



CENTRO UNIVERSITÁRIO GOYAZES – UNIGOYAZES

**INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO EXTRATO AQUOSO
DE *BETA VULGARIS L.* NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE
PLÂNTULAS DE *SOLANUM LYCOPERSICUM L.***

Jeferson Sousa

Leandro Vaz Amorim

Orientadora: Profa. Dra. Susy Ricardo Lemes Pontes

Trindade – GO

2021

CENTRO UNIVERSITÁRIO GOYAZES – UNIGOYAZES

**INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO EXTRATO AQUOSO
DE *BETA VULGARIS L.* NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE
PLÂNTULAS DE *SOLANUM LYCOPERSICUM L.***

Jeferson Sousa

Leandro Vaz Amorim

**Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à Faculdade
União de Goyazes como
requisito para obtenção do título
de Bacharel em Biologia.**

Trindade – GO

2021

Jeferson Sousa

Leandro Vaz Amorim

**INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO EXTRATO AQUOSO
DE *BETA VULGARIS* L. NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE
PLÂNTULAS DE *SOLANUM LYCOPERSICUM* L.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro
Universitários Goyazes –
UniGoyazes como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Biologia, aprovado pela seguinte
banca examinadora:

Profa. Dra. Susy Ricardo Lemes Pontes (orientadora)
Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

Prof. Me. Gláucio Freitas Oliveira e Silva (membro interno)
Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

Prof Dr. Climbiê Ferreira Hall (membro externo)
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Trindade - GO

15/06/2021

INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE ALELOPÁTICA DO EXTRATO AQUOSO DE *BETA VULGARIS* L. NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE *SOLANUM LYCOPERSICUM* L.

Jeferson Sousa¹; Leandro Vaz Amorim¹; Susy Ricardo Lemes Pontes²

RESUMO

INTRODUÇÃO: O efeito alelopático se refere a ação de substâncias vegetais, aleloquímicos, que podem estimular ou inibir a germinação e o crescimento das plantas. **OBJETIVO:** Desta forma, este trabalho objetivou avaliar o efeito alelopático do Extrato Aquoso de Beterraba (*Beta vulgaris* L.) - EAB na germinação de sementes e crescimento de plântulas do tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). **METODOLOGIA:** Para a determinação da ação alelopática do EAB, foram utilizadas sementes comercializadas tomate. O experimento foi realizado no laboratório de Botânica do Centro Universitário Goyazes e conduzido sobre delineamento casualizado, sendo empregadas três concentrações do EAB, (25%, 50%, e 75%), além da testemunha (água destilada). Realizou-se 4 repetições para cada concentração do EAB em papel germitest, contendo cada qual 25 sementes. A avaliação ocorreu através do cálculo da porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e anormais, tamanho da protusão inicial de sementes germinadas, comprimento total das plântulas e de suas partes (hipocótilo e raiz primária), índice de vigor (IV), índice do efeito alelopático (RI) e índice de velocidade de germinação (IVG). **RESULTADOS:** Os resultados demonstraram que: o efeito alelopático proporcionado pelo EAB interagiu de forma positiva quanto a germinação das sementes, não alterando a sua taxa e velocidade de germinação nas sementes de tomate, por outro afetou a formação de plântulas normais do tomate, com resultados inibitórios mais proeminente ocasionados pelo extrato aquoso em maiores concentrações. **CONCLUSÃO:** Mediante as condições experimentais aplicadas neste estudo, o EAB não influenciou na germinabilidade das sementes do tomate, apresentando um RI positivo. Todavia, a concentração de 75% promoveu um elevado percentual de plântulas anormais, sugerindo que tal extrato pode causar alterações morfológicas e funcionais no desenvolvimento de plântulas do tomate, possivelmente em virtude de seus componentes aleloquímicos.

Palavras-chave: Alelopatia. Beterraba. Extrato vegetal. Germinação. Tomate.

¹ Acadêmicos do Curso de Ciências Biológicas do Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

² Orientadora: Profa. Doutora, do Centro Universitário Goyazes – UniGoyazes

INVESTIGATION OF THE ALLELOPATHIC ACTIVITY OF AQUEOUS EXTRACT OF *BETA VULGARIS* L. ON THE GERMINATION AND GROWTH OF *SOLANUM LYCOPERSICUM* L. SEEDLINGS

ABSTRACT

INTRODUCTION: The allelopathic effect refers to the action of plant substances, allelochemicals, which may stimulate or inhibit the germination and growth of plants. **OBJECTIVES:** Thus, this study aimed to evaluate the allelopathic effect of the aqueous extract of beet (*Beta Vulgaris* L.) - EAB on seed germination and growth of tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) seedlings. **METHODOLOGY:** To determine the allelopathic action of EAB, commercial tomato seeds were used. The experiment was performed in the Botany Laboratory of the Goyazes University Center and conducted on a randomized design, using three concentrations of EAB, (25%, 50% and 75%), and a control (distilled water). There were four repetitions for each concentration of EAB on germ paper, each containing 25 seeds. The evaluation was done by calculating the germination percentage, percentage of normal and abnormal seedlings, size of the initial protrusion of germinated seeds, total length of the seedlings and their parts (hypocotyl and primary root), vigor index (IV), allelopathic effect index (RI) and germination speed index (GVI). **RESULTS:** The results showed that: the allelopathic effect provided by EAB interacted positively with respect to seed germination, not altering its rate and speed of germination in tomato seeds; on the other hand, it affected the formation of normal tomato seedlings, with more prominent inhibitory results caused by the aqueous extract at higher concentrations. **CONCLUSION:** Through the experimental conditions applied in this study, EAB did not influence the germinability of tomato seeds, presenting a positive RI. However, the concentration of 75% promoted a high percentage of abnormal seedlings, suggesting that such an extract may cause morphological and functional changes in the development of tomato seedlings, possibly due to its allelochemical components.

Keywords: Allelopathy. Beet. Vegetable extract. Germination. Tomato.

INTRODUÇÃO

A alelopatia é um fenômeno químico ecológico no qual metabólitos secundários, produzidos por uma espécie vegetal, são liberados e interferem na germinação e/ou no desenvolvimento de outras plantas num mesmo ambiente, proporcionando maior adaptação evolutiva (TAIZ; ZEIGER, 2004) Num sentido amplo, os efeitos alelopáticos referem-se tanto à inibição quanto ao estímulo de desenvolvimento de outros organismos (DIAS et al., 2015).

Os aleloquímicos ou metabólitos secundários, podem estimular ou inibir a germinação e o crescimento das plantas, e permitir o desenvolvimento de culturas com baixo teor de resíduos fitotóxicos na água e no solo. O uso de plantas para cobertura do solo também pode resultar em efeitos alelopáticos na germinação e desenvolvimento de plântulas através da liberação de metabólitos secundários (CHENG; CHENG, 2015).

Borghetti e Pessoa (1997) e Rodrigues et al. (1999), ressaltam que a germinação nem sempre sofre alterações devido a presença de material alelopático, mas ocorre alteração na velocidade de germinação.

Inúmeros estudos foram realizados para avaliar e demonstrar o efeito alelopático da interação de diferentes vegetais. Entre exemplos positivos se destaca a utilização do extrato do Capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) em sementes de Mineirão (*Stylosanthes guianensis*). E como ação negativa, um exemplo é o extrato de centeio crioulo (*Secale cereale* L.) sobre sementes de Beterraba (*Beta vulgaris* L.), onde se observa que o centeio reduz a germinação das sementes e afeta o crescimento das plântulas (SOUZA-FILHO et al. 2009). Cabe destacar que a beterraba vermelha é considerada uma das principais hortaliças cultivadas no Brasil, com diversos biótipos, sendo três deles de significativa importância econômica: beterraba açucareira, forrageira e hortícola. A beterraba vermelha também figura entre os 10 vegetais mais potentes quanto a sua capacidade antioxidante, correspondendo a um conteúdo de compostos fenólicos de 50–60 $\mu\text{mol/g}$ em peso seco (KÄHKÖNEN et al., 1999).

Ressalta-se que a germinação das sementes e a sobrevivência das plântulas são as etapas mais críticas em uma comunidade vegetal natural e são de grande importância na restauração e manutenção de ecossistemas (KITAJIMA; FENNER, 2000).

A germinação da semente é considerada como a retomada das atividades metabólicas do eixo embrionário, conseqüentemente culminando na emissão da radícula. Este processo constitui um dos pontos mais críticos para determinar o sucesso no estabelecimento de um estande adequado de plantas, por isso, estudos sobre o efeito de luminosidade, temperatura, água, salinidade são essenciais para entender os aspectos ecológicos e fisiológicos que envolvem o processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; CASTRO et al., 2004; BRASIL, 2009).

Uma semente necessita que todos estes fatores estejam em equilíbrio para que desenvolva de maneira saudável e que germine de forma mais rápida. Todavia, diferentes espécies vegetais podem apresentar um processo germinativo mais acelerado em relação às outras. Um exemplo de germinação acelerada, que é o aceleração do processo de germinação, ocorre com as sementes da alface (*Lactuca sativa*) e tomate (*Solanum lycopersicum*) (LIMA, MORAES, 2008).

Deste modo, este estudo objetivou verificar a ação alelopática do extrato aquoso da beterraba (*Beta vulgaris*) na germinação e crescimento de plântulas de tomate (*Solanum Lycopersicum*).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Botânica do Centro Universitário Goyazes, Trindade, Goiás. O potencial alelopático da beterraba foi avaliado a partir do extrato aquoso da beterraba vermelha (EAB). A beterraba foi adquirida em comércio local do município de Trindade-GO no mês de abril de 2021. A utilização do extrato aquoso foi preferida em relação a outros tipos de extrato, devido à utilização da água como solvente natural, sendo o único que aparece na natureza e participa nas reações que ocorrem tanto nos sistemas naturais quanto cultivados (GUILHERME; SILVA; OTTO, 2000).

O EAB foi elaborado a partir da raiz tuberosa nas concentrações de 25, 50 e 75% (m/v), obtidos a partir da trituração de 100 g do material vegetal tuberoso fresco, separadamente, em 1000ml de água destilada e deionizada por meio liquidificador comercial e tempo de cinco minutos, em temperatura ambiente média de 25 °C. O EAB bruto (100%) foi em seguida submetido à filtração simples em algodão hidrófilo e utilizado para diluições em água destilada a fim de se obter as concentrações de 25, 50 e 75%. Como tratamento controle foi utilizada água destilada (0%).

Ressalta-se que após a filtração dos extratos, estes foram coletados num béquer, sendo, posteriormente, determinado o pH, aferindo-se com um peagâmetro (modelo pH meter 009), com leitura realizada em seis repetições para posterior cálculo da média. A condutividade dos EABs e água destilada com base nos sólidos totais dissolvidos foi aferida por condutivímetro digital modelo TDS-3 meter hold.

Para a determinação da ação alelopática do EAB sob diferentes concentrações, foram utilizadas sementes comercializadas de tomate no município de Trindade-GO em abril de 2021. As avaliações foram divididas em duas etapas:

Etapa A - Avaliação de atributos do processo germinativo: as sementes de tomate foram acondicionadas sobre duas folhas de papel Germitest esterilizadas, umedecidas com 5 ml dos extratos aquosos, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e o controle com água destilada. O experimento foi constituído de quatro tratamentos (um tipo de extrato sob três concentrações, além do grupo testemunha com água destilada), cada um com quatro repetições de 25 sementes (cipselas) distribuídas com auxílio de um contador de sementes. Os papéis germitest permaneceram sob temperatura e iluminação ambiente, sendo observadas as sementes germinadas a cada 24 horas, durante oito dias (BRASIL, 2009). Ressalta-se que as sementes de tomate não foram submetidas a nenhum teste prévio de quebra de dormência.

Durante todo o período de experimentação foi aferida diariamente a temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade do ambiente nos períodos matutino, vespertino e noturno com auxílio de termômetro digital e luxímetro digital.

Etapa B - Avaliação do crescimento inicial: A contagem da germinação foi realizada diariamente, sempre no mesmo horário, até totalizar oito dias após a semeadura. Foram consideradas germinadas sementes dotadas de protusão radicular mínima de 2 mm (BRASIL, 2009). As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais e anormais, comprimento médio da protusão radicular, comprimentos total das plântulas e de suas partes (hipocótilo e raiz primária), índice de vigor (IV), índice do efeito alelopático (IEA) e índice de velocidade de germinação (IVG).

A classificação das plântulas em normais ou anormais ocorreu de acordo com as especificações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A medição do comprimento médio da protusão radicular, comprimentos total das plântulas e de suas partes foi realizada com auxílio de uma régua.

O IV foi calculado de acordo com Dhindwal et al. (1991): $IV = [\text{comprimento do hipocótilo (mm)} + \text{comprimento da raiz (mm)}] \times \text{porcentagem final da germinação}$. O IVG foi calculado de acordo com Maguire (1962) pela fórmula $IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n$; em que: G_1, G_2, G_n = número de sementes germinadas computadas na primeira, na segunda e na última contagem; e N_1, N_2, N_n = número de dias da

semeadura a primeira, segunda e última contagem. O índice de efeito alelopático sugerido por Williamson e Richardson foi calculado de acordo com a fórmula: $RI = 1 - C/T$ ($T \geq C$) ou $RI = T/C - 1$ ($T < C$) onde: C = velocidade de germinação do controle (0%) e T = velocidade de germinação do tratamento (CARVALHO; CARVALHO, 2009).

Os dados gerados foram submetidos ao teste de normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilks a 5% de significância e após a determinação da normalidade os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de correlação de Pearson. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância (OLIVEIRA et al., 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios verificados durante os oito dias de experimento para temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade, bem como o pH e valor de condutividade dos EABs estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que no período vespertino, por exemplo, que a temperatura média ambiente se concentrou em 31°C, com umidade relativa do ar e taxa de luminosidade de 41,8% e 554,2 lux, respectivamente.

Tabela 1 – Valores médios da temperatura, umidade do ar, taxa de luminosidade dos períodos matutino, vespertino e noturno durante os oito dias de experimento, e valor médio do pH e taxa de condutividade do grupo testemunha (H₂O) e extratos de beterraba testados. UNIGY (Trindade-GO), 2021.

Período	Temperatura média (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Taxa de luminosidade (lux)
Matutino	23,5	62,6	294,0 ^B
Vespertino	31	41,8	554,2 ^M
Noturno	23	65,2	-
Grupo	pH	Condutividade (ppm)	
H ₂ O	7,3	0	
EAB 25%	5,9	388	

EAB 50%	5,9	447
EAB 75%	5,8	495

Legenda: B = luminosidade Baixa; M = luminosidade Moderada;

O processo germinativo na semente é caracterizado pela reativação do metabolismo paralisado após a maturidade fisiológica e pode ser afetado por fatores internos, externos ou ambientais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Dentre os fatores ambientais, considera-se água, oxigênio e temperatura como componentes vitais que determinam a intensidade e a velocidade de germinação da espécie (MARCOS-FILHO, 1986; BEWLEY; BLACK, 1994). Além disso, condições de luminosidade e mecanismos de adaptação à salinidade do substrato são fatores determinantes para a germinabilidade das sementes (FANTI; PEREZ, 1998).

A temperatura é considerada um dos principais fatores ambientais para a germinabilidade. Neste sentido, Clemente e Boiteux (2012) apontam que, em relação às sementes de tomate, a temperatura e pH ideal para a germinação varia respectivamente de 20 °C a 25 °C e 6,5. Sob temperaturas próximas de 15 ou 35 °C a germinação é considerada baixa, e quando estas são submetidas a temperaturas menores que 5 °C ou maiores que 40 °C, a sua germinação é praticamente nula.

Desta forma conforme condições metodológicas aplicadas neste estudo, a temperatura média, em especial do período matutino e noturno, e pH das soluções testadas durante o período de experimentação se manteve próximos dos parâmetros ideais para a germinação das sementes do tomate.

O início do processo de germinação ocorreu através da protrusão do hipocótilo e consequente desenvolvimento da raiz (Figura 1). O hipocótilo por vez apresenta tamanho elevado em comparação às demais estruturas, principalmente ao tamanho da semente que possui de 3x1mm e formato ovalado com depressões laterais, e não eleva a mesma acima do substrato. Os cotilédones são foliáceos, não se liberam do tegumento e o eixo desenvolve-se lateralmente à semente, com germinação característica do tipo epígeo (Figura 1). O epicótilo se alonga em formato de foice e ao se tornar ereto, ainda não há possibilidade de distinção a olho nu das primeiras folhas (Figura 1). De modo geral, as raízes dos grupos tratados com o EAB, especialmente nas concentrações de 50 e 75% apresentaram maiores deformidades.

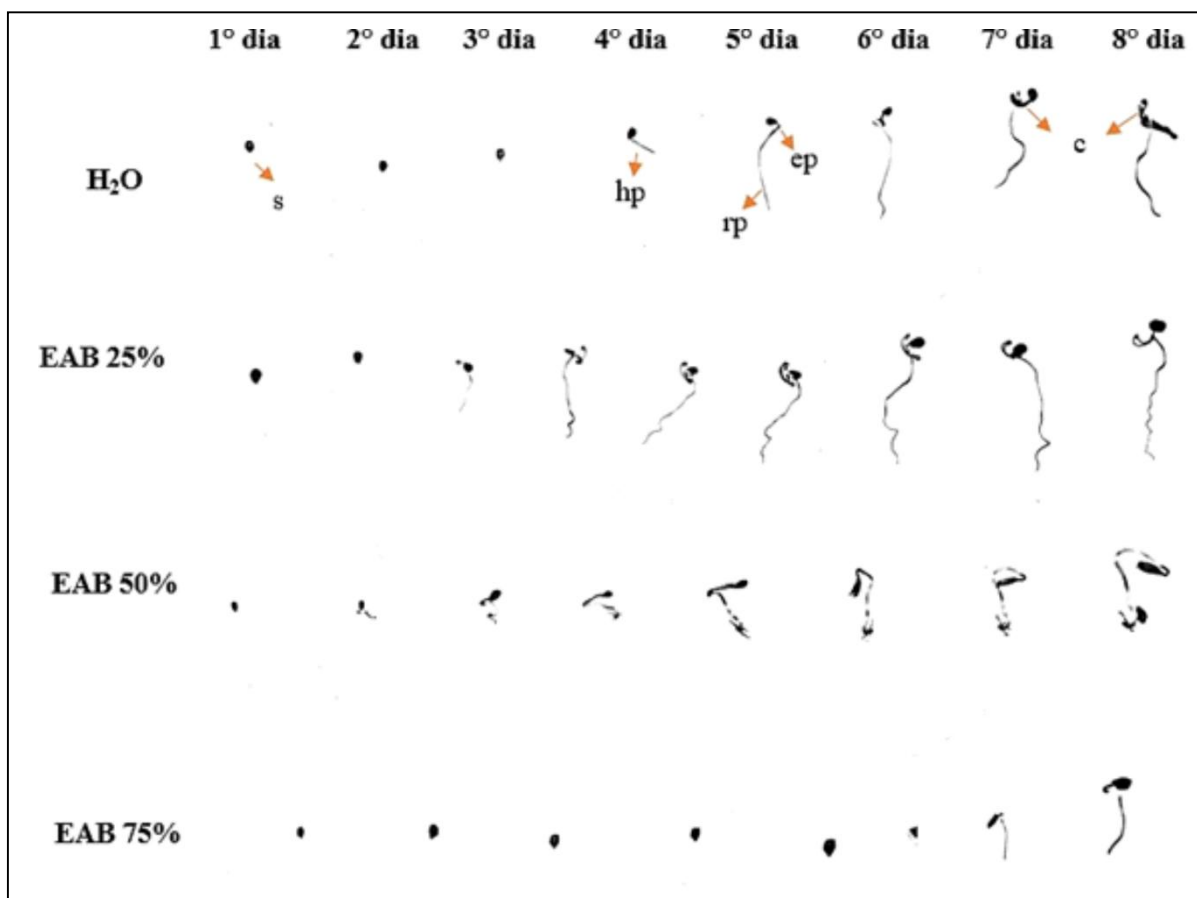


Figura 1 – foto em modelo preto e branco a partir de scanner das fases de germinação e formação de plântula de tomate, sob diferentes concentrações do EAB. UNIGY (Trindade-GO), 2021. Legenda: S - semente; hp – hipocótilo; rp - raiz principal; ep – epicótilo; c – cotilédone.

Chon et al. (2000) apontam que as raízes apresentam maior sensibilidade aos aleloquímicos presentes em extratos vegetais em relação a outras estruturas da plântula em virtude de sua maior exposição direta aos extratos, bem como à respostas fisiológicas distintas entre as estruturas do vegetal.

Neste estudo, observou-se uma inibição não significativa ($p > 0,05$) na percentual de germinação mediante influência dos EABs testados. A germinação de cipselas de tomate foi reduzida nas três concentrações testadas, em especial na concentração de 25% com taxa de germinação observada igual a 92%. No grupo EAB 50% houve o menor IV observado, sendo este igual a 363,63 (Tabela 2).

Além disso, ao avaliar o comprimento da protusão inicial das sementes do tomate, foi detectada que na concentração de 50% o comprimento médio foi menor em relação ao grupo testemunha e das sementes testadas nas demais concentrações, apresentando diferença significativa em relação ao grupo EAB 75% ($p = 0,03$). A média

da protusão inicial também apresentou forte correlação positiva com o IV ($R=0,9$ com $p\leq 0,05$), onde quanto maior a protusão, maior foi o IV (Figura 2).

Tabela 2 – Percentual de germinação, valor médio da protusão inicial $\pm$ DP e Índice de Vigor das sementes de tomate submetidas a diferentes concentrações do EAB, oito dias após a semeadura. UNIGY (Trindade-GO), 2021.

Grupos	% de germinação	Protusão inicial (mm)	$\pm$ DP	IV
Testemunha	96%	9,1	0,5	498,24
EAB 25%	92%	7,7	0,5	443,44
EAB 50%	93%	6,4*	0,4	363,63
EAB 75%	93%	7,2	0,5	402,69

*Diferença significativa em relação ao grupo EAB 75% ($p=0,03$).

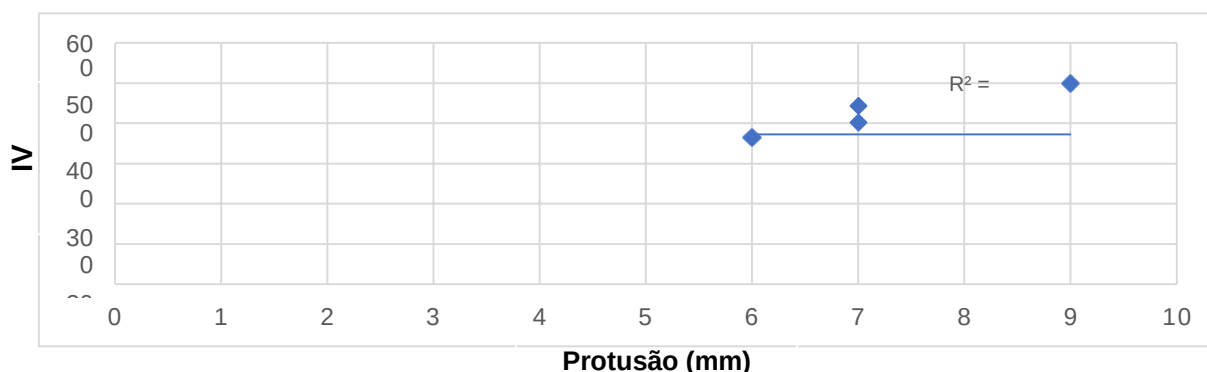


Figura 2 - Correlação entre comprimento médio da protusão inicial com IV.

As sementes de tomate que foram submetidas ao EAB apresentaram média próxima à do grupo testemunha, isso pode ser explicado por alguns fatores: a temperatura média do ambiente, especialmente no período matutino, se manteve dentro da ideal para a germinação das sementes de tomate (20 °C e 25 °C). A umidade do período vespertino ao longo dos dias de germinação também se manteve dentro do percentual considerado ótimo (entre 60% e 80%) para tais sementes (CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

Desta forma, as diferentes concentrações do EAB não influenciaram na germinabilidade das sementes de tomate. Segundo Reigosa et al. (1999), os efeitos dos aleloquímicos, nos diferentes processos fisiológicos de uma planta, podem ser dependentes da concentração do extrato ou, ao menos, espera-se que sejam,

promovendo ativações em baixas concentrações.

Wu e colaboradores (2009), por sua vez, lecionam que a ação alelopática tende a ser maior devido a concentração dos aleloquímicos dos extratos, os quais influenciam de forma direta a interação do vegetal e ambiente.

Neste estudo, os menores índices de vigor foram detectados nas sementes submetidas ao EAB nas concentrações de 50% ($p < 0,05$ em relação ao grupo testemunha) e 75%. A maior concentração de sólidos dissolvidos nos extratos, pode inferir, portanto, que existe uma provável maior concentração de fitoquímicos no EAB em tais concentrações, os quais, apesar de não influenciarem na germinabilidade das sementes de tomate, interferem em seu vigor.

O vigor de sementes é caracterizado por uma série de características que atuam no desempenho da semente em campo, tanto após a semeadura quanto em sua armazenagem. Existem múltiplos métodos para o teste de vigor, onde cada qual é importante para obter resultados robustos durante a condução de um teste de germinação. Em espécies de importância econômica como o tomate, o vigor da plântula é de grande relevância por garantir mudas vigorosas de tamanho uniforme (PUHL, 2019).

Esta pesquisa demonstrou que o EAB tende a reduzir não somente o IV de sementes do tomate, como também o tamanho médio da protusão observada em sementes germinadas, especialmente quando o extrato apresenta concentrações mais elevadas. Isto pode ocorrer em virtude de o EAB ter sofrido algum tipo de estresse abiótico. Segundo Saltveit (2000), o estresse abióticos é oriundo dos aspectos físico, químico e biológicos no meio externo, os quais podem estimular o metabolismo do vegetal.

Neste estudo, o percentual de plântulas foi modulado pela ação dos EABs em todas as concentrações testadas, chegando a uma taxa de 71% de plântulas anormais na concentração de 75%, diferindo-se estatisticamente ($p < 0,05$) do grupo testemunha (Figura 3).

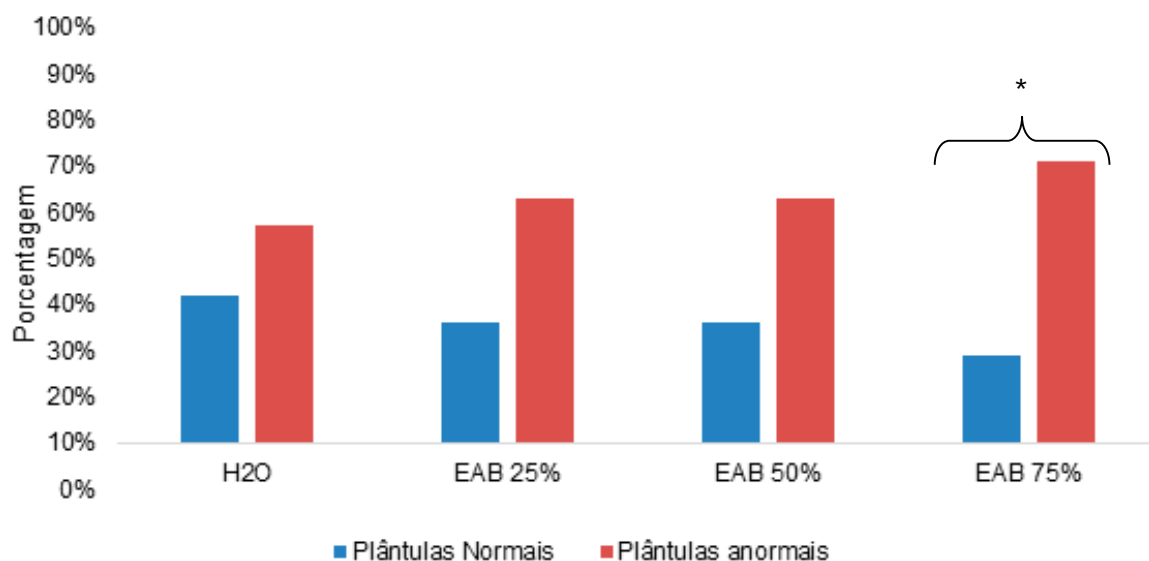


Figura 3 – Percentual de plântulas normais e anormais de tomate, submetidas a diferentes concentrações do EAB, oito dias após a semeadura. UNIGY (Trindade-GO), 2021.

*Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo testemunha (H₂O).

Além disso, os valores morfométricos verificados no hipocótilo, raiz primária e comprimento total (hipocótilo + raiz primária) das sementes submetidas ao EAB em diferentes concentrações foram menores em relação ao grupo testemunha. Reduções mais pronunciadas da raiz primária e hipocótilo foram verificadas nas concentrações de 50% (média de 2,01 cm até o oitavo dia da germinação) e 75% (média de 1,79 cm até o oitavo dia da germinação). O grupo testemunha apresentou a maior média em relação ao comprimento da raiz primária (média de 2,96 cm até o oitavo dia da germinação) e comprimento total (média de 5,19 cm até o oitavo dia da germinação). Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) na média comprimento da raiz nas sementes submetidas ao EAB nas concentrações de 50% (2,01 cm) e 75% (2,54 cm) em relação ao grupo testemunha (Figura 4).

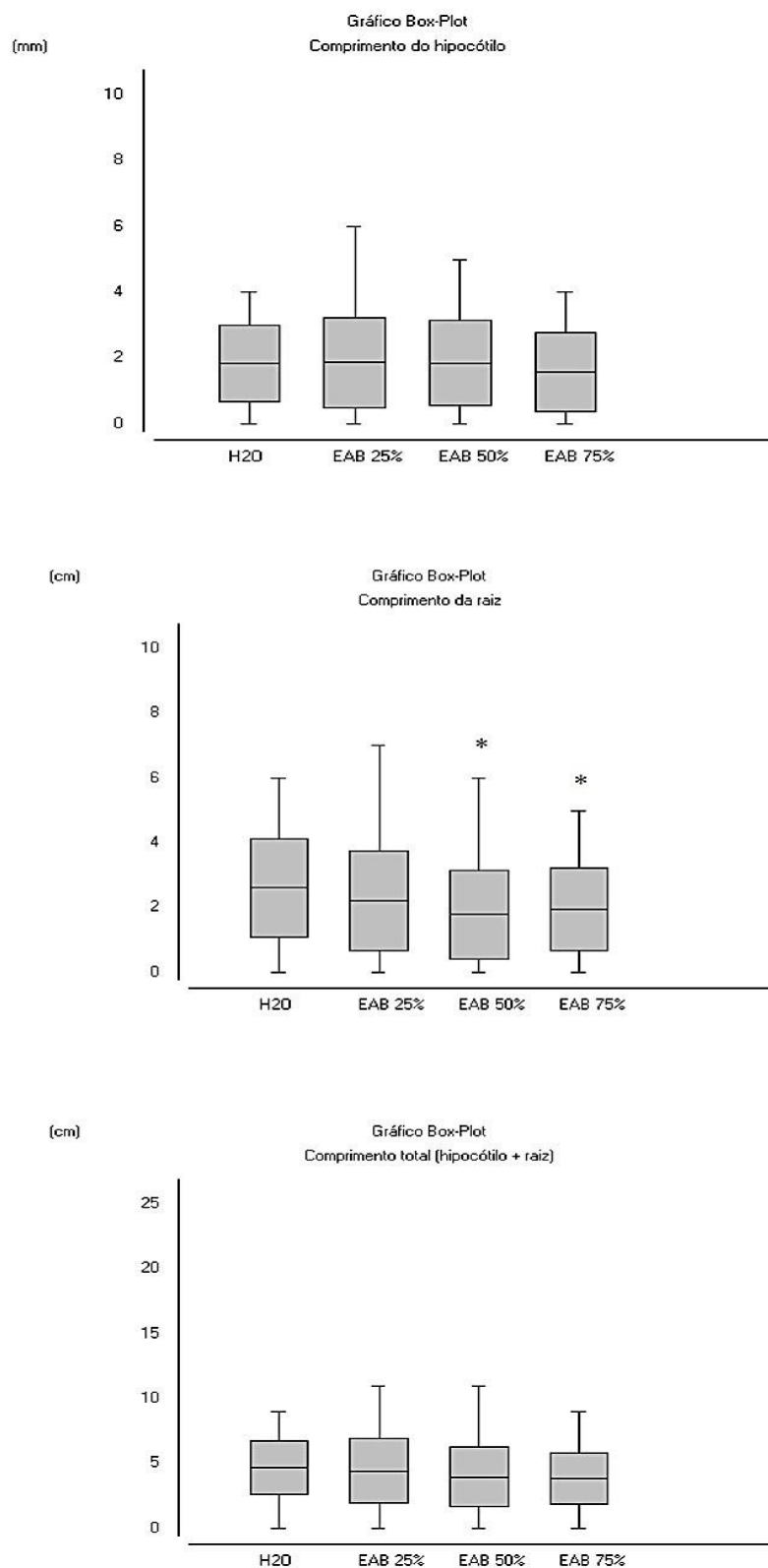


Figura 4 – Gráficos BOXPLOT comparativo entre os valores do comprimento do hipocótilo, raiz primária e total (hipocótilo + raiz) de sementes de tomate submetidas a diferentes concentrações do EAB, oito dias após a semeadura. UNIGY (Trindade-GO), 2021. *Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo testemunha (H_2O).

Uma plântula normal pode ser diferenciada de uma anormal por sua morfologia, ou influência externa. Uma plântula normal possui todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas e sadias. As plântulas anormais, por sua vez, apresentam alguns deformidades morfológicas durante seu desenvolvimento, sejam de forma natural ou causado por algum fator externo, seja ele, físico, químico ou biológico. (BRASIL, 2009).

Anormalidades em plântulas de diferentes vegetais são apontadas em diferentes estudos com extratos vegetais, como observado por Felix et al. (2007), onde plântulas de *Lactuca sativa* sofreram alterações morfológicas, ao serem submetidas a tratamentos com o extrato de *Amburana cearensis* e por Gatti et al. (2004) que detectaram que os extratos aquosos de diferentes partes de *Aristolochia esperanzae* kuntze, também afeta o desenvolvimento de plântulas de *Lactuca sativa*.

As sementes de tomate, de modo geral, apresentam sensibilidade à vários compostos aleloquímicos (MABELE; NDONG'A, 2019; VALCHEVA et al., 2019; MELO et al., 2017). Dias et al. (2015) esclarecem que existem metabólitos secundários, principalmente compostos fenólicos - presentes inclusive na beterraba, que podem reduzir a germinação de diferentes espécies vegetais, como o tomate, e gerar aspectos morfológicos desuniformes nas plântulas.

Kujala et al. (2000) descrevem que a beterraba contém significante quantidade de ácidos fenólicos, como o ferúlico, protocatecóico, vanílico, p-coumarico, p-hidrobenzóico e ácidos siríngicos. Destes o ácido ferúlico pode influenciar negativamente o desenvolvimento das sementes de vegetais após a protusão da radícula. Desta forma, é possível também inferir que especificamente a presença de tal ácido no EAB tenha influenciado negativamente o desenvolvimento das plântulas do tomate, em especial, na concentração de 75%.

Reyes e colaboradores (2007), explicaram anteriormente que isso ocorre devido um incremento que os compostos fenólicos promovem no sistema enzimático dos vegetais, promovendo até mesmo um aumento da ação do ácido salicílico, que é um hormônio natural, do grupo dos compostos fenólicos, envolvido na regulação de muitos processos de crescimento e desenvolvimento de plantas (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Neste estudo, o IVG das sementes de tomate não sofreu alteração pela ação do EAB em diferentes concentrações, não ocorrendo redução significativa do número

de sementes de tomate germinadas por dia em relação ao grupo testemunha ($p>0,05$) (Figura 5A).

O índice de efeito alelopático (RI) indica estímulo quando apresenta valores positivos em relação ao controle, enquanto valores negativos indicam inibição. Neste estudo, os dados apresentados na figura 5B apontam que todas as concentrações testadas do EAB não inibiram germinação das sementes tomate, sendo os efeitos positivos. Todavia, cabe destacar que o valor do RI reduziu, estando mais próximo de zero, na concentração de 25% ($RI = 0,04$). Não houve diferença significativa ($p>0,05$) em relação aos valores de IVG e RI detectados nos grupos de sementes submetidas as diferentes concentrações dos extratos em relação ao grupo testemunha.

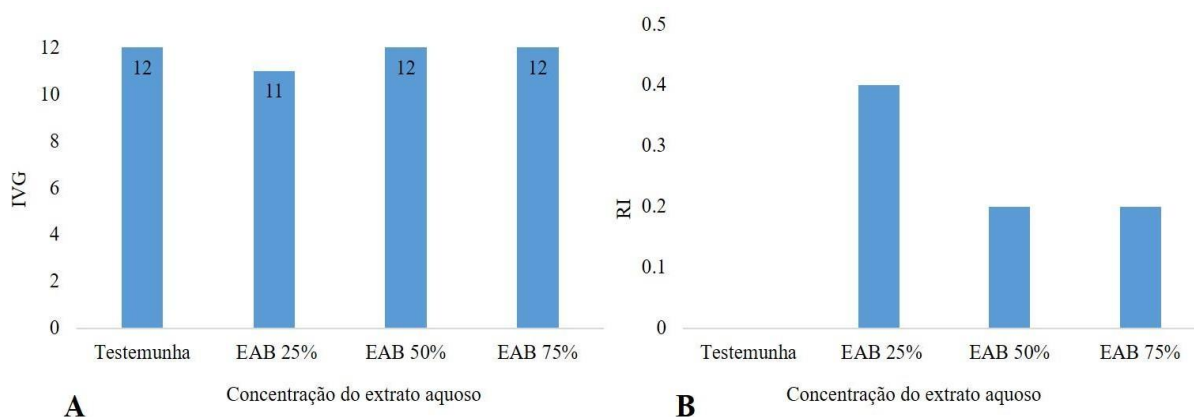


Figura 5 - Influência de diferentes concentrações de extratos aquosos da beterraba no (A) Índice de velocidade de germinação (IVG) e (B) índice de efeito alelopático (RI) de sementes do tomate. UNIGY (Trindade-GO), 2021.

Rizzardi et al. (2008) apontam que o IVG é o parâmetro de maior sensibilidade comparativamente ao percentual de germinação, devido demonstrar a ação de aleloquímicos durante o processo de retomada do crescimento do embrião. Neste sentido, existem vegetais com tolerância ou resistência a estes compostos, havendo espécies mais sensíveis do que outras, como, por exemplo, a alface e o tomate (FERREIRA; ÁQUILA, 2000).

As alterações no padrão de germinação de determinada espécie, quando sobre efeito destes compostos alelopáticos podem resultar em efeitos sobre: a permeabilidade de membranas; a transcrição e tradução do DNA vegetal; a respiração

vegetal, por sequestro de oxigênio (fenóis); a conformação de enzimas e de receptores ou ainda a combinação destes fatores (GONZALEZ et al., 1998). Também, tais compostos podem interferir na conservação, dormência e germinação de sementes, crescimento das plântulas e vigor vegetativo das adultas, por atuarem nas funções vitais da respiração, fotossíntese, divisão celular, nutrição e reprodução (ALMEIDA, 1988).

Diante disso, é provável que as sementes de tomate podem ter sido afetadas pelo EAB em sua formação, desde a protusão inicial da radícula, comprimento das plântulas e no crescimento saudável das mesmas. Todavia, cabe considerar que o índice de efeito alelopático - RI, por sua vez, se manteve em valores positivos para todos os grupos de sementes de tomate submetidas às diferentes concentrações do EAB. As condições experimentais de germinação deste estudo, considerando o pH dos extratos do EAB, temperatura ambiente, bem como a presença de maior condutividade dos extratos, em virtude de mais sólidos dissolvidos no meio aquoso, podem, por sua vez, corroborar para explicar o RI positivo.

CONCLUSÃO

Mediante as condições experimentais aplicadas neste estudo, o EAB não influenciou na germinabilidade das sementes do tomate, apresentando um RI positivo. Todavia, a concentração de 75% promoveu um elevado percentual de plântulas anormais, sugerindo que tal extrato pode causar alterações morfológicas e funcionais no desenvolvimento de plântulas do tomate, possivelmente em virtude de seus componentes aleloquímicos.

Visto que as sementes de tomate apresentaram taxa de germinação e IVG próxima ao grupo testemunha, pode-se considerar que tais sementes podem apresentar uma possível resistência aos aleloquímicos da beterraba diante das condições empregadas no estudo em relação ao pH dos extratos, temperatura ambiente e particulados sólidos dissolvidos nos extratos. Contudo, as sementes de tomate foram significativamente afetadas pelo EAB quanto o desenvolvimento das plântulas, onde foi observado um número de plântulas anormais em comparação ao grupo testemunha.

A condutividade do extrato mediante os sólidos dissolvidos nos EABs pode ter apresentado um papel importante no desenvolvimento das plântulas do tomate, uma

vez que quanto maior a concentração (ppm), menores foram os índices de vigor das sementes. Contudo, maiores estudos sobre como os mecanismos da condutividade e aleloquímicos presentes na beterraba podem afetar o desenvolvimento de plântulas de tomate, são necessários.

De modo geral, o presente estudo conseguiu atingir o objetivo inicialmente proposto, uma vez que foi possível certificar que o EAB apresenta ação alelopática positiva na germinação de sementes do tomate, uma vez que não reduziu sua taxa de germinação. Todavia, o EAB pode afetar a formação das plântulas de tomate, as quais, ainda que submetidas às condições ideais de sua germinação, podem sofrer alterações em seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.S. **Alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 68p. (Circular, 53).
- BEWLEY, J.D. ; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum, 1994. 445p.
- BORGHETTI, F.; PESSOA, D.M. de A. **Autotoxidade e alelopatia em sementes de *Solanum lycocarpum* St.Hil. (Solanaceae)**. In LEITE, L. & SAITO, C.H. (Orgs.) Contribuição ao conhecimento ecológico do Cerrado. Trabalhos selecionados do 3o. Congresso de Ecologia do Brasil, outubro 1996, Brasília, DF. Brasília, DF, Depto. de Ecologia, Universidade de Brasília, 1997. p.54-58.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS 395p, 2009.
- CARVALHO, D.B.; CARVALHO, R.I.N. Qualidade fisiológica de sementes de guanxuma em influência do envelhecimento acelerado e da luz envelhecimento acelerado e da luz envelhecimento acelerado e da luz envelhecimento acelerado e da luz. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 489-494, 2009.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP. 2000. 588 p.

CHENG, F.; CHENG, Z. Research Progress on the use of Plant Allelopathy in Agriculture and the Physiological and Ecological Mechanisms of Allelopathy. **Frontiers in Plant Science**, v.6, art.1020, p. 1-16, 2015.

CHON, S.U.; COUTTS, J.H.; NELSON, C.J. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. **Agronomy Journal, Madison**, v. 92, p. 715-720, 2000.

CLEMENTE, F.M.V.T.; BOITEUX, L.S. **Produção de tomate para processamento industrial**. Embrapa Hortaliças. Brasília-DF, 2012.

DIAS, M.A.; DIAS, D.C.F.S. ; BORGES, E.E.L. ; DIAS, L.A.S. Qualidade e compostos fenólicos em sementes de mamão alterados pela colheita e maturação dos frutos. **Ciência Rural** [online], v. 45, n. 4, p. 737-743, 2015.

DHINDWAL, A.S.; LATHER, B.P.S.; SINGH, J. Efficacy of seed treatment on germination, seedling emergence and vigour of cotton (*Gossypium hirsutum*) genotypes. **Seed Research**, v. 19, p. 59-61, 1991.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G.A. Efeitos do estresse hídrico e salino na germinação de *Bauhinia forficata* Link. **Revista Ceres**, v.43, n.249, p.654-62, 1996.

FELIX, R.A.Z.; ONO E.O.; SILVA, C.P.; RODRIGUES, J.D.; PIERI, C. Efeitos alelopáticos da *Amburana cearensis* L. (Fr.All.) AC Smith na germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e de rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p.138-140, 2007.

FERREIRA, G.A. ; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 175- 204, 2000.

GATTI, A.B.; PEREZ, S.C.J.G.A.; LIMA, M.I.S. Efeito alelopático de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus* L. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, p. 459-472, 2004.

GUILHERME, E.F.M.; SILVA, J.A.M.; OTTO, S.S. *Pseudomonas aeruginosa* como indicador de contaminação hídrica. **Revista Higiene Alimentar**, v. 14, n. 76, p. 43-46,

2000.

GONZALEZ, V.; NIMBAL, C.I.; WESTON, L.A.; CHENIAE, G.M. Inhibition of a photosystem II electron transfer reaction by sorgoleone, a natural product. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 1415-1421, 1998.

KÄHKÖNEN, M.P.; KÄHKÖNEN, A.I.; HOPIA, H.J.; VUORELA, J.P.; RAUHA, K.; PIHLAJA, T.S.; KUJALA, M.; Heinonen Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p. 3954–3962, 1999.

KITAJIMA, K.; FENNER, M. **Seedling regeneration ecology**. In: FENNER, M. (Ed.) *Seeds: Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2. Ed. Wallingford: CAB International, 2000. p. 331-360.

KUJALA, T.S.; LOPONEN, J.M.; KLIKA, K.D.; PIHLAJA K. Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root: distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p. 5338–5342, 2000.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria da O.E.A., 1983. 173p.

LIMA, J.D.; MORES, W.S.; Potencial alelopático de *Ipomoea fistulosa* sobre a germinação de sobre a germinação de sobre a germinação de sobre a germinação de alface e tomate alface e tomateal. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 409-413, 2008.

MABELE, A.S.; NDONG'A, M.F.O. Efficacy of guava (*Psidium guajava*) mulch allelopathy in controlling tomato (*Solanum lycopersicum*) weeds. **East African Journal of Agriculture and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 7-11, 2019.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p.177-176, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Germinação de sementes**. In: CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (Eds.). *Atualização em produção de sementes* Campinas: Fundação

Cargill, 1986. p.11-39.

MARTINELLI, V.A.; SILVA, V.N. **Efeito alelopático de centeio na germinação e crescimento de plântulas de beterraba. Centro Científico Conhecer- Goiânia**, v. 5, n. 9, p. 2018.

MELO, S.C., DE SA, L.E.C., DE OLIVEIRA, H.L.M., TRETTEL, J.R., DA SILVA, P.S., GONÇALVES, J.E. & MAGALHÃES, H.M. (2017). Chemical constitution and allelopathic effects of Curcuma zedoaria essential oil on lettuce achenes and tomato seeds. **Australian Journal of Crop Science**, v.11, n.7, p. 906.

OLIVEIRA, E.C. **Morfologia de plântulas**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Sementes florestais tropicais. Brasília: ABRATES, 1993. 350p.

OLIVEIRA, J.S.; PEIXOTO, C.P.; POELKING, V.G.C.; ALMEIDA, A.T. Avaliação de extratos das espécies Helianthus annuus, Brachiaria brizantha e Sorghum bicolor com potencial alelopático para uso como herbicida natural. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.17, n.3, p.379-384, 2015.

PUHL, R.K. **Extrato bruto aquoso e etanólico de grama esmeralda na germinação de sementes de tomate e alface**. 2019. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Rio Grande do Sul, 2019.

REIGOSA, M.J.; SÁNCHEZ-MOREIRAS, A.; GONZÁLEZ, L. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 18, n. 5, p. 577-608, 1999.

REYES, L.F.; VILLARREAL, J.E.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. The increase in antioxidant capacity after wounding depends on the type of fruit or vegetable tissue. **Food Chemistry**, v.101, p.1254-1262, 2007.

RICE, E. L. **Allelopathy**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984

RIZZARDI, M.A., NEVES, R., LAMB, T.D., JOHANN, L.B. Potencial alelopático da cultura da canola (Brassica napus L. var. oleifera) na supressão de picão-preto (Bidens

sp.) e soja. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 14, n. 2, p. 239-248, 2008.

RODRIGUES, B.N.; PASSINI, T.; FERREIRA, A.G. **Research on allelopathy in Brazil**. In: NARWAL, S.S. (Ed.) *Allelopathy Update* Enfield, Science Pub., v.1, p.307-323, 1999.

SALTVEIT, M.E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v.21, p.61-69, 2000.

SOUZA FILHO, A.P.S., ALVES, S.M. E DUTRA, S. Estádio de desenvolvimento e estresse hídrico e as potencialidades alelopáticas do capim-marandu. **Planta Daninha**, v. 20, n. 1 pp. 25-31, 2002.

TAIZ L; ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4th. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 705p.

TAMBELINI, M.; PEREZ, S.C.J.G. Efeitos do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.226-32, 1998.

VALCHEVA, E.; POPOV, V.; MARINOV-SERAFIMOV, P.; GOLUBINOVA, I.; NIKOLOV, B.; VELCHEVA, I.; PETROVA, S. A Case Study of Allelopathic Effect of Parsley, Dill, Onion and Carrots on the Germination and Initial Development of Tomato Plants. **Ecologia Balkanica**, v.11, n.1, 2019.

WU, A.P.; YU, H.; GAO, S.Q.; HUANG, Z. Y.; HE, W.M.; MIAO, S.L.; DONG, M. Differential belowground allelopathic effects of leaf and root of *Mikania micrantha*. **Trees - Structure and Function**, v. 23, p. 11-17, 2009.