity-induced changes in mitochondrial metabolic processes in C3 plants. **Plant, cell & environment**, v. 40, n. 12, p. 2875-2905, 2017.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira – grãos safra 2020/21 11º levantamento. **Companhia Nacional de Abastecimento**. vol 11. n.11. Agosto 2021a.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira – grãos safra 2021/22 3º levantamento. **Companhia Nacional de Abastecimento**. vol 9. n.3. Dezembro 2021b.

CORRÊA, P. D.; CICERO, S.; ABUD, H. F. Evaluation cottonseed vigor through computer image analysis of the seedlings. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 054-059, 2019.

DANIEL, C. et al. Salinidade na emergência do algodoeiro. **Revista Cultivando o Saber**, v. 14, p. 175-185, 2021.

ECHER, F. R. et al. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 638-645, 2010.

GALINDO, M. V. et al. Produção de nanopartículas de quitosana e aplicação como revestimento em folhas de amido e poli (ácido lático). **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 9, pág. e505997694, 2020.

GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A. et al. Melatonina y su importancia en plantas. 2020.

HARTER, L. S. H. et al. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 80-85, 2014.

INCOFIBRAS. Produtos. **Incofibras**. 2022. Disponível em:< <https://incofibras.com/produtos/>>. Acesso: 12 abr. 2022.

JÚNIOR, F. E. G. et al. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 4, p. 163-168, 2009.

JÚNIOR, G. D. N. A. et al. Estresse hídrico em plantas forrageiras: Uma revisão. **Pubvet**, v. 13, p. 148, 2018.

JÚNIOR, J. S. A. et al. Recobrimento de sementes de algodão com zinco: efeitos imediatos e após o armazenamento. **MAGISTRA**, v. 29, n. 1, p. 116-126, 2018.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica - EMBRAPA**, v. 136, n. 1, 2018.

KUBALA, S. et al. Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seed osmopriming improvement of Brassica napus germination under salinity stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 183, p. 1-12, 2015.

LIMA, G. S. et al. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 214-225, 2019.

LIMA, Y. C.; BONILLA, O.; LUCENA, E. P. Uso da quitosana na agricultura: uma revisão com ênfase na aplicação em sementes. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e39911225782-e39911225782, 2022.

LIZÁRRAGA-PAULÍN, E. G. et al. Chitosan application in maize (*Zea mays*) to counteract the effects of abiotic stress at seedling level. **Jornal Africano de Biotecnologia**, v. 10, n. 34, pág. 6439-6446, 2011.

LOPES, K. P., SILVA, M. Salinidade na germinação de sementes de algodão colorido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 5(3), 274–279. 2010.

LOPES, L. S. Condicionamento fisiológico de sementes de mamona como meio de atenuar os efeitos do estresse salino na germinação e estabelecimento da plântula. **Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Centro de Ciências Agrárias**, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 94 f. 2013.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq. 495p. v. 12. 2005.

MARQUES FILHO, A. C.; RUSCONI, L. H.; SILVA, P. R. A. Plantabilidade e distribuição longitudinal de sementes de algodão com diferentes conjuntos disco-anel em dosador mecânico. **Energia na agricultura**, v. 35, n. 4, p. 476-483, 2020.

MENDONÇA, E. A. F. D. et al. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 1-9, 2008.

MOTERLE, L. M. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 169-176, 2006.

NIU, L., LIÃO, W. Hydrogen Peroxide Signaling in Plant Development and Abiotic Responses: Crosstalk with Nitric Oxide and Calcium. **Frontiers in Plant Science**. v. 7, p. 230, 2016.

NÓBREGA, J. S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de melão pepino sob salinidade crescente da água de irrigação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1011-1018, 2018.

NUNES, R. T. C. et al. Desempenho fisiológico de sementes de algodão cultivadas em Luís Eduardo Magalhães, Bahia. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 69-74, 2015.

OLIVEIRA, H. et al. Germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de algodão submetidas a diferentes concentrações de NaCl e PEG 6000. **Espacios (CARACAS)**, v. 38, p. 13-28, 2017.

OLIVEIRA, R. Pré-tratamento com peróxido de hidrogênio em sementes de soja induz tolerância ao estresse por déficit hídrico. **Dissertação de Mestrado (Agronomia/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus Jaboticabal**. 65 f. 2019.

OLIVEIRA, T. F. Condicionamento fisiológico de sementes de *Urochloa* spp. **Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras**. 109 f. 2020.

PINTO, C. A. G. et al. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**. v. 46, n. 2, p. 319-328. 2015.

PIRES, R. M. de O. et al. Protective action of nitric oxide in sesame seeds submitted to water stress. **Journal of Seed Science**. v. 38, p. 350-357, 2016b.

PIRES, R. M. O. Ação protetora do óxido nítrico em sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) submetidas a diferentes condições de estresse. **Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa**. 86 f. 2014c.

PIRES, R. M. O. et al. Action of nitric oxide in sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) submitted to stress by cadmium. **Journal of Seed Science**, v.38, p. 22-29, 2016a.

QUEIROGA, V. D. P. et al. Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas ao condicionamento mátrico e osmótico. **Revista Ceres**, v. 58, p. 56-61, 2011.

RIBEIRO, E. C. G. et al. Physiological quality of *Urochloa brizantha* seeds submitted to priming with calcium salts. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.

SANTOS OLIVEIRA, J. L.; SILVA, E. Efeitos do estresse osmótico no desenvolvimento inicial de *Phaseolus vulgaris* L. **Iniciação Científica Cesumar**, v. 21, n. 1, p. 55-60, 2019.

SCALON, S. P. Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SEKITA, M. C. Efeito do nitroprussiato de sódio na germinação de sementes de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Dissertação (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa**. 66 f. 2013.

SHARIF, R. et al. Melatonin and Its Effects on Plant Systems. **Molecules**. v 23, ed 9. 2018.

SILVA, A. L. da. Efeito do nitroprussiato de sódio (SNP) na germinação de sementes de *Senna macranthera* (DC. ex Collad.) H. S. Irwin & Baneby sob estresse salino. **Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa**. 45f. 2015.

SILVA, B. N. P.; MASETTO, T. E.; TROVATO, V. W. Condicionamento fisiológico de sementes de *Crotalaria ochroleuca*. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020a.

SILVA, J. C. et al. Caracterização do perfil de produção e qualidade fisiológica de sementes orgânicas do algodão *Gossypium hirsutum* L. em Remígio, Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 16, p. 739-748, 2020c.

SILVA, R. C. et al. Desenvolvimento Inicial de *Euterpe oleracea* Mart (Açaí) Sob Estresse Hídrico, Gurupi-TO. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 4, 2020b.

SOARES, T. D. C. et al. Quitosana e fitorreguladores na indução da organogênese direta em cultivar de algodão colorido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 839-843, 2014.

SOUSA, J. Í. et al. Estresse salino em culturas agrícolas: Uma breve revisão. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 144-154, 2019.

TAIZ, L. et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. **Artmed Editora**, 2017.

TAN, D.-X. Melatonin and plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 3, pág. 625-626, 2015.

VEGA-CELEDÓN, P. et al. Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. **Cultivos Tropicales**. v. 37, p. 33-39, 2016.

VERONEZE-JÚNIOR, V. et al. Leaf application of chitosan and physiological evaluation of maize hybrids contrasting for drought tolerance under water restriction. **Brazilian Journal of Biology**. v. 80, n. 3, 2020.

WANG, Y.; REITER, R. J.; CHAN, Z.; Phytomelatonin: a universal abiotic stress regulator. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 5, p. 963-974, 2018.

WOJTYLA, L.; LECHOWSKA, K.; KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M. Different Modes of Hydrogen Peroxide Action During Seed Germination. **Front Plant Sci**, v.7, p. 66.69. 2016

ZERPA, J. A. M. et al. Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L. variedad sd20a). **Revista de investigación agraria y ambiental**, v. 8, n. 2, p. 151-165, 2017.

ZHANG, Y. et al. Indole-3-acetic acid improves drought tolerance of white clover via activating auxin, abscisic acid and jasmonic acid related genes and inhibiting senescence genes. **BMC Plant Biology**. v.20, p.150. 2020.