O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VI | Volume 20 | Nº 58 | Boa Vista | 2024

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.14538626

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

VIBRAÇÕES ACÚSTICAS NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE TOMATE-CEREJA

Juliana Carneiro Vieira[1]

Thiago Fernandes Qualhato[2]

Resumo

A percepção de sinais-resposta em plantas tem sido amplamente estudada, conhecido como sinalização fitoacústica, bioacústica ou ecoacústica. O objetivo desta pesquisa foi identificar a indução de germinação e crescimento de tomate-cereja por intermédio de vibrações acústicas com música clássica. O experimento teve uma abordagem quantitativa, utilizando de 240 sementes de *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* para dois experimentos: germinação e crescimento. Houve, respectivamente, 8 e 50 repetições, distribuídas e identificadas de G1 a G8, para dois tratamentos diferentes: plantas submetidas a presença e ausência de vibração acústica, respectivamente TAC-CV e TAC-SV. O delineamento explicativo descreve os processos de escolha e assepsia das sementes, como o uso de NaClO 1% e álcool 70%, além de identificar as dimensões e assepsia dos materiais, vidrarias e câmara acústica. Também foram descritos os tipos de equipamentos utilizados durante a pesquisa, como a câmara de fluxo laminar e a autoclave. A análise de dados consistiu na contagem individual de germinações e na medição de raízes e hipocótilos com régua, avaliado fenotipicamente e quantificado após o período de 10 dias em ambos os tratamentos. Os dados foram submetidos ao Programa Microsoft Excel e Programa de estatística SPSS. Os resultados se mostraram positivos, com germinação de 58% em um período de seis dias no tratamento com vibração, comparadas a taxa de germinação de 95% da Linha ISLA, além da redução no índice de plântulas mortas e contaminadas. Ademais, foi observado o crescimento positivo nas raízes e hipocótilos. Conclui-se que a vibração acústica influenciou positivamente a germinação e o crescimento do tomate-cereja, sugerindo que essa técnica pode ser um complemento promissor associado a outras técnicas para a produção sustentável de hortaliças.

Palavras-chave: Fitoacústica; Sinalização; *Solanum Lycopersicum Var. Cerasiforme*

Abstract

Signal-response perception in plants has been widely studied, known as phytoacoustic, bioacoustic or ecoacoustic signaling. The aim of this research was to identify the induction of germination and growth of cherry tomatoes through acoustic vibrations with classical music. The experiment took a quantitative approach, using 240 seeds of Solanum lycopersicum var. cerasiforme for two experiments: germination and growth. There were 8 and 50 replicates, distributed and identified from G1 to G8, for two different treatments: plants subjected to the presence and absence of acoustic vibration, respectively TAC-CV and TAC-SV. The explanatory design describes the processes for selecting and asepticizing the seeds, such as the use of 1% NaClO and 70% alcohol, as well as identifying the dimensions and asepsis of the materials, glassware and acoustic chamber. The types of equipment used during the research were also described, such as the laminar flow chamber and the autoclave. Data analysis consisted of individual germination counts and the measurement of roots and hypocotyls with a ruler, assessed phenotypically and quantified after 10 days in both treatments. The results were positive, with 58% germination over a six-day period in the vibration treatment, compared to the 95% germination rate of the ISLA Line, as well as a reduction in the rate of dead and contaminated seedlings. Positive growth was also observed in the roots and hypocotyls. It can be concluded that acoustic vibration positively influenced the germination and growth of cherry tomatoes, suggesting that this technique could be a promising complement to other techniques for sustainable vegetable production.

Keywords: Phytoacoustics; Signaling; *Solanum Lycopersicum Var. Cerasiforme.*

[1] Pós-graduanda em Biologia Celular e Molecular pela Faculdade FAVENI. E-mail: juliana.vieira.biologa@gmail.com

[2] Professor do Instituto Federal Goiano. Doutor em Biologia Microbiana. E-mail: thiago.qualhato@ifgoiano.edu.br

INTRODUÇÃO

As plantas são influenciadas por diversos fatores ambientais e assim como os animais possuem um papel importante ao se relacionarem com o ambiente em que vivem, sendo sensíveis principalmente a intensidade e frequência de sons. Esses sons podem ser desde ruídos, fatores bióticos, climáticos ou abióticos. O campo de pesquisa chamado neurobiologia vegetal procura entender essas relações existentes entre as plantas e o meio em que vivem, principalmente relacionando-as aos seus estímulos, observando as percepções de sinais-resposta, conhecidos como sinalização fitoacústica, bioacústica ou ecoacústica.

Para entender como o fenômeno sonoro chega até as plantas e são captados, assimilados e/ou respondidos, é preciso conhecer sobre o fundamento de uma onda, sendo está de caráter mecânico, além de compreender suas características, diferenciada entre período, amplitude e frequência, o que conhecemos como tempo de duração do som. Assim, a capacidade das vibrações, frequências e intensidades das sonoridades no meio sólido, líquido e gasoso, permitem que a essência da energia chegue até o vegetal, estimulando sua germinação e influenciando em seu crescimento por meio das raízes e/ou células.

Com base na relação entre plantas e ondas mecânicas, além de permitir o entendimento sobre a complexidade de estímulos sonoros recepcionados pelas plantas, é possível otimizar o uso desse experimento, a fim de potencializar o desenvolvimento de estratégias para a produção na agricultura. Com a constante degradação do Meio Ambiente e fatores agressivos à saúde humana, aumentou a demanda pela procura de recursos e tecnologias que maximizem a sustentabilidade de atividades produtivas e minimizem o impacto ambiental. Assim, a resposta a vibração pelas plantas, podem surgir como fator de interesse para a agricultura de produção, em que muitos já podem ser exemplificados, como à resposta à luminosidade, procura por nutrientes e estímulos ao toque.

As plantas são consideradas sedentárias por não se locomoverem, porém, em um local estratégico ou adaptação aos ambientes e locais, juntamente com a capacidade de realizar fotossíntese, conseguem energia e nutrientes para seu desenvolvimento e crescimento. E por que não, utilizar desse ambiente ao seu redor, para assimilar os sinais-resposta das ondas mecânicas do som em atividade fisiológica?

O objetivo da pesquisa experimental é contabilizar o fenômeno da indução de germinação e crescimento de sementes de tomate-cereja a partir da vibração acústica com música clássica, possibilitando dizer se houve efeito positivo ou negativo. A escolha desta cultivar é devido a sua maior rentabilidade e custo baixo de produção, além da praticidade no consumo e valor nutricional. Os

procedimentos incluíram a realização de uma abordagem quantitativa, realizada em condições controladas em laboratório com dois tratamentos diferentes: TAC-CV (presença de vibração) e TAC-SV (ausência de vibração) descritas no delineamento metodológico. Já o delineamento explicativo consiste na descrição do processo de implementação do experimento, indicando por exemplo, a quantidade de horas submetidas as sementes de tomate-cereja com uso de música clássica, bem como o fotoperíodo e assepsia para evitar contaminação das amostras.

Esta pesquisa está organizada em quatro seções, além desta introdução: incialmente, o referencial teórico que embasa a pesquisa experimental, e posteriormente, apresenta-se o material e métodos que identifica todos os equipamentos, vidrarias, produtos e procedimentos de assepsia, dimensões e objetos que compõem a câmara acústica, além dos dados das sementes e período de realização do experimento. Em seguida, os resultados e discussões, que permitem comparar as avaliações dos efeitos fenotípicos contabilizados no experimento, com outras pesquisas que seguem o mesmo objetivo. Por fim, a conclusão, que traz a síntese dos resultados da pesquisa experimental correlacionando com o objetivo proposto e tipificando se este foi positivo ou negativo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Para compreender sobre a relação de sinal-resposta entre as plantas e as vibrações da música clássica, e analisar os efeitos positivos e negativos de germinação e crescimento, apresenta-se abaixo tópicos que descreverão as percepções sensoriais pelas estruturas das plantas; pesquisas iniciais sobre a comunicação acústica em plantas, apresentando a constatação e respostas consideráveis a esse tema; o fenômeno da vibração acústica como recepção de estímulo; e a escolha da cultivar para a pesquisa experimental.

Percepções sensoriais em plantas

As plantas são hábeis e identificam a importância da presença de elementos do meio ambiente conforme o seu desenvolvimento, permitindo identificar um sinal-resposta, ou seja, uma percepção de estímulo, no qual o mais comum é o de luz e gravidade.

As percepções de luminosidade nas plantas, assim como nós seres humanos possuem fotorreceptores que são basicamente conduzidos por mecanismos de biomoléculas que atuam na recepção e percepção de luz. A percepção de temperatura, conduzida pelas vias metabólicas das plantas tendo como consequência a variação térmica, bem como a percepção da umidade relativa do ar e

escassez ou abundância de água, relacionadas respectivamente, a transpiração de contato folha-atmosfera e proteínas especializadas no transporte de água. Tem-se a percepção da gravidade, diretamente relacionada a direção de crescimento das raízes e órgãos aéreos das plantas, como exemplo o gravitropismo e fototropismo. A percepção de nutrientes, conduzidas pela movimentação e distribuição das raízes. E por último a percepção ao toque, em que o aparato sensorial das plantas são sensíveis e estão relacionados com a percepção aos impactos mecânicos, sendo estímulos representados de diversas maneiras: insetos, chuva, vento e vibração acústica (MELO, 2021).

Com a incapacidade de movimentação das plantas, estas desenvolvem mecanismos que auxiliam na identificação e sinalização de defesas e respostas. Uma delas é a memória ao estresse das plantas, capazes de desenvolver alterações nos genes que permitem criar mecanismos de "ligar" e "desligar" estratégia de defesa (BHAR; CHAKRABORTY; ROY, 2022). Com o desenvolvimento de estruturas para recepção de água, nutrientes, luz e reprodução, algo mais poderia estar em destaque sobre a percepção de estímulos: a vibração causada pelos diversos tipos de sons do ambiente. Melo (2021, p.122) afirma que "após a percepção da vibração acústica, sinais são propagados de forma rápida e sistêmica para toda a planta [...]", ativando estruturas, como: estômatos, membrana plasmática, raízes, metabólitos do floema e xilema, entre outras (GAGLIANO, 2013; MELO, 2023).

Estudos de Wassermann, Korsten e Berg (2021) mostram o efeito positivo na assimilação da videira (*Vitis vinifera* L.) com o uso de vibração sonora com música clássica, identificando que a música potencialmente aumenta a saúde e sobrevivência dessas plantas, ativando seu sistema de defesa, permitindo o equilíbrio da microbiota dessas plantas.

Comunicação acústica em plantas: pesquisas iniciais e constatações consideráveis

As primeiras experiências foram realizadas por Charles Darwin que tocou na *Mimosa pudica L.* para que a mesma pudesse ser estimulada e assim mover suas folhas (TOMPKINS; BIRD, 1977). Com a curiosidade sobre a interação do fenômeno sonoro/musical na influência para o desenvolvimento das plantas em algum aspecto visível, Singh e Ponniah *apud*. Klein e Edsall (1965) da Universidade de Annamalai, em Madras, fizeram um experimento com *Mimosa pudica L.* a qual foi induzida a 25 minutos diários da música da região e relataram o aumento considerável nos brotos, ramificações de galhos e aumento no número de folhas quando comparado ao grupo controle, em ambiente natural sem a exposição diária da música.

A possibilidade de aceitação das plantas em percepção aos estímulos sonoros, estão sendo levados em consideração a pouco tempo. Em estudos desenvolvidos por Appel e Crocoft (2014), foi

observado que as plantas submetidas a gravação do som, ou melhor, das vibrações acústicas da mastigação da lagarta (*Pieris rapae*), desencadeou o aumento de defesas químicas, ativando substâncias na sinalização de que algo estava errado. Contudo, seguindo ainda o raciocínio do experimento de Appel e Crocoft (2014), o estímulo às plantas só será alcançado e manifestados diante de um padrão de sinalização, com frequência, amplitude, dinâmica e tempo de estímulo. De acordo com Melo (2021, p. 122) "após a percepção da vibração acústica, o sinal é propagado de forma rápida e sistêmica para toda a planta [...]".

As plantas de milho (*Zea mays* L) foram submetidas a avaliação de crescimento com dois gêneros de músicas diferentes: instrumental suave e rock, analisando velocidade de crescimento. Em seus resultados, a música instrumental obteve efeito positivo acentuado, desenvolvendo com maior velocidade, maior crescimento foliar e caulinar se comparado com as plantas avaliadas com o gênero rock e grupo controle (HENRÍQUEZ e*t al.,* 2010).

Diversos pesquisadores têm somado esforços para entender como as plantas interagem e reagem às vibrações do ambiente. Efeitos positivos foram identificados e observados em estudos com abóbora (*Arabidopsis thaliana*) (KIM *et al.,* 2021), lentilha d'água (*Lemna turionifera)* (YE e*t al.,* 2023) e *Satureja hortensis* L. (AZGOMI *et al.,* 2023), demonstrando resultados interessantes e positivos relacionados a germinação e crescimento sob efeito dos estímulos recebidos pelas vibrações. Os efeitos positivos apresentados pelos autores citados, são devido ao aparato sensorial das plantas que podem ser sensíveis ao toque e estão relacionados com a percepção de impactos mecânicos. Os estímulos mecânicos podem ser produzidos por insetos, chuva, vento e vibração acústica (MELO, 2021; 2023; KHAIT *et al.,* 2019).

Nos experimentos de Khait *et al.* (2023) as plantas de tomate e tabaco foram acondicionadas em uma câmara acústica com o objetivo de identificar se estas respondem com emissão de sons aos estímulos de estresse hídrico, corte e controle. Os resultados foram positivos e satisfatórios, observando que as plantas emitiram sons, e sons diversificados devido ao tipo de estímulo recebido. Se as plantas podem responder a estímulos como luz, vento, temperatura, toque e a moléculas químicas voláteis, porque estas, não podem obter respostas à vibração acústica?

Os efeitos de diferentes frequências de ondas sonoras em brotos de rabanete vermelho (*Raphanus sativus*), alface (*Lactuca sativa*) e repolho chinês (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) tiveram resultados satisfatórios em crescimento, na quantidade de flavonoides, variando de acordo com a frequência sonora, tempo de exposição, espécie e condições de crescimento (KIM *et al.,* 2021). As sementes de grão-de-bico, feijão verde, feijão borlotto, trigo, lentilha vermelha, ervilha e arroz integral foram utilizadas na pesquisa de Grasso *et al.* (2022) com uso de vibração acústica em quatro

experimentos diferentes, com sementes diferentes e frequências sonoras diferentes, a exemplo de 300-500 Hz e 3-5 kHz. A tendência de germinação foi de alguma forma influenciada por estimulações sonoras com frequências incluídas nas faixas de 300–500 Hz e 3–5 kHz, para cada tipo de semente.

Segundo Appel e Cocroft (2023), popularmente as pessoas dizem que as "plantas não possuem ouvidos", e é concordável, porém, é preciso confessar que não possuem olhos, mas sabem o local que emana maior luminosidade, sabem direcionar a força da gravidade para seu crescimento e conseguem localizar os nutrientes e água por intermédio de suas raízes. Por que não podemos então perceber as condições pré-existentes dos sons que estão em constante harmonia nas florestas, matas, galerias, cerrados, entre outros? Por que não substituir: "plantas não possuem ouvidos", por "plantas podem perceber as vibrações acústicas"?

Fenômeno da vibração acústica como recepção de estímulo em plantas

A vibração acústica (VA) é designada como um fenômeno capaz de gerar uma sensação sonora, porém, sendo identificada quando as vibrações alcançam um órgão com capacidade sensorial, podendo variar em relação à sua altura, duração e intensidade da vibração. O som é considerado um estímulo ambiental, que possibilita a energia acústica disseminar a onda após a vibração (PETRAGLIA, 2008; ALTUNTAS; OZKURT, 2019).

Nos anos de 1960 a 1972, Hans Jenny desenvolveu um tonoscópio que permitiu visualizar o efeito de vibrações diretas as diversas substâncias, tendo resultados em grande escala em substâncias viscosas e líquidos. Dando assim, sequência a outros estudos, realizados por Lauterwasser (2002), visando verificar os fenômenos vibratórios na água. Nos estudos realizados por Pelling *et al*. (2004), foi possível descobrir por meio de um Microscópio de Força Atômica os sons celulares, identificado com o nome de Sonocitologia, ou seja, estudo das oscilações de vibrações nas células, sendo entendido como os diversos que uma célula pode produzir (KHAIT *et al.,* 2023).

O fator de precípuo descrito por Melo (2021) sobre a percepção sonora, é fundamentar a vibração que a onda exerce sobre as estruturas das plantas, o que seria para os seres humanos, a vibração da onda no tímpano, ativando outras estruturas responsáveis pela identificação sonora, como exemplo já citado, a membrana plasmática. Esse fator de precípuo pode ser comprovado pelo estudo de Ghosh *et al.* (2016), que comentam sobre a pressão exercida na membrana plasmática em função das vibrações acústicas/sonoras e que acabam por ativar outras estruturas em resposta a esse estímulo. O estímulo fisiológico que leva as plantas a assimilarem a vibração acústica é conhecido como sinalização

fitoacústica, bioacústica ou ecoacústica (KHAIT *et al.,* 2019; FRONGIA; FORTI; ARRU, 2020; APPEL; COCROFT, 2023).

Segundo Frongia, Forti e Arru (2020) a sinalização bioacústica pode ser definida como as respostas fisiológicas e moleculares das plantas estimuladas por vibrações acústicas em diferentes frequências e intensidades normalmente computado em hertz e/ou decibéis. Enquanto Khait *et al. (*2019), define a sinalização fitoacústica como o campo de pesquisa responsável pela exploração da capacidade das plantas de emitir vibrações e responder a vibrações, compreendendo toda a parte sensorial da planta. Complementando, Appel e Cocroft (2023) consideram a ecoacústica como a relação entre os organismos e o ambiente por intermédio dos sons. Em geral, todos os autores identificam que padrões sonoros específicos podem afetar o desenvolvimento das plantas, porém, ainda pouco se sabe sobre o aparato sensorial responsável pelos mecanismos de sinalização dessa vibração dentro dessas plantas.

Portanto, a vibração acústica é considerada uma onda mecânica atuante na célula vegetal com estímulos mecânicos, podendo ser recepcionados pelos canais transmembrana mecanossensíveis e canais de cálcio, que realiza a transdução de sinais para expressão de genes relacionados a percepção de sons. Mas, para que tenham resultados concretos é preciso uma padronização sonora de frequência e intensidade da vibração, bem como o tempo de exposição (MELO, 2021). Para conseguir realizar e entender como funciona o desenvolvimento do crescimento ou germinação de uma planta por meio de influências acústicas, é preciso oferecer à pesquisa o paradigma epistemológico da transdisciplinaridade, associando os campos da biologia, física, música, além da antropologia e musicologia comparada.

Escolha da cultivar: tomate-cereja

Uma cultivar que merece atenção pelo seu grande consumo é o tomate-cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme)*, considerada uma das hortaliças mais consumidas mundialmente, sendo o Brasil o quinto maior produtor mundial (EMBRAPA, 2022). São importantes fontes de antioxidante, compostos por fenólicos, carotenoides e pigmentos (LENUCCI *et al.,* 2006; GIOVANELLI *et al.,* 1999). Como alternativa de renda para pequeno e médio produtor, o cultivo do popular tomate-cereja vem ganhando espaço na produção e principalmente na culinária, o que eleva seu valor agregado perante o consumo, devido a sua praticidade, delicadeza e sabor adocicado, sendo em consumo fresco (*in natura*), saladas, molhos, entre outros (CARVALHO e PAGLIUCA, 2007; DIAS *et al.*, 2019).

Devido às condições climáticas e aos tipos de solo, o cultivo de tomate no Brasil está concentrado nos estados de São Paulo, Goiás e Minas Gerais. Em 2023, a produção brasileira foi de 4,16

milhões de toneladas em uma área cultivada de aproximadamente 59 mil hectares, com produtividade média de 70,6 toneladas/ha^{-1} (IBGE, 2023).

As plantas de tomateiro são afetadas por inúmeros problemas fitossanitários que reduzem a produtividade, qualidade do produto e limitam o cultivo devido a facilidade de contaminação, em que para a maioria das doenças não existem medidas eficazes de manejo, dessa forma, é preciso seguir medidas de assepsia rigorosas para o desenvolvimento de qualquer pesquisa experimental com sementes de tomate (ROSA *et al.,* 2022).

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com as variáveis que poderiam influenciar o objetivo da pesquisa experimental, os procedimentos de levantamentos de dados foram direcionados a pesquisas iniciais referentes ao tema correlacionando-as com as pesquisas atuais, levando em consideração que a prática de experimentação sobre esse tema começou a ser estudada a pouco tempo. Neste contexto, utilizou-se da base de dados PubMed, *Scopus* e Scielo, por se manterem documentos científicos revisados e com abrangência. Além de trabalhos acadêmicos relevantes para a montagem do protocolo de execução do experimento, como teses, dissertações, livro físico e online. Esta seção, está dividida em duas subseções: o experimento de germinação, composto pela escolha e assepsia das sementes; e o experimento de crescimento, com a seleção das plântulas de tomate-cereja. E análise de dados, com uso de Excel e Programa de Estatística SPSS para ambos os experimentos.

A pesquisa adotou uma abordagem quantitativa com um delineamento explicativo (GIL, 2023), objetivando compreender e explicar o fenômeno da vibração acústica nas respostas de germinação e crescimento de tomate-cereja. Os procedimentos envolveram a realização de uma pesquisa experimental baseada e adaptada de Gil (2023) e Barros *et al*. (2023), realizada sob condições controladas em laboratório. O delineamento deste experimento consistiu na avaliação dos efeitos no fenótipo do tomate-cereja por meio de dois tratamentos: TAC-SV (tratamento em ambiente controlado, sem uso de vibração acústica) e o TAC-CV (tratamento em ambiente controlado, com uso de vibração acústica), (GRASSO *et al.,* 2022; YE *et al.,* 2023).

Experimento de germinação de sementes de tomate-cereja

Para a realização do experimento foram utilizadas sementes de tomate-cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) adquiridas em loja especializada na venda de produtos agrícolas na

cidade de Uruana no estado de Goiás. As sementes pertencem ao Lote 161255-011 S2, safra 2021, pureza 100%, com validade até fevereiro de 2025. A descrição técnica das sementes inclui: porcentagem de germinação 95% da linha ISLA.

Inicialmente, foram selecionadas 250 sementes de tomate-cereja. A seleção e contagem das sementes foi realizada utilizando um estereomicroscópio (lupa), onde foi possível identificar e descartar sementes aparentemente danificadas. O procedimento foi realizado com duração de no máximo 2 minutos sobre a incidência da luz, para não interferir na germinação. Nesta contagem inicial, 240 sementes foram utilizadas. Após a seleção das sementes, estas passaram pelo processo de assepsia na câmara de fluxo laminar vertical mediante imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) na concentração de 1%, por um minuto e em seguida em álcool 70% por mais um minuto e posteriormente as sementes passaram por três lavagens, de um minuto cada, com água destilada autoclavada, adaptado de (ROSA *et al.,* 2022). Em seguida, as sementes foram colocadas em papel filtro já preparados anteriormente na autoclave para a secagem de forma natural ainda dentro da câmara de fluxo laminar vertical, para evitar contaminação. Todo o protocolo foi realizado utilizando como base os experimentos realizados por Araújo *et al.* (2001) e Tomazi *et al.* (2019) e Rosa *et al.* (2022) de forma adaptada.

Figura 1 - Materiais para montagem do experimento de resposta à germinação



Fonte: Elaboração própria.
Nota: Na figura é possível identificar os seguintes materiais: caixa gerbox, papel mata-borrão, pipeta de vidro, pêra de sucção, plástico *insulfilm*, água destilada autoclavada, pinça, sementes de tomate-cereja, peneira, álcool 70%, hipoclorito de sódio e beckers.

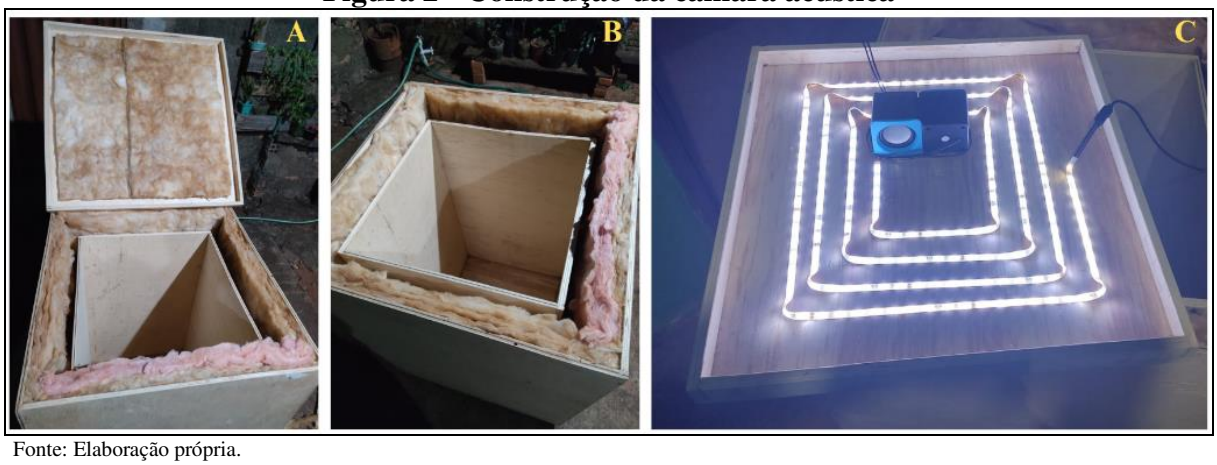
Para o experimento de resposta à germinação, foram utilizadas 8 caixas tipo gerbox transparente tamanho de 11,5 cm x 11,5 cm. A assepsia das caixas foram realizadas com estas emergidas em álcool 70% e hipoclorito de sódio (NaClO) por 20 minutos, e posteriormente deixadas em luz ultravioleta na câmara de fluxo laminar vertical por mais 20 minutos, adaptado de Quisen e Degenhardt-Goldbach

(2020). Foi utilizado como base de germinação das sementes o papel tipo mata-borrão de tamanho 10 cm x 10 cm, estas foram esterilizadas na autoclave por 20 minutos.

Uma câmara acústica foi construída com a finalidade de manter o controle no experimento. Esta é composta por duas caixas de madeira compensadas com 10 mm de espessura, em dois tamanhos: uma caixa com 62x62x86 cm (caixa externa), e uma caixa 45x45x76 cm (caixa interna) (Figura 2-A e B). A tampa da caixa externa possui dimensões de 66x66 cm, com bordas de 2 cm para encaixe e a tampa da caixa interna possui dimensões de 47x47 cm, com altura de borda de 2 cm. Foram envolvidas com lã de vidro, e adicionadas na tampa interna a caixinha de som e a fita de led (Figura 2-C) (VIEIRA; QUALHATO, 2024).

A câmara acústica foi esterilizada com hipoclorito de sódio e álcool a 70%, borrifado em todo o interior, logo foi deixado secar para não umedecer as paredes. Para a realização da música clássica foi utilizada um par de caixa de som pequena e portátil de 2,5w x 2, com sensibilidade de 80db, frequência de 90Hz-20kHz, com entrada para notebook e voltagem 200V, sendo está conectada ao notebook no momento de uso. Como fonte de luz no experimento, foi utilizada uma fita de led, com potência de 9W, tensão de 110-240V, frequência de 60Hz, fluxo luminoso de 950lm (lúmens), mantendo uma temperatura ambiente de 25°C a 28°C, cor branco fria, com temperatura de cor de 6500K, eficiência luminosa de 106lm/W, dimensões de 26 mm x 600 mm. Tanto a caixa de som como a fita de led foram colocadas na tampa da caixa interna.

Figura 2 - Construção da câmara acústica

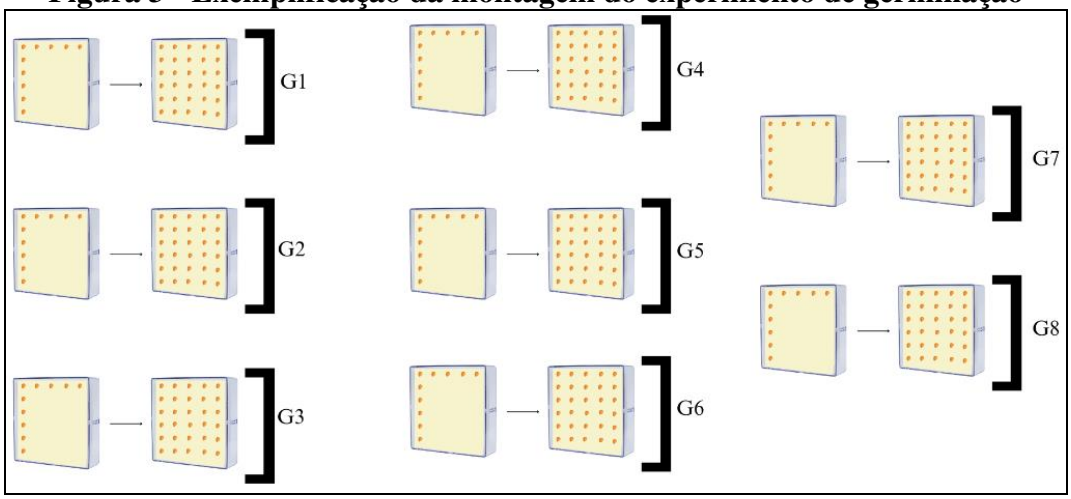


Fonte: Elaboração própria.
Nota: A e B) vista superior da caixa e tampa externa e lã de vidro cobrindo a caixa interna. C) vista interna da tampa identificando os acessórios como a caixinha de som e a luz de *led*.

Para o experimento de respostas à germinação, após as sementes serem selecionadas e esterilizadas, foram semeadas sobre o papel mata-borrão estéril (já colocados no interior da caixa gerbox) umedecido na proporção de 1:2,5 (2,5 ml de água destilada estéril para cada papel mata-borrão),

neste caso como foram utilizadas duas folhas de papel mata-borrão o total foi de 5,0 ml de água destilada estéril (QUISEN; DEGENHARDT-GOLDBACH, 2020). As sementes foram colocadas em 5 fileiras horizontais para 6 fileiras verticais, em 8 repetições (identificadas de G1 a G8), sendo 30 sementes para cada repetição, totalizando 240 sementes distribuídas em 8 caixas gerbox, representado na figura 3. As caixas gerbox foram envolvidas com plástico insulfilm, identificadas e posteriormente colocados no interior da câmara acústica. A análise e acompanhamento do experimento ocorreu por 10 dias. A avaliação da germinação foi feita aos 6 e 10 dias (YE *et al.,* 2023).

Figura 3 - Exemplificação da montagem do experimento de germinação



Fonte: Elaboração própria.

As sementes foram tratadas com e sem vibração acústica por 10 dias, adaptado do protocolo de Ye *et al.* (2023) ao som de música clássica (Baroque festival Orchestra, Alberto Lizzio; Amadeus Mozart e Karoly Botvay). A música por se tratar de uma harmonia foi tocada 12 horas por dia, com vibração variante média de 65Hz a 8.3kHz e 70dB a 95dB conforme adaptado de Kim *et al.* (2021). Para obter a variação de Hertz e decibéis foi utilizado o programa chamado de *Microphone audio spectral analysis*. A escolha da música se deu por influência dos trabalhos de Ye *et al.* (2023) e Azgomi *et al.* (2023) onde músicas com vibrações semelhantes foram utilizadas em teste de germinação e crescimento com lentilha d'água e *Satura hortensis* L., respectivamente, e Kim *et al.* (2021) com testes em abóbora.

As sementes permaneceram sob luz artificial por fotoperíodo de 12 horas, iniciando às 9h da manhã e finalizando às 21h, sendo a luz de led ligada de forma manual todos os dias, nos dois horários, por meio de um interruptor colocado pelo lado de fora da câmara acústica, adaptado de Ye e*t al.* (2023).

No 10° dia de tratamento das sementes, as caixas gerbox foram levadas para o Laboratório de Microbiologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres. Toda a contagem de sementes germinadas foi realizada dentro da câmara de fluxo laminar, para evitar

contaminação das sementes germinadas para o experimento de crescimento. As sementes foram quantificadas e classificadas em: normais, anormais, duras, dormentes e mortas, conforme Brasil (2009). Após, foram selecionadas de cada caixa tipo gerbox, as plântulas que aparentemente estavam mais saudáveis, seguindo o protocolo adaptado de Kim e*t al.* (2021), para início do segundo experimento: respostas ao crescimento.

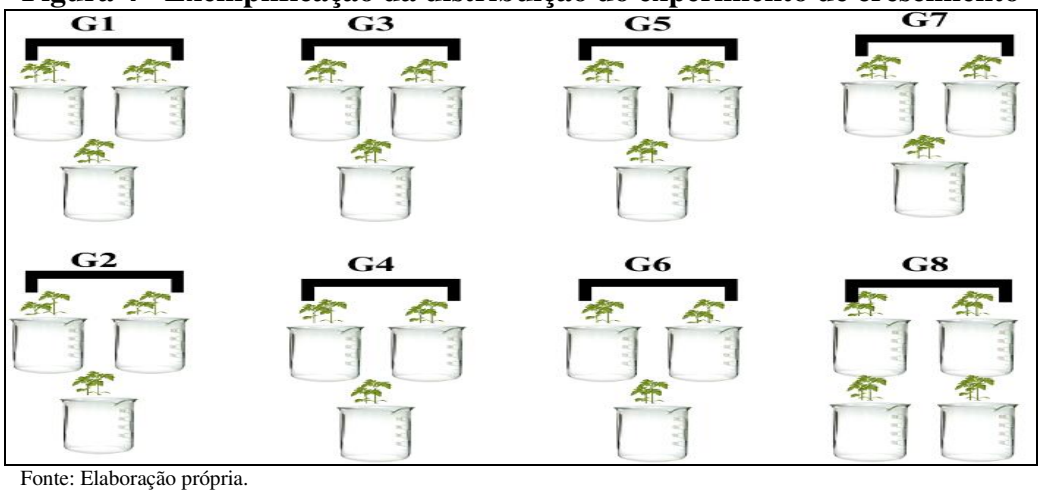
Experimento de crescimento de plântulas de tomate-cereja

O experimento de resposta ao crescimento é a continuação do experimento anterior realizado. Neste caso, iniciou-se após a finalização do experimento de resposta a germinação, a partir do 11º dia, em que foram selecionadas 50 plântulas de tomate-cereja. A seleção foi realizada de forma manual dentro da câmara de fluxo laminar vertical, e escolhidas plântulas padronizadas em tamanho.

Foram utilizados 25 Beckers de vidro de 250 ml, água destilada e substrato vermiculita fina, todos autoclavados por 20 minutos. Foram realizadas 50 repetições. Cada repetição de germinação realizada no primeiro experimento de G1 a G7, deram origem a 3 novas repetições, exceto para a G8, obtendo 4 novas repetições. Neste caso, na germinação cada caixa tipo gerbox havia 30 sementes. Destas sementes, foram escolhidas 6 plântulas de cada caixa ao final do experimento anterior para dar início ao experimento de crescimento.

Assim, o experimento de resposta ao crescimento seguiu da seguinte forma: G1, G2, G3, G4, G5, G6 e G7 possuem 3 repetições, representadas pelos bekers da figura 4. Enquanto a G8, possui 4 repetições, totalizando 25 Beckers de vidro, com 2 plântulas para cada repetição/Becker (G1 a G8).

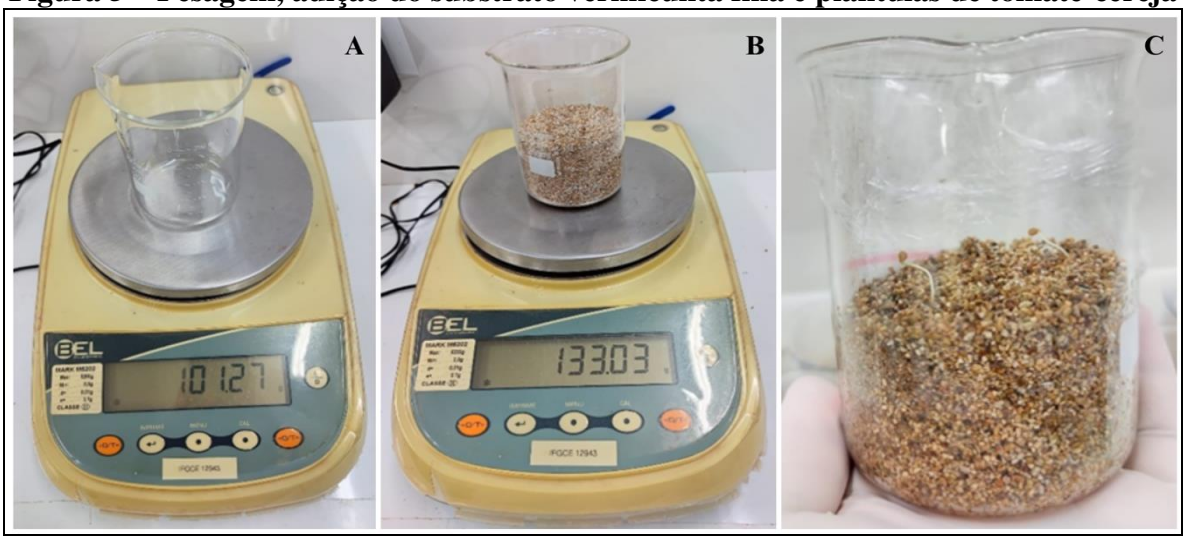
Figura 4 - Exemplificação da distribuição do experimento de crescimento



Fonte: Elaboração própria.

Os Beckers foram preparados com 31,76 gramas de vermiculita fina e adicionada 12,7 ml de água destilada estéril com o auxílio de uma pipeta de vidro e a pêra de sucção. Em seguida, foi inserida as plântulas com o auxílio de uma pinça e adicionado o insulfilm sob o Beckers, totalizando 50 repetições. Todo o processo de retirada das plântulas para o plantio no Becker foi realizado dentro da câmara de fluxo laminar para evitar contaminação. Logo, os Beckers foram levados para a câmara acústica para iniciar o experimento de respostas ao crescimento.

Figura 5 – Pesagem, adição do substrato vermiculita fina e plântulas de tomate-cereja



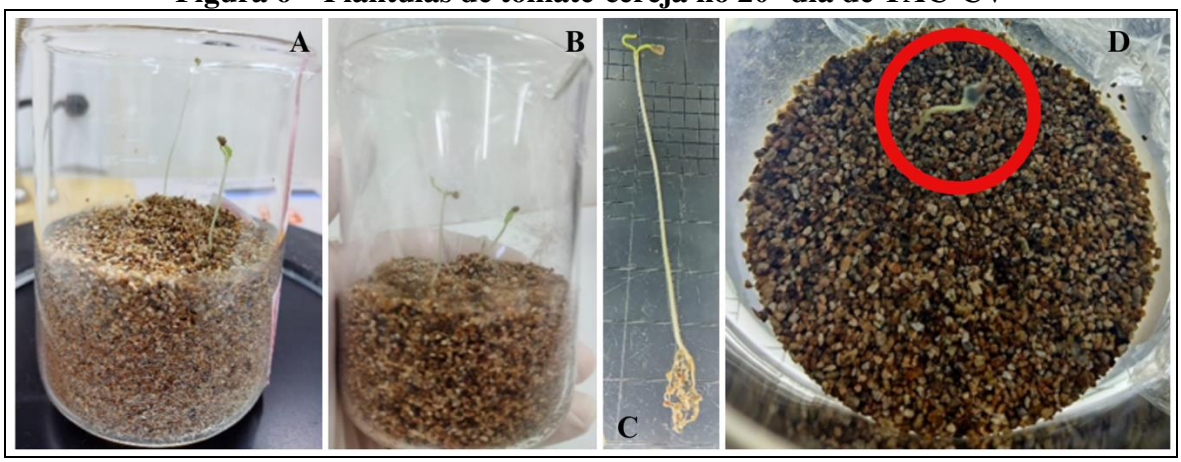
Fonte: Elaboração própria.
Nota: A e B) Pesagem dos beckers e adição da vermiculita fina antes do processo de autoclavagem. C) Adição de água destilada autoclavada, as plântulas e plástico insulfilm.

As plântulas foram tratadas com e sem vibração acústica durante 10 dias, no qual a contagem iniciou no 11° dia (1° ao 10° dia processo de germinação e 11° ao 20° dia processo de crescimento) adaptado do protocolo de Ye *et al. (*2023) ao som de música clássica (Baroque festival Orchestra, Alberto Lizzio; Amadeus Mozart e Karoly Botvay). Assim, como no experimento de respostas a germinação, a música foi tocada 12 horas por dia, com vibração variante média de 65Hz a 8.3kHz e 70dB a 95dB conforme adaptado de Kim *et al. (*2021). As plântulas permaneceram sob luz artificial por fotoperíodo também de 12 horas, iniciando às 9h da manhã e finalizando às 21h, sendo ligada manualmente todos os dias, conforme já informado anteriormente (YE *et al.,* 2023).

No 20° dia de tratamento das plântulas, os Beckers com as plântulas foram levados para o Laboratório de Microbiologia no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Ceres. A avaliação das plântulas seguiu os critérios: comparação de comprimento das raízes e hipocótilos, sendo realizada a medição com régua, uma a uma. Avaliou ainda, a contagem da liberação dos cotilédones, plântulas mortas e com início de possível contaminação. As plântulas mortas ou com início de contaminação foram identificadas utilizando a lupa, estas, foram contabilizadas e

posteriormente descartadas. Sendo utilizadas no experimento de resposta ao crescimento apenas plântulas saudáveis.

Figura 6 – Plântulas de tomate-cereja no 20° dia de TAC-CV



Fonte: Elaboração própria.
Nota: A, B e C) Plântulas no 20° dia de TAC-CV, medição com régua das raízes, hipocótilos e contagem de abertura dos cotilédones. D) Contabilização e descarte de plântulas mortas e com início de contaminação.

Para elaboração dos gráficos, estes foram desenvolvidos no Programa Microsoft Excel presente no Pacote Office 365, com os dados coletados na experimentação, como comprimentos de raízes e hipocótilos, realizados com régua em cada plântula, obtendo as médias dos tratamentos com e sem vibração acústica. Para a análise estatística foi utilizado o programa SPSS.

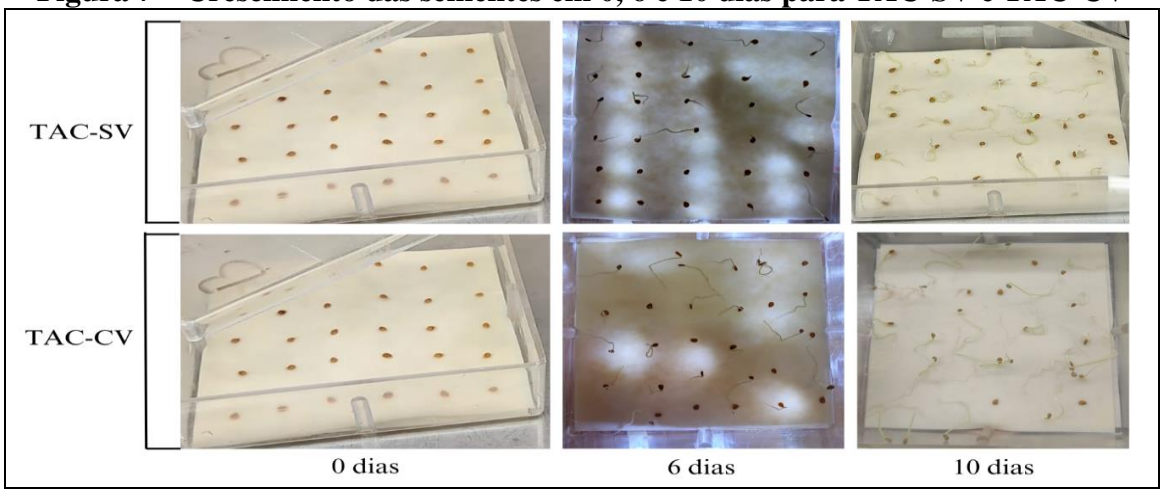
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para análise do experimento, os resultados avaliaram os seguintes fatores para alcance do objetivo: a) a germinação em menor tempo; b) comparação do comprimento das raízes e hipocótilos - parte da plântula que germina a partir da semente - entre os dois tratamentos, TAC-SV e TAC-CV; c) liberação dos cotilédones (folha embrionária que surge do embrião); d) plântulas mortas e com início de possível contaminação.

Pesquisadores vem se empenhando em entender as respostas moleculares e fisiológicas das plantas submetidas a estímulos produzidos por vibrações acústicas. Em estudos desenvolvidos por Appel e Cocroft (2014 e 2023) onde as plantas foram submetidas a vibrações acústicas produzidas pela mastigação de lagartas da espécie *Pieris rapae*, desencadeou o aumento de defesas químicas, ou seja, de substâncias ativas na sinalização que em geral são sintetizadas durante o ataque da planta por este predador.

Para avaliação dos efeitos fenótipos do tomate-cereja tratado com vibração acústica, foi determinado o TAC-SV (tratamento controle sem uso de vibração acústica) e TAC-CV (tratamento em ambiente controlado com uso de vibração acústica) pelo período de 10 dias. A figura 7 demonstra a repetição G3 para ambos os tratamentos, sendo possível observar que 22 sementes germinaram com o tratamento TAC-CV em 6 dias, e somente uma semente estava em início de germinação. No tratamento controle (TAC-SV) obteve 14 sementes germinadas em 6 dias e 5 sementes ainda em início de germinação. Aos 10 dias de germinação, foi identificado que visivelmente as raízes e hipocótilos eram maiores em crescimento para o TAC-CV com vibração acústica se comparada ao TAC-SV sem uso de vibração.

Figura 7 – Crescimento das sementes em 0, 6 e 10 dias para TAC-SV e TAC-CV



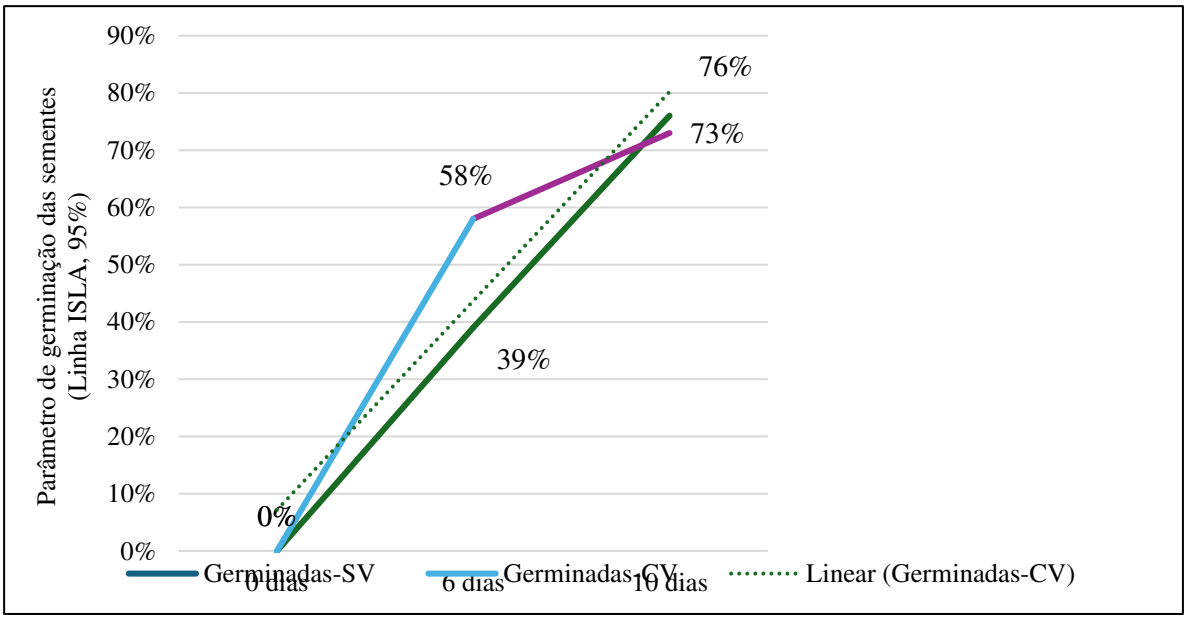
Fonte: Elaboração própria.

No total, das 8 repetições realizadas (G1 a G8) foi possível observar, como mostrado no gráfico 1, que a média em 6 dias para as germinadas-SV (Tratamento sem uso de vibração acústica) obteve 39% sementes germinadas e aos 10 dias, 76% sementes germinadas. Enquanto aos 6 dias para as sementes germinadas-CV (Tratamento com uso de vibração acústica) apresentaram 58% sementes germinadas e aos 10 dias, 73% sementes germinadas. Sendo ainda possível registrar que o TAC-CV apresentou 58% de sementes germinadas no 6° dia, comparada com a porcentagem de germinações apresentada pela Linha ISLA de 95%.

No estudo de Vicient (2017), sementes de milho foram submetidas a 10 horas de tratamento sonoro com ruído branco de 80 dB. Na qual as porcentagens de germinação foram determinadas a cada 12 horas durante 7 dias. Os resultados mostraram que a porcentagem de sementes germinadas foi significativamente maior após o tratamento sonoro, representado por 93,5% do que a observada nas sementes não tratadas de 84%. Ainda neste estudo, o experimento foi repetido usando sons com

frequências únicas de 300Hz, 5000Hz e 12000 Hz. A taxa de germinação foi significativamente maior do que o tratamento controle usando 300Hz. Já as frequências de 5000Hz e 12000Hz não produziram diferenças significativas na taxa de germinação. Os experimentos foram repetidos usando sons de 10 horas com 300Hz e 80dB, comparando sementes intactas com sementes das quais o pericarpo foi removido manualmente e chegou à conclusão de que a taxa de germinação de sementes de milho foi induzida por sons de baixas frequências, condicionando a indução de danos físicos no pericarpo, permitindo a germinação de forma eficiente. O que também foi observado nesta pesquisa experimental com as sementes de tomate-cereja tratadas até 95Hz.

Gráfico 1 - Comparação entre as germinações para o tratamento TAC-CV e TAC-SV



Fonte: Elaboração própria.

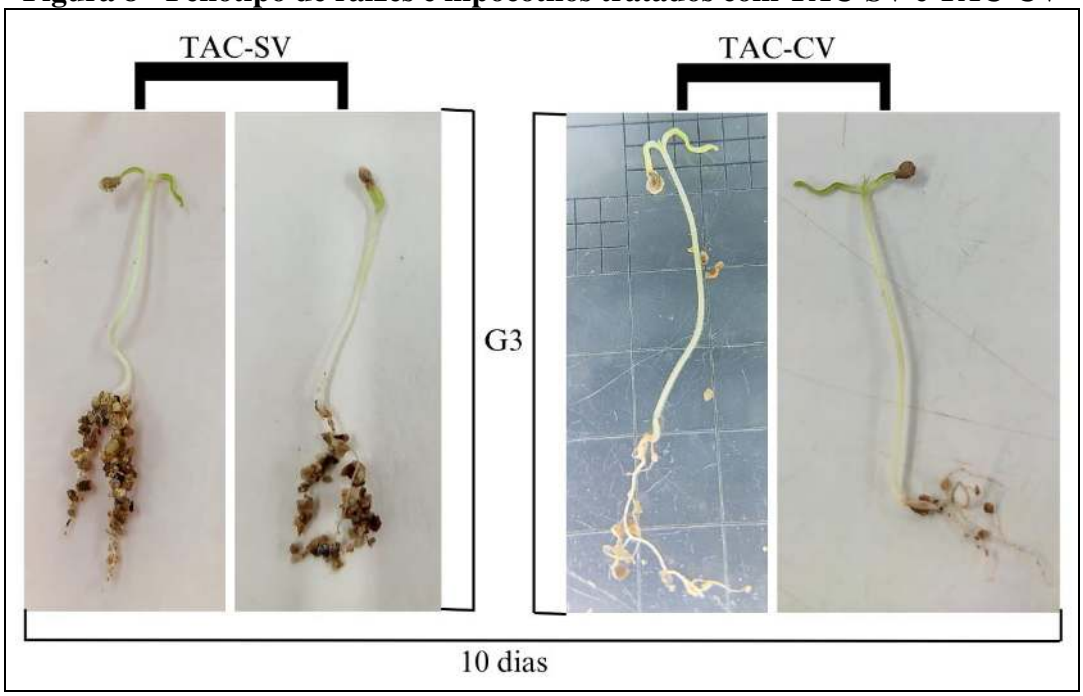
No experimento de Gong *et al.* (2024) foram aplicados tratamentos ultrassônicos de frequência 20-40kHz chamados de US, e o controle chamado de CK, durante 40s em 100 sementes de milho no período de 7 dias, analisando em 10s, 20s, 30s e 40s. A porcentagem de sementes germinadas foi calculada aos 3, 5 e 7 dias após a semeadura. Os resultados do experimento mostraram que a porcentagem de germinação aumentou com o passar dos dias. A porcentagem de germinação de 94,1% foi obtida no 7º dia com US por 40s. No 3º dia, a maior porcentagem de germinação foi de 71,9% sob US por 40s, em comparação com o CK, de 35,8%. No 5º dia, a porcentagem de germinação foi de 93,7% em US em 40s, em comparação com o Controle de 72,0%. No 7º dia, em comparação com CK de 83,7%, a porcentagem de germinação em US para 40s teve aumento em 10,4%.

Nos estudos de Grasso *et al.* (2022) foram realizados quatro tipos de experimentos diferentes para avaliar a germinação de sementes com métodos diferentes. Destes, o experimento dois e quatro,

respectivamente, uma duplicata de amostra de lentilha vermelha, em que as sementes foram dispostas em 7 fileiras de 7 sementes cada para 49 sementes de lentilha vermelha por placa, em dois tratamentos: com ondas mecânicas de 300-500Hz, 3-5kHz e controle, por 7,5 min de hora em hora, com duração de 21 dias. Os resultados foram positivos, considerando o peso fresco ou peso do broto, nas sementes tratadas com 300–500 Hz, chegou a 11mg; nas sementes estimuladas com frequências entre 3–5 kHz, aproximadamente 9mg de peso, enquanto as amostras controle com 4mg. Assim, a diferença entre as amostras tratadas e de controle em ambos os casos é estatisticamente significativa. Já o 4° experimento, usou de sementes de grão-de-bico, feijão-verde, feijão-borlotto e ervilha, com uso de método de hidropriming, ou seja, o tempo necessário para atingir o valor máximo de imersão. Durante 90 minutos. O resultado se deu do estímulo a uma frequência de 3–5kHz, produzindo uma taxa de germinação mais alta em comparação ao controle.

No experimento de resposta ao crescimento, os resultados da fase de crescimento consistem no período da retirada da finalização de 10 dias de germinação, ou seja, refere-se do 11° dia ao 20° dia. O crescimento foi monitorado por 10 dias. A figura 8apresenta a repetição G3 com duas plântulas, identificando a diferença entre o crescimento das raízes, bem como do hipocótilo e da abertura dos cotilédones. No tratamento TAC-SV as raízes e hipocótilos possuem de comprimento respectivamente 2,5 cm e 2,3 cm e 2,3 cm e 2,3 cm. Enquanto para o TAC-CV, as raízes e hipocótilos possuem 2,6 cm e 3,9 cm, e a outra plântula com 2,3 cm e 3 cm respectivamente.

Figura 8 - Fenótipo de raízes e hipocótilos tratados com TAC-SV e TAC-CV



Fonte: Elaboração própria.
Nota: Repetição G3 em 10 dias de avaliação de crescimento para hipocótilos, raízes e abertura de cotilédones nos tratamentos TAC-SV e TAC-CV.

Evidências em tratamentos com lentilha-d'água tratada com música identificou o aumento no número de folhas de forma significativa, além do aumento no teor de proteínas, observando também o potencial da eficiência fotoquímica (YE *et al.,* 2023). Outras, identificaram que a exposição de sementes de abóbora (*Arabidopsis thaliana*) às ondas sonoras por 15 horas por 3 dias tiveram resultado positivo, apresentando visivelmente a diferença de crescimento das raízes em tratamentos controle, 100Hz e 100 + 9kHz. Respetivamente, as raízes obtiveram tamanhos de 15,70 mm, 17,68 mm e 18,42 mm. Identificando, portanto, que as ondas sonoras geraram efeitos positivos no crescimento das raízes de abóbora (KIM *et al.,* 2021). Esse parâmetro também é evidenciado nesta pesquisa experimental.

O comprimento das raízes no tratamento sem vibração acústica (TAC-SV), variou entre as 28 repetições, de 1 cm a 5 cm e o hipocótilo de 1 cm a 5,5 cm. Em comparação, é possível observar que a média total das repetições das raízes do tratamento sem vibração acústica é de 2,43 cm e dos hipocótilos de 2,37 cm de comprimento. Enquanto a mediana corresponde a 2,2 cm para as raízes e 2,3 cm para o hipocótilo. Houve um desvio padrão de 0,92 mm para as raízes e 0,81 mm para os hipocótilos.

Tabela 1 - Estatística das raízes e hipocótilos das 28 repetições com TAC-SV

Tratamento sem vibração acústica TAC-SV			Estatística	Bootstrap[a]			
				Viés estatístico	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95%	
						Inferior	Superior
N: 50	Válido	Raízes	28	0	0	28	28
		Hipocótilos	28	0	0	28	28
	Ausentes	Raízes	0	0	0	0	0
		Hipocótilos	0	0	0	0	0
Média		Raízes	2,4321	-,0198	,1317	2,1429	2,6771
		Hipocótilos	2,3750	-,0141	,1513	2,0905	2,7342
Mediana		Raízes	2,2000	,0450	,1482	2,0500	2,7500
		Hipocótilos	2,3000	,0250	,0771	2,1169	2,4831
Desvio Padrão		Raízes	,91694	-,04910	,11995	,64314	1,07772
		Hipocótilos	,81614	-,04393	,22115	,44161	1,27023
Mínimo		Raízes	1,00	-	-	-	-
		Hipocótilos	1,00				
Máximo		Raízes	5,00	-	-	-	-
		Hipocótilos	5,50				

Fonte: Elaboração própria.
Nota: N é o número de repetições. As amostras são baseadas em 50 repetições. Bootstrap[a] é o método de amostragem.

O comprimento das raízes com o tratamento com vibração acústica (TAC-CV) variou entre as 38 repetições, de 1 cm a 7 cm, bem como o hipocótilo, variando no comprimento de 2 cm a 6 cm. Em comparação, é possível observar que a média total das repetições das raízes do tratamento com vibração acústica é de 2,73 cm e dos hipocótilos de 3,21 cm de comprimento. Enquanto a mediana corresponde a 2,4 cm para as raízes e 3 cm para o hipocótilo. Houve um desvio padrão de 1,32 cm para as raízes e 0,89 mm para os hipocótilos.

Tabela 2 – Estatística das raízes e hipocótilos das 38 repetições com TAC-CV

Tratamento com vibração acústica TAC-CV			Estatística	Bootstrap[a]			
				Viés estatístico	Erro padrão	Intervalo de confiança de 95%	
						Inferior	Superior
N: 50	Válido	Raízes	38	0	0	38	38
		Hipocótilos	38	0	0	38	38
	Ausentes	Raízes	0	0	0	0	0
		Hipocótilos	0	0	0	0	0
Média		Raízes	2,7289	,0000	,0000	2,7289	2,7289
		Hipocótilos	3,2132	,0000	,0000	3,2132	3,2132
Mediana		Raízes	2,4000	,0000	,0000	2,4000	2,4000
		Hipocótilos	3,0000	,0000	,0000	3,0000	3,0000
Desvio Padrão		Raízes	1,32255	,00000	,00000	1,32255	1,32255
		Hipocótilos	,89478	,00000	,00000	,89478	,89478
Mínimo		Raízes	1,00	-	-	-	-
		Hipocótilos	2,00				
Máximo		Raízes	7,00	-	-	-	-
		Hipocótilos	6,00				

Fonte: Elaboração própria.
Nota: N é o número de repetições. As amostras são baseadas em 50 repetições. Bootstrap[a] é o método de amostragem.

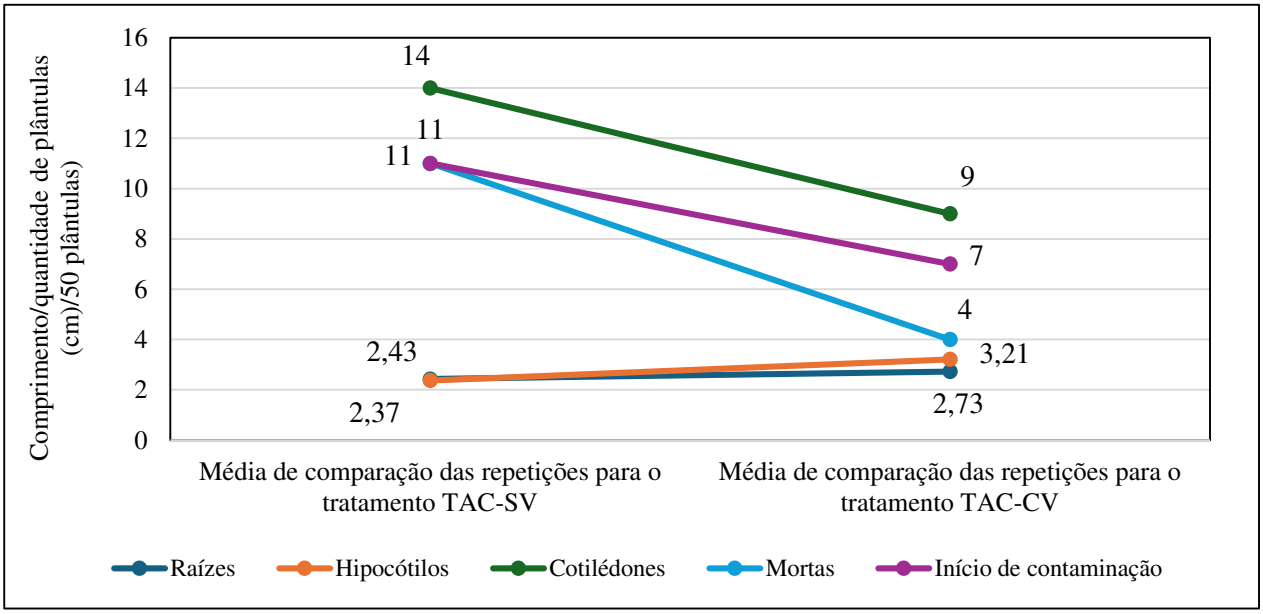
Estudos realizados por Azgomi *et al. (*2023), comprovam o efeito positivo no crescimento de plantas da espécie *Satureja hortensis* L. com intervenção de três sonoridades. Música iraniana, com frequência de 800–2000Hz, música rock, com frequência de 1100–7000Hz e ruído urbano/de trânsito, com frequência de 800–2000Hz. Respectivamente, a germinação acelerou uma média de 66,3%, 35% e 50%, comparados ao tratamento sem uso de vibração. Os efeitos positivos também foram observados no crescimento de raízes e hipocótilos, obtendo uma média 49,36% para música iraniana e 37,33% para música rock e 15,65% para ruídos urbanos.

Na fase de crescimento entre o 11° dia e o 20° dia é possível observar não somente os 1,14 cm de diferença no desenvolvimento das raízes (0,3 mm) e hipocótilos (0,84 mm), mas também a diferença em plântulas mortas, composta por 11 mortes de 50 plântulas (22%) para o tratamento sem vibração e 4 mortes de 50 plântulas (8%) para o tratamento com vibração acústica. E com início de contaminação, foram 11 plântulas contaminadas de 50 plântulas (22%) para o TAC-SV, sem uso de vibração e 7 plântulas contaminadas de 50 plântulas (14%) para o TAC-CV, com uso de vibração. Plântulas desenvolvidas com vibração acústica tiveram relativamente um diminuto em morte de 36%, enquanto as plântulas com início de contaminação diminuíram em 58%.

Segundo o estudo em andamento de Lilach Hadany, pela Universidade de *Tel Aviv* e divulgado na *National Geographic*, testes identificaram que as flores da prímula-da-noite captam o som das asas das abelhas e aumentam o açúcar em até 20%. Em razão, frequências altas e baixas não obtiveram nenhum efeito sobre as flores, assim, ainda se encontra em aberto a procura dos mecanismos que são acionados e quais os processos moleculares ou mecânicos são desenvolvidos para essas percepções. Em virtude, experimentos desenvolvidos por Veits *et al. (*2019), observou que as flores atuam como aparelho de recepção de sons nas plantas, no qual pelo método de vibrômetro a laser (medidor de

vibração das pétalas), identificou que o teor maior de açúcares no néctar estava relacionado ao fator de percepção de vibração do polinizador ou do som artificial disponibilizado.

Gráfico 2 - Comparação da média das repetições do tratamento TAC-SV e TAC-CVens



Fonte: Elaboração própria.

Sementes de milho foram condicionadas a tratamentos ultrassônicos de frequência 20-40kHz chamados de US, e o controle chamado de CK, durante 40s para100 sementes no período de 7 dias, analisando em 10s, 20s, 30s e 40s. O comprimento foi medido aos 3, 5 e 7 dias após. No 3º dia, o comprimento da radícula em US para 40s, foi de 10,3 mm, enquanto CK foi de 4 mm. No 5º dia, o comprimento da radícula foi de 34,9 mm no tratamento US 40s, enquanto o comprimento da radícula no CK foi de 11,2 mm. No 7º dia, o comprimento da radícula foi de 82,9 mm no tratamento de US para 40s. Isso representa um aumento significativo de 230,5% em comparação com 25,1 mm no CK (GONG *et al.,* 2024).

CONCLUSÃO

É surpreendente a falta de referências à grande literatura científica sobre o assunto que não apenas já descreveu e explica parcialmente todos os padrões de emissões acústicas relatados nesta pesquisa experimental, quanto em pesquisas recentes como Khait *et al.* (2023), Kim *et al.* (2021), Ye *et al.* (2023) e Azgomi *et al.* (2023), entre outros. A relação planta-ambiente vem sendo descrita em composição com ondas sonoras desde 1914 por Dixon, a partir da formação de bolhas que causou a

emissão acústica audível detectadas pela cavitação da seiva do xilema em um tubo aquecido e posteriormente resfriado.

Os resultados obtidos nesta pesquisa experimental indicam que o tratamento de sementes de tomate-cereja submetidas a vibrações acústicas com música clássica na frequência de 90Hz promoveu mudanças significativas na germinação de sementes. Dado que o som é uma onda de pressão e mecânica, o que se assemelha ao toque físico, que pode ser propagada através de um meio sólido, líquido ou gasoso, podem ser reconhecidas similaridades nas propriedades físicas do toque e do som em plantas, permitindo sua resposta positiva ou negativa para germinação e crescimento, levando em consideração a frequência e intensidade que essas ondas sonoras foram liberadas para cada espécie de planta.

Na análise do experimento, os resultados avaliaram fatores como a germinação em menor tempo; comparação do comprimento das raízes e hipocótilos; liberação dos cotilédones e plântulas mortas e com início de possível contaminação para os dois tratamentos: TAC-CV e TAC-SV. As sementes expostas à vibração acústica apresentaram um aumento na germinação e crescimento superior das raízes e hipocótilos se comparado ao grupo controle, respectivamente, 58% de sementes de tomate-cereja germinaram no 6° dia e a média total das repetições das raízes foi de 2,73 cm e dos hipocótilos de 3,21 cm de comprimento. Além disso, houve uma redução na mortalidade das plântulas no grupo tratado com vibração acústica de 36%. A menor incidência de plântulas mortas ou com sinais de contaminação sugere que a exposição às vibrações acústicas pode conferir uma maior resistência ao estresse.

Entretanto, é fundamental realizar estudos adicionais para acompanhar todo o ciclo de desenvolvimento das plantas tratadas, desde a germinação até a produção de frutos, bem como utilizando de outros gêneros musicais a fim de avaliar a influência pelo mesmo objetivo. Tais estudos devem avaliar se os efeitos positivos observados na fase inicial (germinação) se traduzem em maior produtividade e qualidade dos frutos, após os processos de crescimento. Além disso, é necessário investigar se esses benefícios são consistentes ao longo do tempo e economicamente vantajosos para os produtores.

REFERÊNCIAS

ALTUNTAS, O.; OZKURT, H. “The assessment of tomato fruit quality parameters under different sound waves”. **Food Science and Technology**, vol. 56, n. 4, 2019.

APPEL, H. M.; COCROFT, R. B. “Plants respond to leaf vibrations caused by insect herbivore chewing”. **Oecologia**, vol. 175, n. 4, 2014.

APPEL, H.; COCROFT, R. "Plant ecoacoustics: a sensory ecology approach". **Trends in Ecology and Evolution**, vol. 38, n. 7, 2023.

ARAÚJO, W. L. *et al*. "Variability and interactions between endophytic bacteria and fungi isolated from leaf tissues of citrus rootstocks". **Canadian Journal of Microbiology**, vol. 47, n. 3, 2001.

AZGOMI, S. *et al*. "The importance of sound rhythm: music and noise elicit diferent biological responses in *Satureja hortensis L*". **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, vol. 35, n. 3, 2023.

BARROS, R. P. *et al*. "A rosa do deserto utilizada como ferramenta do ensino de botânica e da prática docente". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 16, n. 46, 2023.

BHAR, A.; CHAKRABORTY, A. ROY, A. "Plant Responses to Biotic Stress: Old Memories Matter". **Plants**, vol. 11, n. 84, 2022.

BRASIL. **Cultivo de tomate protegido sem solo obtém produtividade superior no Ceará**. Fortaleza: Embrapa, 2022. Disponível em: <www.embrapa.br> Acesso em: 16/05/2024.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa, 2009. Disponível em: <www.gov.br>. Acesso em: 16/05/2024.

FRONGIA, F.; FORTI, L.; ARRU, L. "Sound perception and its effects in plants and algae". **Plant Signaling and Behavior**, vol. 15, n. 12, 2020.

GAGLIANO, M. "Green symphonies: a call for studies on acoustic communication in plants". **Behavioral Ecology**, vol. 24, n. 4, 2013.

GHOSH, R. *et al.* "Exposure to sound vibrations lead to transcriptomic, proteomic and hormonal changes in Arabidopsis". **Scientific Reports**, vol. 6, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Barueri: Editora Atlas, 2023.

GIOVANELLI, G. *et al.* "Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening". **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 79, 1999.

GONG, M. *et al.* "Ultrasonic treatment can improve maize seed germination and abiotic stress resistance". **BMC Plant Biology**, vol. 24, n. 758, 2024.

GRASSO, S. *et al.* "Micromachined Tools Using Acoustic Wave Triggering for the Interaction with the Growth of Plant Biological Systems". **Micromachines**, vol. 13, n. 9, 2022.

HENRÍQUEZ, M. A. G. *et al.* "Efecto de la aplicación de dos tipos de música en el desarrollo de plantas de maíz (*Zea mays* L)". **Multiciencias**, vol. 10, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de tomate de 2023**. Brasil: IBGE, 2023. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 07/12/2024.

KHAIT, I. *et al*. "Sound perception in plants". **Seminars in Cell and Developmental Biology**, vol. 92, 2019.

KHAIT, I. *et al.* "Sounds emitted by plants under stress are airborne and informative". **Cell**, vol. 183, 2023.

KIM, J. Y. *et al*. "Sound Waves Promote Arabidopsis thaliana Root Growth by Regulating Root Phytohormone Content". **International Journal of Molecular Sciences**, vol. 22, n. 11, 2021.

KIM, J. Y. *et al*. "Specific audible sound waves improve flavonoid contents and antioxidative properties of sprouts". **Scientia Horticulturae**, vol. 276, 2021.

KLEIN, R. M.; EDSALL, P. C. "On the reported effects of sound on the growth of plants". **Bioscience**, vol. 15, 1965.

LAUTERWASSER, A. **Wasser klang bilder**. Aarau: AT Verlag, 2002.

LENUCCI, M. *et al.* "Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars". **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 54, n. 7, 2006.

MELO, H. C. "Plants detect and respond to sounds". **Planta**, vol. 257, n. 3, 2023.

MELO, H. C. **Plantas**: biologia sensorial, comunicação, memória e inteligência. Curitiba: Editora Appris, 2021.

PELLING, A. E. *et al*. "Local Nanomechanical Motion of the Cell Wall of Saccharomyces cerevisiae". **Science**, vol. 305, n. 5687, 2004.

PETRAGLIA, M. S. **Estudos sobre ações de vibrações acústicas e música em organismos vegetais** (Dissertação de Mestrado em Biologia Geral e Aplicada). Botucatu: UNESP, 2008.

QUISEN, R. C.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J. "Metodologia de descontaminação e germinação de sementes de *Pinus taeda* L". **Boletim Técnico Embrapa**, n. 499, 2020.

ROSA, R. C. T. *et al.* "Detecção de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* em sementes de tomateiro pelo método de papel de filtro com adição de restritores". **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, vol. 27, n. 2, 2022.

TOMAZI, Y. *et al.* "Métodos de assepsia em sementes de feijão". **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 14, n. 2, 2019.

TOMPKINS, P.; BIRD, C. **A vida secreta das plantas**: a vida harmônica das plantas. Rio de Janeiro: Editora Expressão e Cultura, 1977.

VEITS, M. *et al*. "Flowers respond to pollinator sound within minutes by increasing nectar sugar concentration". **Ecology Letters**, vol. 22, n. 9, 2019.

VICIENT, C. M. "The effect of frequency-specific sound signals on the germination of maize seeds". **BMC Research Notes**, vol. 10, 2017.

VIEIRA, J. C.; QUALHATO, T. F. "Construction of the Acoustic Chamber and Execution Protocol for Germination and Growth of Cherry-Tomato Seedlings". *In*: COSTA, M. F. M. *et al*. **Hands-on Science**: Science Education and Sustainability. Madrid: Universidad de Vigo, 2024.

WASSERMANN, B. KORSTEN, L.; BERG, G. “Plant Health and Sound Vibration: Analyzing Implications of the Microbiome in Grape Wine Leaves”. **Pathogens**, vol. 10, n. 63, 2021.

YE, Z. *et al*. “Evidence for the role of sound on the growth and signal response in duckweed”. **Plant Signaling and Behavior**, vol. 18, n. 1, 2023.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VI | Volume 20 | Nº 58 | Boa Vista |2024

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima