




**GERMINAÇÃO E CULTIVO DE ALFACE NA PRESENÇA DE EXTRATOS DE
CAPIM BRAQUIÁRIA SUBMETIDAS AO PRÉ-TRATAMENTO COM ÁCIDO
SALICÍLICO**

**GERMINATION AND CULTIVATION OF LETTUCE IN THE PRESENCE OF
BRACHIARIA GRASS EXTRACTS SUBJECTED TO PRE-TREATMENT WITH
SALICYLIC ACID**

**GERMINACIÓN Y CULTIVO DE LECHUGA EN PRESENCIA DE EXTRACTOS
DE HIERBA BRACHIARIA SOMETIDOS A PRETRATAMIENTO CON ÁCIDO
SALICÍLICO**

 <https://doi.org/10.56238/levv16n49-099>

Data de submissão: 26/05/2025

Data de publicação: 26/06/2025

Franciele Mara Lucca Zanardo Bohm

Unespar/Campus Paranavaí

Autor principal

E-mail: franciele.bohm@unespar.edu.br

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/3657748885493762>

Lucas Cezar de Souza Ribeiro

Unespar/Campus Paranavaí

E-mail: lucsczar@gmail.com

Marcelo Arcanjo dos Santos

Unespar/Campus Paranavaí

E-mail: marceloarcanjomads@gmail.com

Paulo Alfredo Feitoza Bohm

Unespar/Campus Paranavaí

E-mail: paulo.bohm@unespar.edu.br

RESUMO

A alface é uma planta de interesse econômico, com germinação rápida e por isso é utilizada em protocolos experimentais. A braquiária é um capim que pode causar alelopatia, interação entre substâncias químicas que são liberadas por determinados organismos e afetam negativamente ou positivamente as respostas fisiológicas de outros indivíduos. Ácido salicílico (AS) é uma molécula envolvida nas respostas de defesa das plantas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação e o crescimento inicial de alface sob efeito de extratos de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) submetidas ao pré-tratamento de sementes com AS. A metodologia foi exploratória, em que sementes de alface submetidas ou não ao pré-tratamento com AS 0,1mM foram germinadas na presença ou ausência de extratos de braquiária em concentrações de 2%, 4% e 10%, o grupo controle recebeu água destilada. O tempo de cultivo foi de 7 dias para o cultivo em placas de Petri e 14 dias para o cultivo em caixa gerbox com substrato orgânico, ambos cultivados em estufa tipo B.O.D. com temperatura e fotoperíodo controlados. Os experimentos foram organizados em blocos inteiramente casualizados

com quatro repetições para cada tratamento em duplicata. Os parâmetros estudados foram: germinação total, índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento da radícula e teores de clorofilas e carotenoides. A análise dos resultados de índice de velocidade de germinação não mostrou diferença entre os tratamentos estudados. No cultivo em substrato, o extrato de braquiária comprometeu a porcentagem de germinação e AS promoveu efeito de recuperação. Em ambos os cultivos o extrato de braquiária comprometeu o crescimento das raízes, na concentração de 2%, AS promoveu recuperação do comprimento da raiz. Não foram observados aumento nos teores de clorofilas e carotenoides nos tratamentos estudados. O extrato de braquiária promoveu alelopatia e comprometeu o crescimento inicial das radículas das plântulas, fase em que ocorre maior sensibilidade a compostos químicos. AS atuou provavelmente como molécula antioxidante e promoveu respostas positivas em concentrações mais baixas do extrato de braquiária.

Palavras-chave: Meio ambiente. *Lactuca sativa*. *Brachiaria*. Alelopatia.

ABSTRACT

The lettuce is a plant of economic interest, with rapid germination, and is therefore used in experimental protocols. The brachiaria is a grass that can cause allelopathy, interaction between chemical substances that are released by certain organisms and negatively or positively affect the physiological responses of other individuals. Salicylic acid (SA) is a molecule involved in plant defense responses. The objective of this work was to evaluate the germination and initial growth of lettuce under the effect of extracts of *Brachiaria decumbens* grass submitted to seed pretreatment with SA. The methodology was exploratory, in which lettuce seeds submitted or not to pretreatment with SA 0.1 mM were germinated in the presence or absence of *Brachiaria* extracts at concentrations of 2%, 4% and 10%; the control group received distilled water. The cultivation time was 7 days for cultivation in Petri dishes and 14 days for cultivation in gerboxes with organic substrate, both grown in a B.O.D. type greenhouse, with controlled temperature and photoperiod. The experiments were organized in completely randomized blocks with four replicates for each treatment in duplicate. The parameters studied were: total germination, germination speed index (GSI), radicle length, and chlorophyll and carotenoid contents. The analysis of the germination speed index results showed no difference between the treatments studied. In substrate culture, the brachiaria extract compromised the germination percentage and AS promoted recovery. In both cultures, the brachiaria extract compromised root growth at a concentration of 2%, AS promoted recovery of root length. No increase in chlorophyll and carotenoid contents was observed in the treatments studied. The brachiaria extract promoted allelopathy and compromised the initial growth of the seedling radicles, phase in which greater sensitivity to chemical compounds occurs. AS probably acted as an antioxidant molecule and promoted positive responses at lower concentrations of the brachiaria extract.

Keywords: Environment. *Lactuca sativa*. *Brachiaria*. Allelopathy.

RESUMEN

La lechuga es una planta de interés económico, con germinación rápida, por lo que se utiliza en protocolos experimentales. La *Brachiaria* es una gramínea que puede causar alelopatía, una interacción entre sustancias químicas liberadas por ciertos organismos que afectan, tanto negativa como positivamente, las respuestas fisiológicas de otros individuos. El ácido salicílico (AS) es una molécula involucrada en las respuestas de defensa de las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar la germinación y el crecimiento inicial de la lechuga bajo el efecto de extractos de *Brachiaria decumbens*, sometida a pretratamiento de semillas con AS. La metodología fue exploratoria: semillas de lechuga, sometidas o no a pretratamiento con 0,1 mM de AS, se germinaron en presencia o ausencia de extractos de *Brachiaria* a concentraciones del 2 %, 4 % y 10 %; el grupo control recibió agua destilada. El tiempo de cultivo fue de 7 días para el cultivo en placas de Petri y de 14 días para el cultivo en cajas de germinación con sustrato orgánico, ambos cultivados en un invernadero de DBO con temperatura y fotoperiodo controlados. Los experimentos se organizaron en bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas por cada tratamiento por duplicado. Los parámetros estudiados fueron: germinación

total, índice de velocidad de germinación (IGG), longitud radicular y contenido de clorofila y carotenoides. El análisis de los resultados del índice de velocidad de germinación no mostró diferencias entre los tratamientos estudiados. En el cultivo en sustrato, el extracto de brachiaria comprometió el porcentaje de germinación y el AS promovió la recuperación. En ambos cultivos, el extracto de brachiaria comprometió el crecimiento radicular; a una concentración del 2%, el AS promovió la recuperación de la longitud radicular. No se observó un aumento en el contenido de clorofila y carotenoides en los tratamientos estudiados. El extracto de Brachiaria promovió la alelopatía y comprometió el crecimiento inicial de las raíces de las plántulas, una fase en la que se produce una mayor sensibilidad a los compuestos químicos. El AS probablemente actuó como una molécula antioxidante y promovió respuestas positivas a concentraciones más bajas de extracto de brachiaria.

Palabras clave: Medio ambiente. Lactuca sativa. Brachiaria. Alelopatía.

1 INTRODUÇÃO

As hortaliças têm papel de destaque na economia brasileira, a alface, (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais comercializada no Brasil segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (De Oliveira *et al.*, 2024), é rica em vitamina A e de fácil cultivo, apreciada pelo sabor e textura em todas as regiões brasileiras.

Para a produção em grande escala no Brasil são utilizados defensivos químicos para o controle de pragas. Atualmente a população tem manifestado a preocupação com a qualidade do alimento consumido (Porpino e Bolfe, 2020).

Desta forma técnicas que proporcionem o cultivo sem a utilização de insumos químicos podem contribuir com o desenvolvimento socioeconômico e com a preservação do meio ambiente. Métodos de controle naturais de pragas tem menor custo e podem gerar economia na produção de alimentos.

Para a utilização de técnicas naturais para o controle de pragas, várias abordagens têm sido propostas em protocolos de pesquisa. Dentre elas estudos que visam estimular as respostas de defesa das plantas antes de um estresse provocado por fatores bióticos como pragas ou estresse abióticos como por exemplo, estresse hídrico ou salinização estão em andamento e incluem a utilização de compostos químicos que são produzidos naturalmente pelas plantas, e disparam as respostas de defesa, como por exemplo, o ácido salicílico (Fonseca, 2010; Nóbrega, *et al.*, 2021).

O ácido salicílico (AS) é um fitohormônio, oriundo do metabolismo secundário das plantas, trata-se de um composto fenólico que atua em diversas respostas fisiológicas, como regulador do crescimento vegetal (Osei *et al.*, 2021). AS atua ainda em respostas de defesa como um mensageiro secundário que irá ativar genes cujos produtos da expressão são enzimas antioxidantes, antibióticos naturais ou moléculas de proteção que atuam sob as condições de estresse abiótico relacionados ao meio ambiente como baixas temperaturas, baixas hídricas, e estresse biótico relacionado a insetos e pragas, por exemplo (Araújo *et al.*, 2018; Taiz e Zeiger, 2017).

As plantas apresentam uma estratégia fisiológica que promove resultados positivos frente ao estímulo com compostos naturais para acionar as respostas de defesa. Trata-se do pré-condicionamento das plantas ao estresse (Santos *et al.*, 2019).

Em situações de estresse as plantas podem ativar a resposta sistêmica adquirida (SAR) e produzir moléculas de defesa, AS é uma molécula envolvida no acionamento de SAR.

A SAR é fator de grande importância para a defesa de uma planta, uma vez que estabelece proteção contra doenças ao longo prazo para um vegetal, este mecanismo está amplamente ligado ao acúmulo de AS nas regiões infectadas, que irão atuar como agente protetor. Durante a SAR ainda são gerados sinais para regiões não infectadas, protegendo assim o organismo de possíveis ataques futuros (Osei *et al.*, 2021).

A *Brachiaria* planta utilizada neste trabalho como fonte de estresse biótico é um gênero de gramínea forrageira, muito adaptada ao clima do Brasil e amplamente utilizada em pastagens (Barbosa,

2008). Como planta forrageira sua utilização está relacionada a manutenção da umidade do solo e decomposição de matéria orgânica para garantir nutrição mineral ao solo. Mas devido a relatos de atraso na germinação de sementes devido a utilização de espécies desta planta, estudos foram conduzidos para verificar os efeitos de compostos de braquiária que podem ser liberados no solo.

As questões de degradação de pastos estão relacionadas a erros quanto à adubação de formação, de manutenção, controle da cobertura do solo, de plantas daninhas, taxa de lotação e em sua gênese ainda pode ser considerado o alto índice de compactação, baixa fertilidade do solo e baixa capacidade de lotação dos pastos (EMBRAPA, 2018).

De acordo com as observações acima, principalmente no que se refere à cobertura do solo, o estudo consorciado entre milho e capim braquiária, conduzido por Correa e colaboradores (2020) verificaram que a forrageira atrasou a germinação do milho e os efeitos foram atribuídos aos compostos alelopáticos liberados da decomposição das folhas da braquiária.

Nas comunidades vegetais, as plantas podem interagir de maneira positiva, negativa ou neutra. É mais comum que plantas vizinhas interajam de maneira negativa, de modo que a emergência e, ou, o crescimento de uma ou de ambas são inibidos (Chiochetta *et al.*, 2022). Esta interação denomina-se alelopatia.

Está bem documentado na literatura científica que extratos de braquiária podem promover estresse biótico ao comprometer a germinação e o crescimento inicial de plantas em condições de cultivo hidropônico, em alface e picão preto (Ferreira *et al.*, 2007) e leguminosas, como a soja (Elges e Simonetti, 2013).

A alelopatia é definida como um processo metabólico na qual o vegetal libera substâncias químicas, denominadas aleloquímicos, produzidas pelo seu metabolismo secundário que podem afetar direta ou indiretamente no desenvolvimento de outras plantas, gerando um efeito inibitório ou uma ação estimuladora (Santos *et al.*, 2024).

Considerando que extratos obtidos de folhas de braquiária em estudos *in vitro* foi capaz de apresentar efeitos alelopáticos inibitórios sobre a germinação e crescimento inicial de várias espécies de angiospermas (Bulegon *et al.*, 2015) estes extratos foram eleitos para serem utilizados neste estudo como fonte de estresse biótico para avaliar seus efeitos em cultivo de alface, utilizando-se substrato de origem orgânica para o plantio.

A indução de respostas de defesa pode oferecer uma proteção precoce para a planta e contribuir com o sucesso no combate ao estresse e infecções. Além disso o estabelecimento de uma prática da indução precoce das defesas das plantas pode contribuir com a redução da utilização de agrotóxicos diminuindo a contaminação do meio ambiente e dos alimentos com toxinas.

Devido a função do ácido salicílico em acionar as respostas de defesa das plantas, este composto foi eleito como molécula para prospecção de mecanismo de proteção ao estresse possivelmente provocado pelo extrato de braquiária.

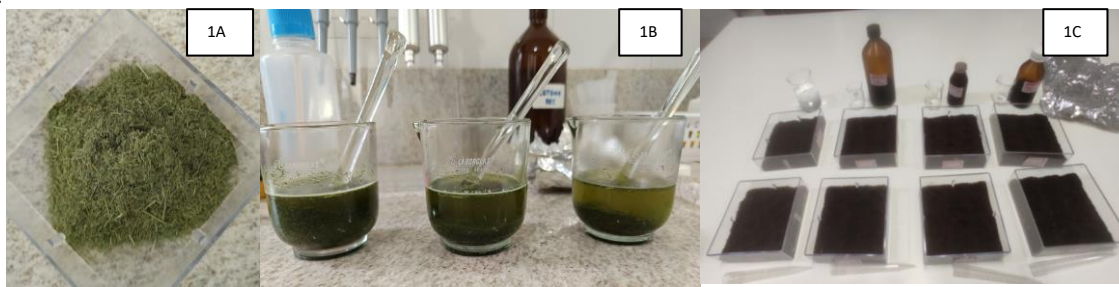
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no laboratório de pesquisa e análises da UNESPAR campus de Paranavaí. Sementes de alface obtidas comercialmente foram separadas em dois grupos, um submetido a 6h de pré-tratamento com ácido salicílico (AS) 0,1mM e outro grupo sem o pré-tratamento.

2.1 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS VEGETAIS

Os extratos utilizados no protocolo experimental foram obtidos a partir de folhas de braquiária (*Brachiaria decumbens*) cultivada em anexo ao laboratório de pesquisa. As folhas foram excisadas, esterilizadas e colocadas para secar em estufa. Após a secagem elas foram trituradas em moedor (imagem 1A) e pesadas na seguinte proporção 2g, 4g 10g. A biomassa resultante foi macerada em 100mL de água destilada para a obtenção de extratos 2%, 4% e 10% (imagem 1B). Os extratos após o preparo são acondicionados em frascos de cor âmbar em geladeira por 48h.

Imagem 1. 1A-Folhas de *Brachiaria* trituradas para a obtenção de extratos. 1B- Extratos preparados em 100mL de água destilada. A direita 10%, no meio 4% e a esquerda 2%. 1C- caixas Gerbox com substratos e frascos contendo os extratos obtidos.



Fonte: Autores, 2024.

2.2 PLANTIO EM SUBSTRATO

Em caixas gerbox foram colocadas 40g de substrato orgânico e 15 sementes de alface foram plantadas em cada caixa (imagem 1C). As caixas controles receberam 10mL água destilada e os tratamentos receberam 10mL de extratos de folhas de braquiária nas concentrações 2%, 4% e 10%. As caixas foram cobertas com papel filme perfurados e acondicionados em estufa tipo B.O.D e cultivadas durante 14 dias. O fotoperíodo foi de 12h e a temperatura de 25°C.

2.3 PLANTIO *IN VITRO*

Grupos de dez sementes foram acondicionados em placas de Petri cobertas com duas folhas de papel de germinação. O grupo controle recebeu 5mL de água destilada, e os tratamentos receberam 5mL de extratos de braquiária nas concentrações de 2%, 4% e 10%. O mesmo protocolo experimental foi aplicado para sementes que não foram expostas ao pré-tratamento com AS. As placas foram preparadas em duplicatas. As placas foram acondicionadas em câmaras de germinação do tipo B.O.D. durante 7 dias com fotoperíodo de 12h de claro e temperatura a 25°C.

2.4 DETERMINAÇÃO DA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO INICIAL DAS PLANTAS

A germinação foi contada a cada 24h. Ao término do experimento as plantas tiveram as raízes medidas com auxílio de uma régua milimetrada. Após a medida as raízes foram pesadas em balança analítica para a obtenção da biomassa fresca.

Após o término do período de germinação a porcentagem de germinação (G) foi calculada usando a fórmula: $G = (N / A) \times 100$ Onde N: número de sementes germinadas; A: número total de sementes colocadas para germinar.

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi obtido considerando: $(IVG = N1/D1 + N2/D2 + \dots + Nn/Dn)$. Em que: N, número de plântula verificadas no dia da contagem; D, números de dias após a semeadura, sendo realizado a contagem em números de dias após a semeadura.

2.5 VIABILIDADE CELULAR

As raízes de plântulas nas condições já descritas foram colocadas em solução de azul de Evans 0,25% durante 15 minutos, lavadas e posteriormente emergidas em N, N-dimetilformamida por 1 h em temperatura ambiente para a extração do corante retido em células mortas. O azul de Evans não permeia células vivas (YAMAMOTO et al., 2001). A absorbância do azul de Evans liberado foi medido a 600nm (Thermo Scientific Genesys 10S (UV/VIS)).

2.6 TEORES DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

A determinação de pigmentos de clorofila (a,b e total) e carotenoides, foram utilizadas as folhas das plântulas e pesado 0,300 g para cada tratamento. Para cada experimento, as folhas foram pesadas em duplicatas. Cada amostra foi macerada em 5mL de acetona 80%, filtradas e a medida da absorbância feita em espectrofotômetro em comprimentos de onda de 663nm para a clorofila a 649nm para a clorofila b e 652nm para a clorofila total. A absorbância dos carotenos foi medida a 470nm.

Os resultados foram expressos em miligrama (mg) de clorofila por grama de peso fresco de tecido foliar. Os cálculos para a determinação de clorofilas foram feitos segundo equação proposta por Whitham et. al., 1971. E para a determinação de carotenos, a equação proposta por Arnon, 1949.

$$(1) \text{ Clorofila } a = (12,7 \times A663 - 2,69 \times A645)V/1000w$$

$$(2) \text{ Clorofila } b = (22,9 \times A645 - 4,68 \times A663) V / 1000w$$

$$(3) \text{ Clorofila total} = A652 \times 1000 \times V / 1000w / 34,5$$

$$(4) \text{ Carotenoids (Car)} = (1000 \times ABS470) - (1,82 \times Cl a) - (85,02 \times Cl b)) / 198$$

Quanto à análise estatística os experimentos foram realizados em blocos inteiramente casualizados (controle e tratamentos) e foram realizadas quatro repetições. A análise estatística dos resultados foi efetuada usando o programa Sisvar® SISVAR-ESAL statistical software (Ferreira, 2019), foi realizada a análise de variância ANAVA. As diferenças entre as médias foram submetidas ao teste de Tukey. Valores de p inferiores a 0,05 ($P < 0,05$) foram considerados estatisticamente significativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 são apresentados os resultados de IVG, porcentagem de germinação, comprimento das raízes e biomassa fresca das raízes cultivadas em substrato orgânico. Embora o IVG apresente redução gradativa desde o controle até o tratamento com extrato de braquiária 10%, estes valores não são significativos. Quanto à porcentagem de germinação observa-se que o uso do ácido salicílico contribuiu para os maiores índices neste parâmetro. Nota-se o aumento de 22% entre os tratamentos de 2% sem e com o pré-tratamento de AS. Na menor concentração do extrato a porcentagem de germinação foi menor.

Quanto aos tratamentos de 4% e 10%, com ou sem AS, o extrato de braquiária não afetou a germinação das sementes. É possível que em baixas concentrações os aleloquímicos promovam efeitos inibitórios e em concentrações mais altas possam promover efeitos estimulatórios (Carmo, *et al.*, 2007).

No parâmetro comprimento das raízes a redução de comprimento entre o grupo controle sem AS e tratamento 10% sem AS foi de 45%, mostrando o efeito alelopático sobre o comprimento das raízes. Embora para a biomassa esta diferença não foi significativa. Pode-se observar quanto a biomassa, a maior diferença entre o tratamento de 2% com AS e 10% com AS, que foi de 50%.

No comprimento da raiz não foi observado o mesmo efeito da germinação, pois o extrato inibiu o comprimento das raízes, no tratamento de 2% o extrato inibiu o crescimento e o pré-tratamento com AS promoveu aumento de 32, 56%.

De acordo com Souza Filho (2005) os efeitos alelopáticos da braquiária são mais eficazes no desenvolvimento da radícula da planta do que sobre a germinação das sementes, o que condiz com os resultados apresentados neste estudo.

Tabela 1. Índice de Velocidade de Germinação (IVG), porcentagem de germinação de sementes de alface e comprimento de raízes após quinze dias de cultivo submetidas ao pré-tratamento químico ou não, com ácido salicílico 0,1mM, e extratos de braquiária em concentrações de 2%, 4% e 10%. Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey $p < 0,05$. C.V: coeficiente de variação.

Tratamentos	IVG C.V: 11,46%	Porcentagem de Germinação C.V: 7,74%	Comprimento da Raiz C.V: 14,3%
Controle sem ácido salicílico	4.263333 ^a	97 ^a	2,58 ^a
Controle com ácido salicílico	4.263333 ^a	96 ^a	2,44 ^a
2% sem ácido salicílico	4.003333 ^a	75 ^b	1,98 ^b
2% com ácido salicílico	3.750000 ^a	86 ^{ab}	2,74 ^a
4% sem ácido salicílico	3.906667 ^a	93 ^a	1,88 ^{ab}
4% com ácido salicílico	3.920000 ^a	93 ^a	1,63 ^b
10% sem ácido salicílico	3.150000 ^a	68 ^b	1,28 ^b
10% com ácido salicílico	3.806667 ^a	82 ^{ab}	1,39 ^b

Médias seguidas por letras e números iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%

Fonte: (Autores, 2024).

A imagem 2, mostra as plântulas cultivadas em todos os tratamentos em substrato orgânico. É possível observar que os tratamentos com extrato de braquiária reduzem o comprimento das raízes e aumentam o comprimento da parte aérea. As plântulas abaixo, que receberam o pré-tratamento com AS mostram menor diferenças de tamanho em relação as plântulas oriundas de sementes não pré-tratadas.

Imagem 2. Plântulas de alface no 14º dia de cultivo. Acima plântulas que não foram submetidas ao pré-tratamento com AS. Da direita para a esquerda: Controle, 2%, 4% e 10%. Abaixo, com o pré-tratamento com AS. Controle, 2%, 4% e 10%. Fonte: (Autores, 2024)



A tabela 2 apresenta os resultados de IVG, porcentagem de germinação de sementes de alface e comprimento das raízes cultivadas durante sete dias. Pode ser observado que os extratos de folhas de braquiária não comprometeram a germinação das sementes de alface e por isso não foi observado efeitos do pré-tratamento com AS.

Tabela 2. Índice de Velocidade de Germinação (IVG), porcentagem de germinação de sementes de alface e comprimento de raízes após sete dias de cultivo submetidas ao pré-tratamento químico ou não, com ácido salicílico 0,1mM, e extratos de braquiária em concentrações de 2%, 4% e 10%.

Tratamentos	IVG C.V: 11,91%	Porcentagem de Germinação C.V: 7,15%	Comprimento da Raiz C.V: 1%
Controle sem ácido salicílico	2,24 ^a	100 ^a	2,28 ^a
Controle com ácido salicílico	2,25 ^a	98,75 ^a	2,46 ^a
2% sem ácido salicílico	2,13 ^a	97,5 ^a	1,44 ^c
2% com ácido salicílico	2,11 ^a	95 ^a	1,96 ^b
4% sem ácido salicílico	2,11 ^a	97,5 ^a	0,88 ^c
4% com ácido salicílico	2,17 ^a	95 ^a	0,93 ^c
10% sem ácido salicílico	2,28 ^a	90 ^a	0
10% com ácido salicílico	2,30 ^a	96,3 ^a	0

Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferença estatística pelo teste de Tukey $p < 0,05$. C.V: Coeficiente de variação.

Fonte: (Autores, 2024)

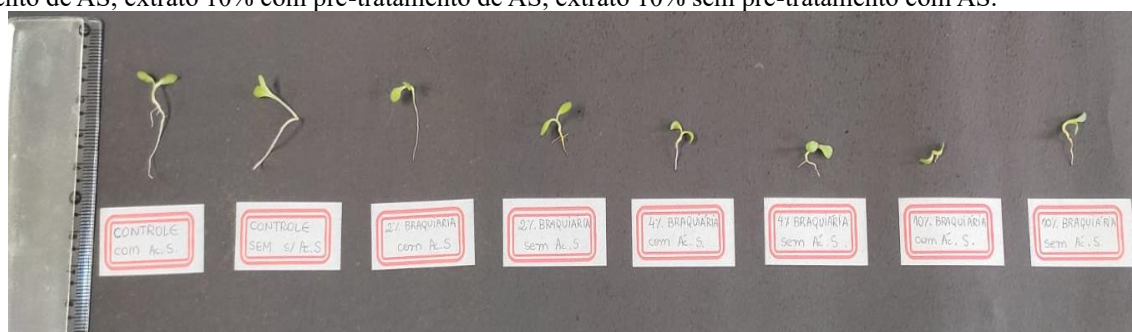
A germinação, por se tratar de uma variável discreta, pode ser utilizada para avaliar o estresse em plantas, mas o crescimento inicial é o parâmetro mais importante para determinar se um determinado tipo de estresse irá comprometer o desenvolvimento, pois esta fase envolve uma série de reações metabólicas que irão desencadear o crescimento inicial da planta (Lucchese *et al.*, 2018).

Neste contexto a imagem 3 apresenta os resultados dos comprimentos das radículas, é possível observar que o tratamento com o extrato 10% comprometeu severamente o crescimento da radícula, pois embora tenha ocorrido a germinação a raiz não cresceu.

Na presença do extrato 4% sem AS, houve redução no crescimento da raiz de 62% se comparado ao controle sem AS, o pré-tratamento de 4% com AS foi capaz de aumentar em 7% o crescimento da raiz quando comparado ao tratamento 4% sem AS. O tratamento 2% sem AS apresentou redução de 59% no comprimento da raiz quando comparado ao controle sem AS. O tratamento com AS recuperou 36% o tamanho da raiz quando comparados 2% sem AS. Neste parâmetro de estudo o pré-tratamento com AS promoveu efeitos positivos no crescimento inicial de alface.

Segundo os estudos de Reigosa e colaboradores, (1999), os efeitos dos aleloquímicos nos diferentes processos fisiológicos de uma planta são dependentes da concentração, ou ao menos se espera que sejam, promovendo ativações em baixas concentrações e inibições em altas concentrações. A citação acima corrobora com os dados apresentados mostrando que uma concentração maior de extrato se mostrou prejudicial ao crescimento das radículas, reduzindo e até inibindo seu crescimento. Extratos preparados com folhas de eucalipto promoveu redução no crescimento de raízes de alface cultivadas em laboratório, o efeito alelopático foi atribuído a fitotoxinas presentes nas folhas (De Sá, *et al.*, 2021).

Imagem 3. Comprimento de radículas de alface submetidas ao pré-tratamento com AS e estresse biótico. Leitura da esquerda para direita: Controle com pré-tratamento com AS; Controle sem pré-tratamento AS; Extrato 2% com pré-tratamento com AS; extrato 2% sem pré-tratamento de AS; extrato 4% com pré-tratamento de AS; extrato 4% sem pré-tratamento de AS; extrato 10% com pré-tratamento de AS; extrato 10% sem pré-tratamento com AS.



Os aleloquímicos afetam o crescimento das plantas influenciando diferentes estágios da respiração, como a transferência de elétrons nas mitocôndrias, a fosforilação oxidativa, a geração de CO₂ e a atividade da enzima ATP. Esses produtos químicos podem reduzir a ingestão de oxigênio, o que evita a oxidação do NADH, inibe a atividade da enzima de síntese de ATP, reduz a formação de ATP nas mitocôndrias, perturba a fosforilação oxidativa das plantas e, em última análise, inibe a respiração; por outro lado, podem estimular a liberação de CO₂, que promove a respiração. (Cheng, *et al.*, 2015).

Muitos aleloquímicos afetam a absorção de nutrientes nas raízes das plantas ou induzem estresse hídrico por meio da inibição de longo prazo da utilização da água. Aleloquímicos podem inibir as atividades da Na⁺/K⁺-ATPase envolvidas na absorção e transporte de íons na membrana plasmática celular, o que suprime a absorção celular de K⁺, Na⁺ ou outros íons (Cheng, *et al.*, 2015).

Outro efeito dos aleloquímicos e de outros agentes promotores de estresse é a liberação de radicais livres, e estes radicais ao mesmo tempo que podem promover a morte celular também atuam como moléculas de sinalização intracelular, promovendo o acionamento de respostas de defesa das plantas (Taiz, *et al.*, 2017).

Já foi demonstrado que aleloquímicos agem no estresse oxidativo, produzindo EROs, que trabalham nos processos de degradação celular, dificultando o desenvolvimento das plantas, os

processos fisiológicos e a germinação de sementes, comprometendo a entrada de água na célula. A água disponível na solução do solo é um dos principais recursos disputados na competição interespecífica (Rockenbach *et al.*, 2018).

Visando encontrar um atenuante para realizar o controle da ação das ERO nas plantas utilizou-se o ácido ascórbico (AsA) no pré-tratamento de sementes de micro tomateiro (MT), e constatou-se que, o tratamento foi eficiente regulando o sistema de defesa antioxidantes, diminuiu os feitos estresse salino e aumentou a tolerância da planta a estes (Alves, 2019).

Para determinar se os extratos de braquiária afetaram as raízes e provocaram morte celular, a tabela 3 mostra a absorbância de retenção do corante Azul de Evans que fica retido em células mortas. Nas plantas cultivadas durante 7 dias, não houve morte celular. Aos 14 dias de cultivo, em substrato orgânico, apenas o tratamento de 2% com AS apresentou diferença, o maior valor indica morte celular, este foi o tratamento que a raiz mais cresceu, é possível que AS tenha exercido função de molécula sinalizadora, estimulando a síntese de espécies reativas de oxigênio, (Osei *et al.*, 2021), neste caso ocorre morte celular local, mas depois ocorre o crescimento da planta se a resposta for positiva.

Tabela 3. Valores de absorbância do corante Azul de Evans de controle e tratamentos para a viabilidade celular de raízes de plântulas de alface no 7º dia de cultivo e no 14º dia de cultivo.

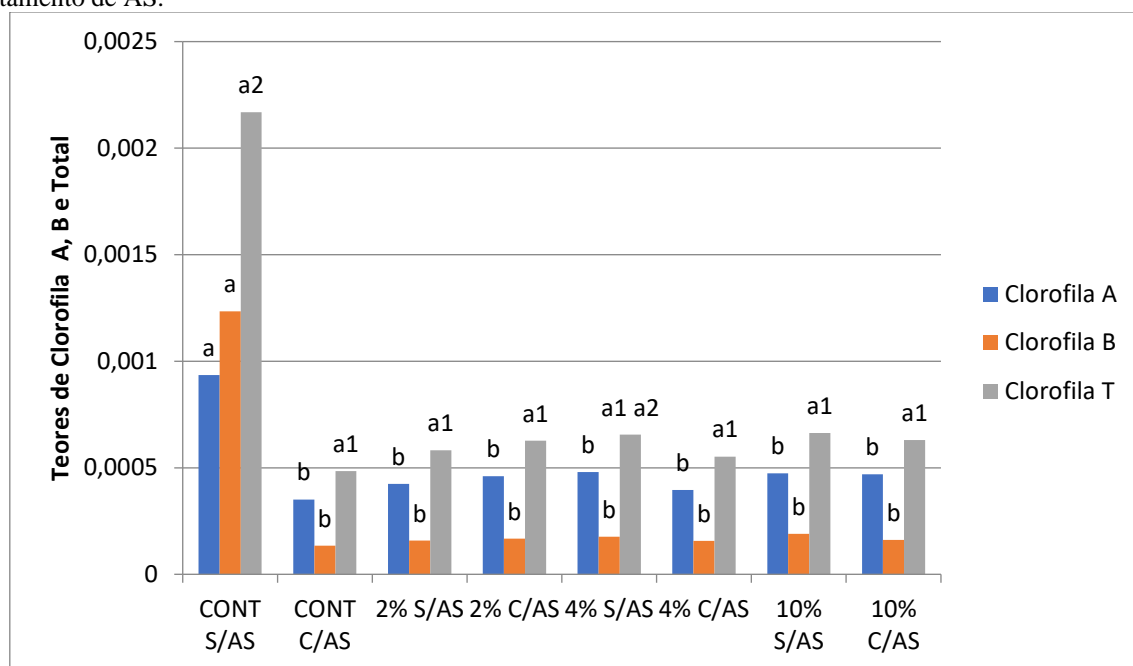
Tratamentos	7º dia de cultivo	14º dia de cultivo
Controle sem ácido salicílico	0,156 ^a	0,089 ^a
Controle com ácido salicílico	0,116 ^a	0,074 ^a
2% sem ácido salicílico	0,150 ^a	0,052 ^b
2% com ácido salicílico	0,130 ^a	0,102 ^a
4% sem ácido salicílico	0,140 ^a	0,058 ^{ab}
4% com ácido salicílico	0,130 ^a	0,063 ^{ab}
10% sem ácido salicílico	Não houve crescimento	0,081 ^a
10% com ácido salicílico	Não houve crescimento	0,058 ^{ab}

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Fonte: (Autores, 2024).

A imagem 4 mostra os resultados de clorofilas a, b, total para cada tratamento após os 14 dias de cultivo, é possível observar que apenas o controle sem o pré-tratamento com AS apresentou níveis mais altos de clorofila. Estes resultados indicam que o extrato de braquiária compromete o teor destes pigmentos, o que já foi reportado em outros trabalhos envolvendo alelopatia (Carmo *et al.*, 2007; Ferreira *et al.*, 2007).

Imagem 5 – Teores de clorofila a, b, total de alface oriundas de sementes convencionais submetidas a pré-tratamento com AS e extrato de folhas de braquiária após 14 dias de cultivo, expressos em mg de clorofila por gramas de folhas frescas. Leitura da esquerda para direita: Controle sem pré-tratamento com AS; Controle com pré-tratamento AS; Extrato 2% sem pré-tratamento com AS; extrato 2% com pré-tratamento de AS; extrato 4% sem pré-tratamento de AS; extrato 4% com pré-tratamento de AS.



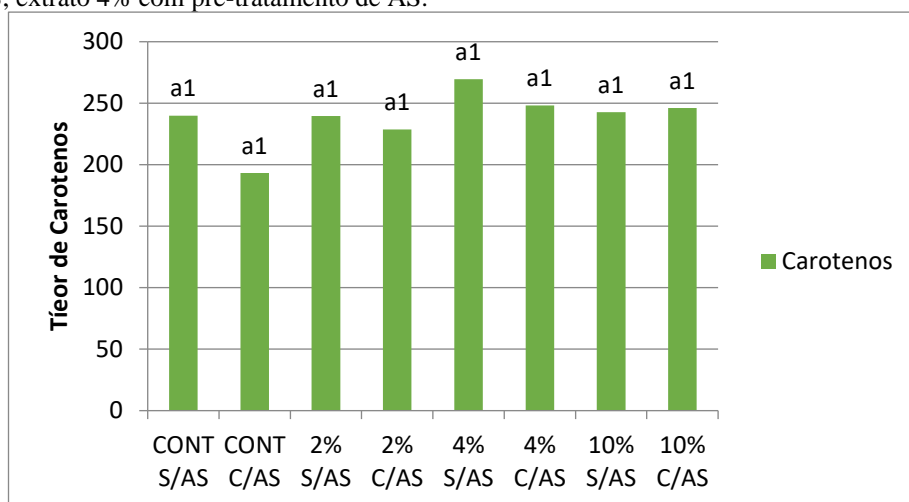
A presença de aleloquímicos de extratos vegetais podem provocar a degradação de moléculas de clorofilas nas folhas comprometendo o metabolismo primário vegetal e por isso impedindo o crescimento normal das plantas (Carmo *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2024).

Os resultados de clorofila total, Trevisan (2017) ao estudar o teor de clorofilas totais das folhas de morango observou que em baixas concentrações, AS pode diminuir estes teores, estas observações podem ser relacionadas com os resultados obtidos neste estudo. Os extratos de braquiária reduzem os níveis de clorofilas totais, assim como foram reduzidos os níveis de clorofilas a e b.

A imagem 6 traz os resultados de carotenos, não houve diferença entre os tratamentos e o controle no que se refere à concentração deste pigmento. A função biológica do caroteno está relacionada com aumentar a captação de energia luminosa para a fotossíntese, no que se refere à captação e transferência para os fotossistemas I e II (Taiz *et al.*, 2017).

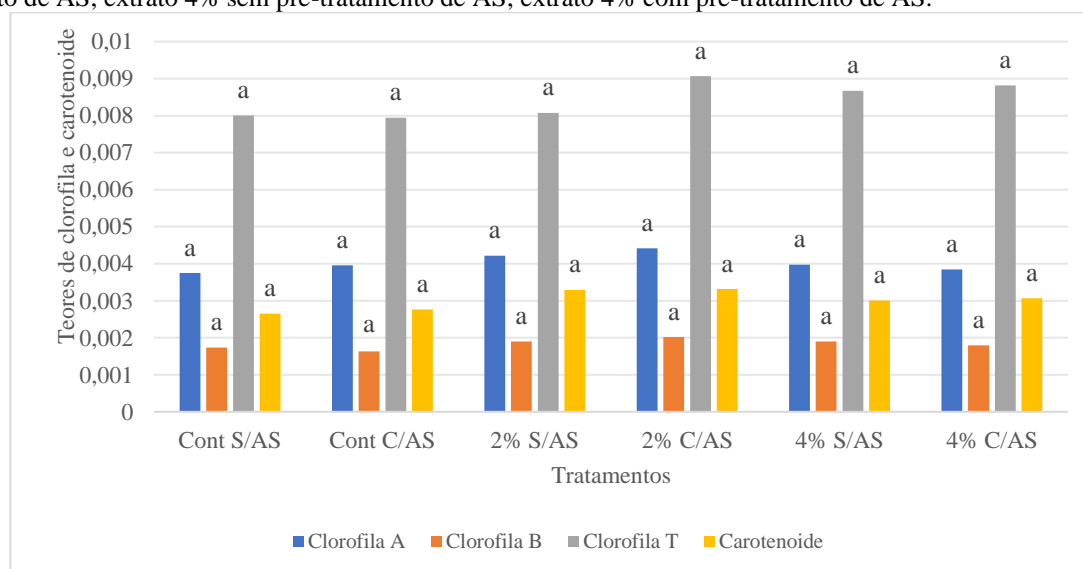
Outra função biológica importante dos carotenos é ser antioxidante, neste caso estes pigmentos podem atuar protegendo a planta do estresse oxidativo gerado por espécies reativas de oxigênio liberadas em resposta ao extrato de folhas de braquiária. Como não houve aumento nos teores de carotenos entre os grupos controle e tratamento, sugere-se que as concentrações encontradas são suficientes para prevenir a oxidação.

Imagem 6 – Teores de carotenoides de alface oriundas de sementes convencionais submetidas a pré-tratamento com AS e extrato de folhas de braquiária. Leitura da esquerda para direita: Controle sem pré-tratamento com AS; Controle com pré-tratamento AS; Extrato 2% sem pré-tratamento com AS; extrato 2% com pré-tratamento de AS; extrato 4% sem pré-tratamento de AS; extrato 4% com pré-tratamento de AS; extrato 10% sem pré-tratamento de AS; extrato 10% com pré-tratamento de AS.



Os resultados obtidos após sete dias de cultivo, mostrados na imagem 7 não mostraram aumento nos teores de clorofila a, b e clorofila total e carotenos. Vale ressaltar que para as análises foram utilizadas plântulas que apresentaram o desenvolvimento foliar. O estresse pode ou não comprometer os teores de clorofilas das plantas, estudos conduzidos também em alface, mas utilizando-se como fonte de estresse a salinização não afetou o teor de clorofilas das plantas. (Da Silva, et al., 2020). Não foi observado alterações nos teores de carotenos, o pré-tratamento com AS promoveu aumento de apenas 2%, o que pode indicar que AS está desempenhando função antioxidante nestas plantas em um efeito sinérgico com carotenos que apresentam função antioxidante.

Imagem 7 – Teores de clorofila a, b, total e carotenoide de alface oriundas de sementes convencionais e orgânicas submetidas a pré-tratamento com AS e extrato de folhas de braquiária. Leitura da esquerda para direita: Controle sem pré-tratamento com AS; Controle com pré-tratamento AS; Extrato 2% sem pré-tratamento com AS; extrato 2% com pré-tratamento de AS; extrato 4% sem pré-tratamento de AS; extrato 4% com pré-tratamento de AS.



Não foi observado alterações nos teores de carotenos, o pré-tratamento com AS promoveu aumento de apenas 2%, o que pode indicar que AS está desempenhando função antioxidante nestas plantas em um efeito sinérgico com carotenos que apresentam função antioxidante. Outra consideração que deve ser feita é que o tempo de cultivo de sete dias pode não ter sido suficiente para observar os efeitos de AS.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos em sete dias de cultivo mostram que o extrato de braquiária não compromete a germinação das sementes de alface. O tratamento com AS não afetou germinação.

O extrato de braquiária comprometeu o crescimento das raízes em todas as concentrações testadas. O pré-tratamento das sementes com AS foi eficaz em promover o crescimento radicular na concentração de 2%, indicando que a toxicidade do extrato de braquiária nesta concentração ocorre principalmente ao acúmulo de radicais livres, pois AS é um agente antioxidante. Nas concentrações de 4% e de 10%, o dano oxidativo pode ter comprometido a integridade das membranas e promoveu desbalanço iônico, neste caso AS não reverteu os danos provocados pelo estresse.

Embora as raízes tenham seu crescimento comprometido os tratamentos não afetaram os teores de pigmentos da parte aérea da planta e não provocaram a morte celular.

Aos quatorze dias extrato de folhas de braquiária não alterou o IVG, mas provocou efeitos estressantes na porcentagem total de germinação nos tratamentos de 2% e 10% sem o pré-tratamento com AS. Quanto ao crescimento das raízes das plântulas, houve redução no comprimento na concentração de 10%, o pré-tratamento com AS não reverteu esta redução. No tratamento de 2%, o comprimento das raízes foi reduzido, AS promoveu aumento de comprimento, e as raízes tiveram valores de comprimento iguais ao controle.

Em relação aos teores de clorofilas, o extrato de folhas de braquiária em todas as concentrações testadas promoveu redução no teor de clorofila a e clorofila total. O pré-tratamento com AS não reverteu este resultado. Quanto aos teores de clorofila b e carotenos, não foram encontradas diferenças entre tratamentos e controle.

É possível que na presença de substratos orgânicos compostos alelopáticos reajam com outras moléculas orgânicas e não promovam efeitos inibitórios. O pré-tratamento com AS pode acionar respostas antioxidantes e promover o crescimento das raízes de alface.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. D. C. **Ácido ascórbico como regulador da resposta antioxidante em tomateiro sob estresse salino**. (Tese de Doutorado) Universidade Estadual Paulista UNESP – Jaboticabal, SP, 53p., 2019.
- ARNON, Daniel. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, n. 24, v.1, p.1-15, 1949.
- ARAÚJO, E. D., et al. Germination and initial growth of cowpea cultivars under osmotic stress and salicylic acid. **Rev. Caatinga, Mossoró**, v. 31, n. 1, p. 80–89, 2018.
- BARBOSA, Elizabeth Gorgone, *et al.* Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian cerrados. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 51, p. 625-631, 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional Vigilância Sanitária. 2008. Resolução - **Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos** nº 12, de 24 de julho de 1978. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br> Acesso em: 10 de março 2023.
- BULEGON, L. G.; MEINERZ, C. C.; CASTAGNARA, D. D.; BATTISTUS, A. G.; GUIMARÃES, V. F.; NERES, M. A. Alelopatia de espécies forrageiras sobre a germinação e atividade de peroxidase em alface. **Scientia Agraria Paranaensis**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 94-99, 2015. DOI: 10.18188/sap.v14i2.8385. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/8385>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- CARMO, Flávia Maria da Silva; BORGES, Eduardo Euclides de Lima; TAKAKI, Massanori. Alelopatia de extratos aquosos de canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer). **Acta Botanica Brasilica**, v. 21, p. 697-705, 2007.
- CHENG, Fang; CHENG, Zhihui. Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 1020, 2015.
- CHIOCHETTA, Andre Gustavo; TISCHER, Josiele Salet. Efeito alelopático e caracterização do extrato aquoso de Azevém (*Lolium Multiflorum*) sobre a germinação de sementes de trigo (*Triticum aestivum*). **Anais de Agronomia**, v. 2, n. 1, p. 95-105, 2022.
- CORREIA, D. P., et al. Associação milho-forrageira em Rolim De Moura, Rondônia / Corn-forrage association in Rolim De Moura, Rondônia. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 25136–25155, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-097. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9655>. Acesso em: 3 sep. 2024.
- DA SILVA, Cinara Bernardo *et al.* Teor de clorofila, carotenoides e índice SPAD na alface (*Lactuca sativa*) em função de lâminas de irrigação e níveis salinos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 18, p. 19-22, 2020.
- DE OLIVEIRA, João Carlos Vilar et al. Produção de mudas de alface em diferentes substratos e níveis de solução nutritiva. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 12, p. e10293-e10293, 2024.
- DE SÁ, L. F. R.; DA S. G., A. Alelopatia do Extrato de Folhas, Frutos e Raiz de *Eucalyptus grandis* sobre Sementes de *Lactuca sativa* L. **Revista Transformar**, v. 15, n. 1, p. 498-509, 2021.

ELGER, C.; SIMONETTI, A. P.M. M. Influência da palhada de *Brachiaria brizanta* sobre a germinação e desenvolvimento inicial da cultura de soja. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 2, p. 81-88, 2013.

EMBRAPA. **Boletim da agropecuária em Rondônia: Evolução da Produção Agropecuária**, Embrapa Rondônia, Boletim Técnico, n.18, 30p, 2018.

FERREIRA, Indira et al. O extrato de sucupira (*Pterodon Pubescens* Benth.) é alelopático a plântulas de alface, girassol e braquiária? **Enciclopedia Biosfera**, v. 11, n. 22, 2015.

FERREIRA, M. C.; SOUZA, J. R P.; FARIA, T. J. Potenciação alelopática de extratos vegetais na germinação e no crescimento inicial de picão-preto e alface. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1054-1060, 2007.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, n. 37, v.4, p.529-535, 2019.

FONSECA, M. D. O., et al. **Indução da resistência sistêmica adquirida em frutas e hortaliças. In Embrapa Agroindústria de Alimentos-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE CIENTÍFICA NA EMBRAPA, 2., 2010, Brasília, DF. Poster. Brasília, DF: Embrapa, 2010.

LUCCHESI, Júlio Rieger *et al.* Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* M. Roem. var. australis. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 141-149, 2018.

NÓBREGA, J. S. et al. Ácido salicílico atenua o efeito do estresse hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Cereus jamacaru* DC. **Scientia Plena**, v. 17, n. 4, 2021.

OSEI, R. et al. Role of salicylic Acid in Plants Defense Mechanisms Against Pathogens. **IJCIRAS**, n.4, v.6, 2021.

PORPINO, G.; BOLFE, E. L. Tendências de consumo de alimentos: implicações e oportunidades para o setor agroalimentar brasileiro. **Informe Agropecuário. Certificação, Rastreamento e Agregação de Valor**, v. 41, n. 311, p. 7-14, 2020.

REIGOSA, M. et al. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical reviews in plant sciences**, v. 18, n. 5, p. 577-608, 1999.

ROCKENBACH, A. P. et al. Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. **Revista brasileira de herbicidas**, v. 17, p. 59-70, 2018.

SANTOS, M. R. et al. Indução de tolerância ao estresse salino em cana-de-açúcar mediante priming com ácido salicílico. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, 2019.

SANTOS, L. C. S. et al. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, n.7, v.3, 2024.

SOUZA FILHO, A. P.S, et al. **ALELOQUÍMICO PRODUZIDO PELA GRAMÍNEA FORRAGEIRA *Brachiaria humidicola***. 1. ed. Belém- Para: Scielo Brasil, p. 25-32 p. v. 23, 2005.

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Grupo A, p. 736, 2017.



TREVISAN, F. et al. Ácido Salicílico no desenvolvimento de plantas e nas características físico-químicas de frutas de morango “Milsei-Tudla”. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 2, p. 106-114, 2017

YAMAMOTO, Y. et al. Lipid peroxidation is an early symptom triggered by aluminium, but not primary cause of elongation inhibition in pea roots. **Plant Physiology**, v.125, n.1, p.199-208, 2001.

WHITHAM, F. H. et al. Experiments in plant physiology. New York: D. **Van Nostrand Company**, 1971, p.55-58.