



**RAFAEL ROCHA DE SOUZA**

**CAMPO MAGNÉTICO E CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO  
PARA MELHORIA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES  
DE TOMATE**

**LAVRAS - MG  
2023**

**RAFAEL ROCHA DE SOUZA**

**CAMPO MAGNÉTICO E CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO PARA  
MELHORIA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DESEMENTES DE TOMATE**

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

Profa. Dra. Edila Vilela de Resende Von  
Pinho

Me. Mayra Vanessa Herrera Ramos

**LAVRAS - MG  
2023**

**RAFAEL ROCHA DE SOUZA**

**CAMPO MAGNÉTICO E CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO  
PARA MELHORIA DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS  
SEMENTES DE TOMATE**

**MAGNETIC FIELD AND PHYSIOLOGICAL  
CONDITIONING TO IMPROVE THE PHYSIOLOGICAL  
QUALITY OF TOMATO SEEDS**

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

APROVADO em 29 de novembro de 2023

Profa. Edila Vilela de Resende Von Pinho  
Dr. Wilson Vicente Souza Pereira  
Me. Rafaela Aparecida de Carvalho

UFLA  
UFLA  
UFLA

Profa. Dra. Edila Vilela de Resende Von  
Pinho  
Orientadora

Me. Mayra Vanessa Herrera Ramos  
Coorientadora

**LAVRAS - MG  
2023**

## **Dedicatória**

Aos meus dedicados pais, Wesley e Rosilaina, que incansavelmente se esforçaram para proporcionar-me não apenas escolhas, mas também preciosos ensinamentos e todo o suporte necessário para os meus estudos. Seus constantes incentivos e apoio foram a força que me impulsionou a persistir, indo além dos limites para testemunhar a realização de um sonho.

À minha amada irmã, Nicole, que sempre me compreendeu e, apesar da distância, esteve presente em todos os momentos significativos. Sua presença distante, mas marcante, é um alicerce essencial.

Vocês são meu farol de caráter, exemplos vivos de resiliência, e testemunhas de como a perseverança e a dedicação podem, de fato, gerar resultados extraordinários.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente por me iluminar, compreender e, acima de tudo, amparar nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Wesley e Rosilaina, que me proporcionaram a base para me tornar a pessoa e profissional que sou hoje. Sou muito grato por todo o apoio, amor e confiança.

À minha irmã, Nicole, que apesar da distância, sempre me apoiou e amparou em todos os momentos da minha vida.

Às minhas amigas Ana Júlia, Maria Beatriz, Paula, Thais, Marília, Rayane e Júlia, que desde o início da minha graduação, proporcionaram-me inúmeros momentos inesquecíveis. Agradeço por todo o apoio, compreensão, amor e amizade que compartilhamos.

Às moradoras do 404, Yanka e Ana, expesso meu reconhecimento pela amizade, companhia, paciência e compreensão ao longo de todos os bons momentos que vivemos juntos.

As amigadas provenientes do setor de sementes foram valiosas, especialmente a Karina Faria e Barbara Germano, que me acompanharam no período final da graduação, oferecendo apoio, incentivo e aconselhamento.

À minha amiga Rafaela Carvalho, presente desde o nosso primeiro encontro, agradeço por ter caminhado ao meu lado durante toda a minha trajetória na graduação. Seus conselhos, ensinamentos, ajuda e amizade foram fundamentais.

À minha orientadora, Profa. Dra. Edila Vilela de Resende Von Pinho, pelos ensinamentos, conselhos, compreensão e confiança em mim.

A todo o grupo de pesquisa da Prof. Edila, professores, técnicos, funcionários e colegas do Laboratório Central de Pesquisas em Sementes pelos conhecimentos e momentos compartilhados, bem como pelo auxílio durante minha trajetória no setor.

Agradeço a todos os professores que contribuíram para a minha formação.

Um agradecimento especial à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio.

A todos que cruzaram meu caminho durante os anos de graduação e me proporcionaram algum conhecimento e aprendizado, meu sincero agradecimento.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela oportunidade de estudo, ensinamentos profissionais e pessoais.

**GRATIDÃO!**

## RESUMO

Atualmente, a busca por abordagens inovadoras e ecologicamente sustentáveis na agricultura visam melhorar a germinação de sementes e o vigor das plântulas, aspectos cruciais para o sucesso da produção agrícola. Duas técnicas promissoras nesse cenário incluem o pré-tratamento de sementes com campos magnéticos e a técnica de priming ou condicionamento fisiológico. No entanto, a pesquisa relacionada ao uso desse método em sementes de tomate, ainda é limitada. Neste estudo objetivou-se avaliar os efeitos da exposição ao campo magnético, em conjunto com o condicionamento fisiológico, sobre a qualidade fisiológica de sementes de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Os experimentos foram realizados, no Laboratório Central de Pesquisas em Sementes e em casa de vegetação do setor de sementes, da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Dois genótipos de sementes híbridas de tomate, IBIZA e FARO, foram utilizados neste estudo. As sementes de ambos os genótipos foram produzidas no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia da UFLA, garantindo que as condições de obtenção fossem as mesmas. As sementes foram expostas a um campo magnético de 100 mT por período de 60 minutos, seguido por condicionamento fisiológico de 24 horas em água destilada. Foi utilizado um tratamento controle, sem tratamento magnético e sem condicionamento fisiológico. As sementes foram semeadas em bandejas, contendo substrato, as quais foram mantidas em casa de vegetação. Foram avaliados os índices de velocidade de emergência e a porcentagem de emergência de plântulas. As avaliações foram realizadas logo após os tratamentos e também aos 3 meses de armazenamento. Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial, genótipo x priming x campo magnético. Observou-se diferença significativa após três meses de armazenamento, na interação dupla entre o genótipo e o campo magnético para a variável avaliada: porcentagem de emergência. O tempo de exposição ao campo magnético por 60 minutos e ao condicionamento fisiológico são técnicas com efeitos positivos sobre a qualidade fisiológica de sementes de tomate. O genótipo exerce influência significativa sobre a qualidade fisiológica quando submetido ao campo magnético e ao condicionamento fisiológico.

Palavras-chaves: Priming, Ímã, Armazenamento.

## ABSTRACT

Currently, the search for innovative and ecologically sustainable approaches in agriculture aims to improve seed germination and seedling vigor, crucial aspects for the success of agricultural production. Two promising techniques in this scenario include pre-treatment of seeds with magnetic fields and the priming or physiological conditioning technique. However, research related to the use of this method on tomato seeds is still limited. This study aimed to evaluate the effects of exposure to the magnetic field, together with physiological conditioning, on the physiological quality of tomato seeds (*Solanum lycopersicum* L.). The experiments were carried out at the Central Seed Research Laboratory and in a greenhouse in the seed sector, at the Federal University of Lavras (UFLA). Two hybrid tomato seed genotypes, IBIZA and FARO, were used in this study. The seeds of both genotypes were produced at the UFLA Technology Development and Transfer Center, ensuring that the obtaining conditions were the same. The seeds were exposed to a magnetic field of 100 mT for a period of 60 minutes, followed by physiological conditioning for 24 hours in distilled water. A control treatment was used, without magnetic treatment and without physiological conditioning. The seeds were sown in trays containing substrate, which were kept in a greenhouse. The emergence speed indices and the percentage of seedling emergence were evaluated. The evaluations were carried out immediately after the treatments and also after 3 months of storage. A completely randomized experimental design was adopted in a factorial scheme, genotype x physiological conditioning x magnetic field. A significant difference was observed after three months of storage, in the double interaction between genotype and magnetic field for the variable evaluated: percentage of emergence. The Exposure time to the magnetic field for 60 minutes and physiological conditioning are techniques with positive effects on the physiological quality of tomato seeds. The genotype exerts a significant influence on the physiological quality when subjected to the magnetic field and physiological conditioning.

Keywords: Priming, Magnet, Storage.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 9  |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 10 |
| 2.1. Cultura e Características das Sementes de Tomateiro.....                   | 10 |
| 2.2. Descrição dos genótipos .....  | 11 |
| 2.3. Germinação e Condicionamento Fisiológico de Sementes.....                  | 11 |
| 2.4. Magnetobiologia e campo magnético.....                                     | 12 |
| 2.5. Influência do Campo Magnético na Germinação e Desenvolvimento de Sementes. | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 16 |
| 3.1. Material genético e local de condução .....                                | 16 |
| 3.2. Tempo de exposição ao campo magnético .....                                | 16 |
| 3.3. Exposição das sementes ao campo magnético.....                             | 17 |
| 3.4. Tratamento das sementes ao condicionamento fisiológico.....                | 17 |
| 3.5. Secagem, embalagem e armazenamento das sementes.....                       | 17 |
| 3.6. Montagem da sementeira .....   | 18 |
| 3.7. Avaliações .....   | 19 |
| 3.8. Análise estatística.....   | 19 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 19 |
| 5. CONCLUSÃO .....  | 25 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 26 |



## 1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) destaca-se como uma das principais hortaliças globalmente, com uma produção mundial estimada em mais de 190 milhões de toneladas em 2022 (FAOSTAT, 2022). O Brasil, contribuindo com mais de 3,8 milhões de toneladas anualmente, desempenha um papel significativo nesse cenário (IBGE, 2022). Essa cultura está intrinsecamente vinculada à agricultura familiar, exercendo uma função crucial na segurança alimentar, na geração de emprego e renda, especialmente para pequenos e médios agricultores (Gilberto de Lima, Valdiqie, et al.; 2021).

O sucesso no cultivo de tomate começa com a produção de mudas de alta qualidade, conforme destacado por Costa et al. (2011), que apontam a influência direta dessa etapa no desempenho e na produtividade da cultura. A qualidade das sementes influenciam diretamente no vigor das mudas a serem transplantadas (Ventura et al., 2017). Portanto, é crucial desenvolver tecnologias inovadoras e ecologicamente corretas que acelerem a germinação, melhorem o vigor das plântulas e minimizem a deterioração das sementes. (Vashisth e Nagarajan, 2010).

A semente é o principal insumo da agricultura, e a qualidade das sementes desempenha um papel fundamental no sucesso da produção agrícola. A qualidade das sementes é definida como um conjunto de características que abrangem atributos genéticos, físicos, fisiológicos e de sanidade, (Marcos Filho et al.; 2015). No mercado, os aspectos fisiológicos das sementes, como germinação e vigor, desempenham um papel crítico, pois são os primeiros indicadores visíveis da qualidade do produto.

Estudos recentes (Smith et al.; 2021), destacam a influência significativa do campo magnético no desenvolvimento de plantas e sementes. Os resultados dessas pesquisas sugerem que a exposição a campos magnéticos específicos pode modular processos fisiológicos fundamentais, influenciando positivamente a germinação e o vigor das sementes.

Em relação ao condicionamento fisiológico (Oliveira et al.; 2021) destaca a eficácia dessa técnica na melhoria da qualidade de sementes de coentro. O condicionamento fisiológico, quando aplicado adequadamente, demonstra impactos positivos na resistência ao estresse, na taxa de germinação e na uniformidade do desenvolvimento das plantas. Essas descobertas evidenciam a promissora aplicabilidade do condicionamento fisiológico como uma ferramenta estratégica na produção de sementes de alta qualidade.

Diante dos resultados de algumas pesquisas realizadas atualmente, é possível observar

os efeitos promissores do condicionamento fisiológico consorciado com o campo magnético, no qual as sementes são expostas a um campo magnético. Esta abordagem apresenta diversas vantagens, incluindo sua sustentabilidade ambiental, facilidade de aplicação e custos acessíveis, principalmente quando se utilizam campos magnéticos estáticos não homogêneos (Madhavan; Anand, 2019).

A crescente demanda por estratégias inovadoras e sustentáveis na agricultura tem impulsionado pesquisas que exploram novas abordagens para otimizar a produção de cultivos. No contexto dessa busca, o presente trabalho investigou a interação entre o campo magnético e o condicionamento fisiológico como meios promissores para aprimorar a qualidade fisiológica de sementes de tomate.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Cultura e Características das Sementes de Tomateiro**

O tomate é um componente significativo da produção de hortaliças no Brasil, representando 21% do total segundo a FAOSTAT (2022). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil deve produzir 3.9 milhões de toneladas na safra 2023, apresentando um aumento de 1,6% na produção em relação ao produzido em 2022, (IBGE, 2023).

O tomateiro, pertencente à família Solanaceae, apresenta flores axilares dispostas em cachos de cor amarelada. Seus frutos, de variadas formas e cores, dependem da variedade (Perlata e Spooner, 2007). As sementes de tomate são classificadas como ortodoxas, acumulando reservas de amido, proteínas e lipídios durante sua formação. Essas sementes são ortodoxas, ou seja, toleram a dessecação, permitindo seu armazenamento por longos períodos em condições de baixa umidade relativa do ar e temperaturas reduzidas. O processo comum envolve o armazenamento em baixas temperaturas e umidades relativas do ar, com teores de água mínimos, e acondicionamento em embalagens impermeáveis (Marcos-Filho, 2015).

Compreender as características das sementes de tomate é crucial para o desenvolvimento e implementação de tecnologias que possam agregar valor a essas sementes, visando a produção e a comercialização de alta qualidade. No processo de propagação do tomateiro, as mudas são formadas a partir das sementes, e a qualidade fisiológica dessas sementes exercem influência significativa no vigor e no estabelecimento das mudas no campo. Portanto, é essencial investir em tecnologias que

aprimorem a qualidade fisiológica das sementes, assegurando a formação de mudas robustas e com altas produtividades. Tais considerações são de extrema importância tanto para os agricultores quanto para a indústria.

Para aprimorar a qualidade das sementes e impulsionar a produtividade do tomate, uma estratégia eficaz consiste no uso de sementes híbridas. Essa abordagem oferece benefícios significativos, como um aumento aproximado de 20% na produção, dependendo do genótipo, uma maior uniformidade na maturação dos frutos, resistência a doenças, uma adaptabilidade superior e uma redução dos custos com controles fitossanitários em cerca de 10% (CEPEA, 2008). No entanto, é fundamental observar que as sementes híbridas têm um custo mais elevado em comparação com as cultivares de polinização aberta. Devido ao elevado valor atribuído a essas sementes, os produtores de sementes de tomate estão investindo em tecnologias avançadas tanto na fase de produção quanto no pós-colheita, garantindo a comercialização de sementes de alta qualidade.

## **2.2. Descrição dos genótipos utilizados**

O tomate do genótipo Ibiza é classificado como tomate de mesa, sendo um produto híbrido F1 (UQMS- 685-hip.verde x TOM-695) apresentando frutos do tipo Santa Cruz. Possui hábito de crescimento indeterminado e apresenta resistência a alguns patógenos e nematóides, como o *Verticillium*, *Fusarium* raça 1, *Stemphyllium*, *Pseudomonas Syringae Patovar Tomato*, *Tospovirus* (vira-cabeça), Nematóides (*Meloidogyne incógnita* e *Meloidogyne javanica*), e *Begomovirus*.

Por outro lado, o genótipo Faro é destinado à produção industrial de tomate. É um produto híbrido F1 (TOM-717 x TOM-564) com frutos multiloculares, de tamanho grande, e apresenta hábito de crescimento indeterminado. Similar ao Ibiza, o Faro também apresenta resistência a *Verticillium*, *Fusarium* raças 1 e 2, *Stemphyllium*, Nematóides (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*), e *Begomovirus*.

## **2.3. Germinação e Condicionamento Fisiológico de Sementes**

A avaliação da qualidade da semente baseia-se em quatro atributos: genético, fisiológico, físico e sanitário (Perez-Mendoza et al., 2006). A qualidade fisiológica está predominantemente relacionada à germinação, vigor e longevidade, podendo ser avaliada por meio de testes de germinação e vigor realizados em laboratório. Para mais, essas análises podem ser complementadas por avaliações da capacidade de crescimento das

plântulas, especialmente relevantes na formação de mudas destinadas ao transplante, como ocorre no tomate. Trabalhar com sementes de alta qualidade apresenta diversas vantagens, incluindo um maior potencial de armazenamento, um estabelecimento mais eficaz de plântulas e plantas, e uma produtividade superior de frutos e grãos (Ayala et al., 2014).

Diversas estratégias têm sido pesquisadas e adotadas na produção agrícola em benefício das sementes. O condicionamento fisiológico, uma técnica que possibilita a hidratação das sementes, ativa os processos metabólicos pré-germinativos, favorecendo a germinação e o vigor das plântulas. Essas estratégias, além de serem eficientes e de custo acessível, tornaram-se indispensáveis na produção agrícola para atender às demandas do mercado, que incluem alta produtividade, melhor qualidade e desenvolvimento aprimorado das culturas vegetais (De Souza Caçula, Bruna Tuane, et al.; 2022)

#### **2.4. Magnetobiologia e campo magnético**

Estudos indicam que a mobilidade da água durante o processo de germinação pode ser acelerada por meio do pré-tratamento de sementes com um campo magnético (Vanisth; Nagarajan; 2010). Isso pode estar relacionado à atividade metabólica enzimática associada à hidrólise de reservas armazenadas (Aranzazu-Osorio,; 2019). Essa abordagem é conhecida como campo magnético.

No sentido de compreender a amplitude da magnetobiologia como uma ferramenta biotecnológica, é crucial distinguir dois termos: biomagnetismo e magnetobiologia. Biomagnetismo refere-se ao estudo dos campos magnéticos presentes em um sistema biológico, enquanto a magnetobiologia é a investigação das respostas de sistemas biológicos quando expostos a campos magnéticos externos (Torres et al., 2018). O campo magnético, por sua vez, diz respeito ao condicionamento realizado por meio de campos magnéticos.

O campo magnético pode ser compreendido como a força gerada por uma quantidade de carga que atravessa uma superfície em um intervalo de tempo específico. Esse campo exerce influência sobre qualquer outra carga ou corrente dentro de sua área de alcance. Assim, a essência fundamental do magnetismo reside na interação em movimento de cargas elétricas ou mesmo na oscilação de partículas subatômicas, como os elétrons. Tal fenômeno é responsável pela atração e repulsão dos pólos magnéticos (Young; Freedman,; 2009).

Há dois tipos de fontes magnéticas: as passivas, que contêm apenas o campo magnético, e as ativas, que envolvem campos eletromagnéticos, como as bobinas. O segundo tipo requer um campo elétrico para gerar o campo magnético, podendo a corrente fornecida ser direta, mantendo a voltagem constante ao longo do tempo, ou alternada, na qual a voltagem varia ao longo do tempo (Halliday, et al.; 2014)

O campo magnético pode ser classificado como estático ou dinâmico. O campo magnético estático está relacionado à constância na intensidade ao longo do tempo, presente em ímãs e bobinas alimentadas com corrente contínua (CC). Já o campo magnético dinâmico envolve a variação na intensidade ao longo do tempo, como ocorre em bobinas alimentadas com corrente alternada (CA) (Beléndez, 2008).

## **2.5. Influência do Campo Magnético na Germinação e Desenvolvimento de Sementes**

A partir do final do século XIX, cientistas observaram os impactos dos campos magnéticos em sistemas biológicos. Somente em 1960, esses efeitos foram documentados em sistemas vegetais (Galland; Pazur, 2005) onde eles destacaram suas aplicações na agricultura. A magnetobiologia apresenta considerável potencial de aplicação, sendo uma vantagem significativa sua natureza não invasiva (Madhavan e Anand, 2019). Pesquisas revelam que o tratamento magnético influencia diversas características e processos, incluindo o aumento da porcentagem de lantãs emergentes e a redução do tempo de germinação de sementes (Torres Osório et al.; 2015).

Estudos destacam a influência direta do campo magnético na germinação e desenvolvimento inicial de sementes (Zhang et al., 2019). Os autores demonstraram que a exposição controlada a campos magnéticos específicos resultou em aumento significativo na taxa de germinação, bem como em mudanças notáveis nos parâmetros fisiológicos das sementes de tomate. Esse entendimento foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, pois fornece uma base sólida para explorar como a aplicação controlada de campos magnéticos pode afetar positivamente a qualidade fisiológica das sementes de tomate.

A pesquisa sobre a influência do campo magnético na germinação e desenvolvimento de sementes tem revelado descobertas intrigantes e promissoras. Pesquisadores investigaram os efeitos do campo magnético nas sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) e rúcula (*Eruca sativa* L.), (Silva, Souza, Oliveira.; 2019). Os

resultados indicaram que a exposição controlada a campos magnéticos específicos não apenas acelerou o processo de germinação, mas também influenciou positivamente o crescimento inicial das plântulas. Este estudo destaca a potencial aplicabilidade do campo magnético como uma ferramenta para otimizar a fase inicial do ciclo de vida das plantas, crucial para o estabelecimento saudável das culturas.

Adicionalmente, Wang et al. (2011) conduziram pesquisas sobre os efeitos do campo magnético em sementes de soja. Suas descobertas indicam que a exposição a campos magnéticos influencia a taxa de germinação e o crescimento das plântulas de soja. Essa pesquisa específica fornece informações adicionais sobre como diferentes tipos de sementes podem responder de maneira distinta aos estímulos magnéticos, destacando a necessidade de uma abordagem direcionada ao explorar essa tecnologia em diversas culturas, como o tomate que foi avaliado neste trabalho .

Ao considerarmos o princípio da conservação de energia, se a quantidade total de energia em um sistema não isolado se altera, isso ocorre porque essa energia atravessou a fronteira do sistema por meio de um mecanismo de transferência (Serway e Jewett, 2008). Ao tratar as sementes com campo magnético, ocorre a transferência de energia na forma de campo magnético para esse sistema biológico, podendo resultar ou não em uma resposta, uma mudança perceptível ou detectável em um organismo em estudo, o que pode resultar em um efeito negativo ou positivo, variando com o tempo de exposição ao campo magnético e com o objetivo da pesquisa.

As fontes magnéticas ou eletromagnéticas estáticas podem ser classificadas como homogêneas ou não homogêneas. A homogeneidade diz respeito ao fato de a densidade de fluxo do campo magnético pode variar muito pouco ou permanecer constante, enquanto a falta de homogeneidade refere-se a um campo magnético com um gradiente significativo na densidade de fluxo. Recentemente, o tratamento magnético de sistemas biológicos com campos não uniformes tem recebido atenção crescente. Além de proporcionarem uma manipulação mais simplificada do campo para profissionais capacitados e agricultores, as fontes passivas também se destacam como uma escolha mais econômica em comparação com as fontes ativas (Serway e Jewett, 2008).

Diversos pesquisadores desenvolveram trabalhos com diferentes genótipos de tomate, utilizando campos magnéticos homogêneos e não homogêneos com diferentes intensidades do campo magnético, obtendo como respostas positivas a diminuição no tempo médio de germinação e o aumento na emergência (De Souza et al., 2010) e (El-

Yazield et al., 2011).

Considerando o que foi observado em várias pesquisas, diversos fatores podem impactar a resposta de sistemas biológicos à presença de campos magnéticos, tais como a fonte magnética utilizada, o organismo em estudo, a dose magnética e o tempo de exposição.

A exposição ao campo magnético pode acontecer tanto de forma direta quanto de forma indireta. No primeiro caso, a fonte magnética interage diretamente com o organismo, enquanto no segundo, é necessário um intermediário, como no tratamento magnético da água utilizada para irrigar determinadas espécies vegetais (Martinez et al., 2003). A administração da dose magnética pode ocorrer de maneira constante, permanente ou única: Na exposição constante, há a possibilidade de dividir a dose, aplicando-a em diferentes momentos ou estágios de desenvolvimento. Já na exposição permanente, a fonte magnética, geralmente passiva, mantém uma interação constante com o organismo estudado até a conclusão do experimento (Gómez-Luna et al., 2011). Por outro lado, a abordagem mais predominante nos dias de hoje é a exposição única e pontual, sendo extensivamente utilizada em sementes (Podlesnik et al., 2004) e por (De Souza et al., 2005).

Foi evidenciado que a resposta de um sistema biológico à presença de campos magnéticos é influenciada pela espécie (Gutiez, 2001), (Pietruszcwski et al., 2007), e estudos mais recentes investigaram essa dinâmica no nível genotípico. Alguns trabalhos destacam variações de resposta em sementes submetidas à mesma exposição, como exemplificado no trabalho de Herrera-Ramos, (2020) que utilizou diferentes genótipos de tomate.

As variáveis abióticas, como umidade, temperatura e intensidade da luz, têm influência sobre a dose magnética, ampliando as diversas combinações que a determinam. Por essa razão, nos experimentos de magnetobiologia, busca-se variar tanto a intensidade do campo magnético quanto o tempo de exposição, mantendo sob controle as demais variáveis abióticas.

Alguns cientistas recorrem à inteligência artificial para escolher doses que otimizem ou minimizem respostas específicas em organismos biológicos. No trabalho desenvolvido (Jorge, Jaramillo-Garzón et al., 2019), apresenta um algoritmo fundamentado em inferência bayesiana, cujo propósito é reduzir a quantidade de experimentos necessários para caracterizar uma dose magnética, com foco na diminuição do tempo de germinação de sementes de tomate.

Pesquisadores realizaram estudos envolvendo sementes de tomate e campo magnético, sem detalhar a variedade utilizada (Martínez et al. 2009), (Feizi et al. 2012) e (Milla et al. 2019). Essa omissão torna-se particularmente relevante, considerando a evidência de que a resposta aos campos magnéticos está intrinsecamente ligada ao genótipo.

A ausência de detalhes em metodologias experimentais corretas e abrangentes resultam em baixa repetibilidade e reprodutibilidade em experimentos de tratamento magnético em sistemas biológicos. Com isso, o desenvolvimento de estudos com metodologias detalhadas são essenciais para amplificar o uso dessa técnica na melhoria da qualidade de sementes de tomate.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Genótipos utilizados e local de condução**

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório Central de Pesquisa de Sementes e em casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, Brasil.

Foram utilizadas sementes híbridas de duas variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), IBIZA e FARO, provenientes do Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia da UFLA, localizado no município de Ijaci, Minas Gerais. Essas sementes foram produzidas na mesma safra, em dezembro de 2012 e sob condições edafoclimáticas idênticas.

#### **3.2. Tempo de exposição ao campo magnético**

Com base nos resultados obtidos anteriormente através do trabalho desenvolvido por Herrera-Ramos, (2023), foi estabelecido um período de 60 minutos como o tempo de exposição das sementes ao campo magnético. As sementes de ambos os genótipos foram divididas em quatro tratamentos, a primeira parte foi submetida apenas ao campo magnético de 100 mT por 60 minutos (B60); a segunda parte foi submetida somente ao condicionamento fisiológico; a terceira parte foi submetida tanto ao campo magnético de 100 mT por 60 minutos (B60) quanto ao condicionamento fisiológico, em sequência; em relação a quarta parte das sementes, não foram expostas ao campo magnético e também ao condicionamento fisiológico, sendo o controle utilizado para comparar os dados obtidos.



### **3.3. Exposição das sementes ao campo magnético**

Para a condução deste experimento, o campo magnético utilizado foi gerado por meio de um ímã dipolar toroidal de cerâmica com as seguintes especificações: diâmetro externo de 134,75 mm ( $Dm$ ), diâmetro interno de 60,04 mm ( $dm$ ) e espessura de 20,02 mm ( $lm$ ), com uma indução nominal de campo magnético ( $B$ ) de 100 mT.

Utilizou um teslâmetro, com sondas transversais e longitudinais de resolução de 0,1 mT para se realizar a caracterização do campo magnético utilizado. No decorrer da exposição magnética das sementes, o ímã foi colocado com a polaridade norte voltada para a parte superior do toróide. As sementes foram colocadas no orifício do ímã com o auxílio de um suporte de nylon, garantindo um gradiente magnético consistente entre 118,43 e 40,10 mT para todas as sementes de tomate.

### **3.4. Tratamento das sementes ao condicionamento fisiológico**

Depois de serem expostas a diferentes períodos de campo magnético (controle-t0 e 60 minutos), parte das sementes de cada genótipo passou pelo condicionamento fisiológico. Este processo consistiu na imersão em água destilada por 24 horas, conforme descrito por Harris et al., (2022). O condicionamento ocorreu em uma câmara de germinação BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio), na qual apresenta um fluxo contínuo de oxigênio, a 20 °C, e ausência de luz. Em sequência do condicionamento fisiológico, as sementes foram moderadamente secas com papel toalha e, em seguida, submetidas a secagem.

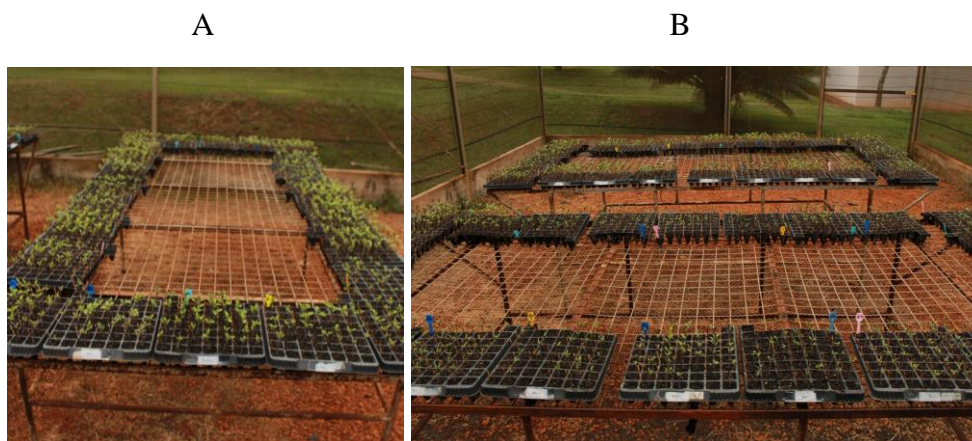
### **3.5. Secagem e armazenamento das sementes**

As sementes foram secas em uma estufa de circulação forçada de ar a 35°C, com duração em média de uma à duas horas, dependendo da umidade inicial das sementes, até alcançarem um teor de água de 6% (EMBRAPA, 2006). Uma parte das sementes foi avaliada imediatamente após o processo de secagem, enquanto a outra parte foi acondicionada em embalagens apropriadas para sementes de hortaliças, sendo estas impermeáveis e constituídas de alumínio laminado. O armazenamento foi conduzido por um período de três meses em câmara fria a 10 °C, com umidade relativa de 50%.

### 3.6. Montagem do Semeadura

A sementeira foi realizada em casa de vegetação, com três repetições, cada uma composta por 100 sementes distribuídas em bandejas para mudas, utilizando o substrato Maxfertil para plantas (misto, composto por casca de Pinus, fosfato natural, casca de arroz carbonizada, vermiculita e adubo químico NPK). A irrigação foi realizada de acordo com as necessidades do substrato, mantendo a capacidade de retenção de água em 70%, tornando estável e adequadas as condições para o desenvolvimento das sementes.

Figura A e B: Parte interna da casa de vegetação onde foi conduzido o experimento e o modo em que as bandejas foram distribuídas.



Legenda: Vista interna da casa de vegetação utilizada no experimento.

Fonte: Mayra Vanessa Herrera Ramos (2023).

Figuras C e D: Desenvolvimento inicial dos genótipos utilizados. Nesse período avaliou-se a porcentagem de emergência de plântulas e o índice de velocidade de emergência.



Legenda: Fase inicial do crescimento dos genótipos.

Fonte: Mayra Vanessa Herrera Ramos (2023).

### **3.7. Avaliações**

Foram avaliados porcentagem de emergência (PE) e o índice de velocidade de emergência (IVE) conforme ao sugerido por Maguire (1962). Dos quais estimaram, respectivamente, o número médio de dias necessários para a ocorrência da emergência e o número médio de plântulas normais emergidas por dia (ÁVILA et al., 2005). O número final de plântulas emergidas foi transformado em porcentagem e considerado porcentagem de emergência de plântulas (PE).

### **3.8. Análise estatística**

O experimento foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, seguindo um esquema fatorial que considerava os fatores 2 genótipos x 1 condicionamento fisiológico x 1 campo magnético. Para verificar a normalidade dos dados, utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk. Como a normalidade não ocorreu, os dados foram submetidos a uma transformação pelo arco seno da raiz de  $x/100$  e, em seguida, retestados quanto à normalidade. Dados que se apresentaram como normais ou normalizados após a transformação foram analisados por ANOVA, seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, quando identificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Já os dados não normalizados, mesmo após a transformação, foram submetidos à análise por meio de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Sendo identificadas diferenças, as médias também foram comparadas usando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram conduzidas utilizando o software R for Windows (R Core Team, 2023).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na análise de porcentagem de emergência inicial de plântulas,  $t_0$ , observou-se significância para o fator genótipo (Tabela 5), destacando-se os maiores valores para cultivar Ibiza. Aos três meses de armazenamento (Tabela 1 e 2), verificou-se efeito significativo para as interações genótipo x condicionamento fisiológico e genótipo x campo magnético. O genótipo Ibiza apresentou as maiores porcentagens na presença e na ausência de condicionamento fisiológico. Já para o genótipo Faro, a maior porcentagem foi registrada em sementes que passaram pelo condicionamento fisiológico. Quanto à Ibiza, não foram observadas diferenças significativas nos valores entre sementes submetidas ou não ao condicionamento fisiológico (Tabela 1). A menor

resposta ao condicionamento fisiológico das sementes da cultivar Ibiza pode ser atribuída à sua melhor qualidade fisiológica.

Tabela 1: Médias das porcentagens de emergência de plântulas de tomate das cultivares Faro e Ibiza após 3 meses de armazenamento, submetidas ao condicionamento fisiológico.

| t3-%E    |       | Priming |   |   |     |   |   |
|----------|-------|---------|---|---|-----|---|---|
|          |       | Sem     |   |   | Com |   |   |
| Genótipo | Faro  | 59      | B | b | 85  | B | a |
|          | Ibiza | 95      | A | a | 93  | A | a |

Legenda: Médias seguidas pela letra maiúscula compara na coluna e minúscula compara na linha, na análise de comparação de médias a 5% de probabilidade.

Onde: Porcentagem de emergência (%E), três meses de armazenamento (t3), presença (Com) e ausência (Sem) de priming.

Fonte: Do autor (2023).

A emergência de plântulas foi menor nas sementes da cultivar Faro quando expostas ao campo magnético, enquanto na cultivar Ibiza não apresentou diferença entre os tratamentos controle e exposição ao campo magnético, como pode ser observado no (Tabela 2).

Tabela 2: Médias das porcentagens de emergência de plântulas de tomate das cultivares Faro e Ibiza submetidas ao campo magnético após 3 meses de armazenamento.

| t3-%E           |     | Genótipo |   |   |       |   |   |
|-----------------|-----|----------|---|---|-------|---|---|
|                 |     | Faro     |   |   | Ibiza |   |   |
| Campo magnético | Ctl | 74       | A | b | 94    | A | a |
|                 | B60 | 70       | B | b | 94    | A | a |

Legenda: Médias seguidas pela letra maiúscula compara na coluna e minúscula compara na linha, na análise de comparação de médias a 5% de probabilidade.

Onde: Porcentagem de emergência (%E), três meses de armazenamento (t3), sem exposição magnética (Ctl), e exposição magnética por 60 min (B60).

Fonte: Do autor (2023).

Quanto ao índice de velocidade de emergência, tanto no início quanto após três meses de armazenamento, a interação genótipo x condicionamento fisiológico x campo magnético apresentou diferenças significativas para o genótipo Faro. Enquanto para o genótipo Ibiza não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3).

Na semeadura antes do armazenamento (t0), a cultivar Faro mostrou índices mais altos de velocidade de emergência de plântulas quando submetidas ao condicionamento fisiológico e expostas ao campo magnético, essas respostas não foram observadas nos demais tratamentos realizados (Tabela 3).

A cultivar Ibiza apresentou, na maioria dos tratamentos, valores médios de velocidade de emergência superiores, mesmo sem a influência do condicionamento fisiológico e exposição ao campo magnético. Como já foi mencionado anteriormente neste trabalho, mesmo na ausência dos tratamentos o genótipo Ibiza apresenta maiores valores de vigor quando comparado com o genótipo Faro, isso pode estar relacionado com o genótipo, já que ambas as sementes foram produzidas nas mesmas condições edafoclimáticas.

Tabela 3: Médias do índice de velocidade de emergência de plântulas de tomate das cultivares Faro e Ibiza submetidas ao condicionamento fisiológico e campo magnético no início do período de armazenamento (t0).

| Priming |          |                 |       |                   |                         |
|---------|----------|-----------------|-------|-------------------|-------------------------|
| t0-IVE  | Genótipo | Campo Magnético | Sem   |                   | Com                     |
|         | Faro     |                 | Ctl   | 6,26              | a A <sup>1</sup>        |
|         |          | B60             | 6,39  | b A <sup>2</sup>  | 9,91 a A <sup>4</sup>   |
| Ibiza   |          | Ctl             | 10,82 | a A <sup>1*</sup> | 10,66 a A <sup>3*</sup> |
|         |          | B60             | 11,33 | a A <sup>2*</sup> | 10,6 a A <sup>4</sup>   |

Legenda: Médias seguidas pela letra minúscula compara na linha, letra maiúscula compara na coluna, e mesmo número compara os tratamentos magneto e condicionamento fisiológico entre genótipos (\* representa diferença) na análise de comparação de médias a 5% de probabilidade.

Onde: Índice de velocidade de emergência (IVE), sem tempo de armazenamento (t0), presença (com) e ausência (sem) de priming, sem exposição magnética (Ctl), e exposição magnética por 60 min (B60).

Fonte: Do autor (2023).

Ao avaliar o índice de velocidade de emergência em sementes armazenadas por três meses e submetidas a diferentes tratamentos, observou-se um impacto adverso do tratamento em campo magnético nas sementes da cultivar Faro que não foram sujeitas ao condicionamento fisiológico e em relação às sementes que foram submetidas ao condicionamento fisiológico não apresentaram diferença significativa entre o controle e as sementes expostas ao campo magnético (Tabela 4).

No genótipo Ibiza, não foi evidenciada nenhuma resposta à exposição ao campo magnético, separadamente da aplicação da técnica de condicionamento fisiológico conforme indicado no (Tabela 4). As sementes dos dois genótipos, sujeitas ou não ao tratamento com campo magnético, demonstraram uma resposta positiva ao condicionamento fisiológico. Não se observaram diferenças significativas para as sementes do genótipo Ibiza que foram expostas ao campo magnético, sendo sujeitas ou não ao condicionamento fisiológico.

Tabela 4: Valores médios do índice de velocidade de emergência de plântulas de tomate das cultivares Faro e Ibiza, após 3 meses de armazenamento, sob a influência do condicionamento fisiológico e campo magnético.

|        |          | Priming         |      |                 |       |     |                 |       |
|--------|----------|-----------------|------|-----------------|-------|-----|-----------------|-------|
| t3-IVE | Genótipo | Campo Magnético | Sem  |                 |       | Com |                 |       |
|        |          |                 | Faro | Ctl             | 7,04  | b   | A <sup>1</sup>  | 13,63 |
| B60    | 5,62     | b               |      | B <sup>2</sup>  | 13,35 | a   | A <sup>4</sup>  |       |
| Ibiza  | Ctl      | 12,21           | b    | A <sup>1*</sup> | 12,85 | a   | A <sup>3*</sup> |       |
|        | B60      | 12,63           | a    | A <sup>2*</sup> | 12,49 | a   | A <sup>4*</sup> |       |

Legenda: Médias seguidas pela letra minúscula compara na linha, letra maiúscula compara na coluna, e mesmo número compara os tratamentos magneto e condicionamento fisiológico entre genótipos (\* representa diferença) na análise de comparação de médias a 5% de probabilidade.

Onde: Índice de velocidade de emergência (IVE), três meses de armazenamento (t3), genótipo, presença (com) e ausência (sem) de priming, sem exposição magnética (Ctl), e exposição magnética por 60 min (B60).

Fonte: Do autor (2023).

Foram notados índices mais baixos de velocidade de emergência nos tratamentos ligados à exposição ao campo magnético, especialmente para o genótipo Faro. Conforme apontado por Maguire (1962), os maiores valores desse índice estão associados a uma maior energia na germinação ou emergência de plântulas. Como resultado, observou-se uma energia mais baixa quando as sementes foram expostas ao campo magnético nominal de 100 mT por 60 minutos.

Contudo, diversos fatores influenciam essas respostas, como o tipo de fonte magnética, homogeneidade, polaridade, intensidade do campo magnético, tempo de exposição, dose magnética, direção e distribuição espacial, entre outros. É importante destacar que, enquanto determinadas doses magnéticas podem aprimorar certos parâmetros, outras doses podem prejudicar características fisiológicas como foi demonstrado por Nadeem et al., (2011) e Kataria et al., (2017). Diante desses fatos se ressalta a necessidade contínua de estudar doses magnéticas e tempos de exposição para identificar aquelas que podem potencializar a qualidade fisiológica no genótipo da espécie de estudo desejado.

Sob a influência do condicionamento fisiológico, as sementes da cultivar Faro apresentaram uma resposta positiva, superando a cultivar Ibiza nas mesmas circunstâncias. Essa disparidade não foi observada em sementes que não passaram pelo condicionamento fisiológico, independentemente da exposição ao campo magnético, como pode ser observado nos (Tabelas 1, 3 e 4)

Através deste estudo, notou-se que sementes com vigor moderado tendem a responder mais positivamente ao condicionamento fisiológico em comparação com aquelas de baixo ou alto vigor. Essa tendência geral foi observada de maneira consistente nesta pesquisa em relação às variáveis analisadas.

Nesta pesquisa, é possível observar o impacto do genótipo na qualidade fisiológica das sementes sujeitas ao condicionamento fisiológico e/ou campo magnético, através da análise emergência de plântulas e do índice de velocidade de emergência (IVG) que foram avaliadas em de casa de vegetação. Pesquisa desenvolvida em tomate pela Herrera-Ramos (2020), onde se avaliam os genótipos Santa Clara e Carguero, demonstraram que essa dependência também se estende aos genótipos da mesma espécie. Diante do exposto anteriormente, corroboram os dados encontrados neste trabalho, onde se concluiu que as respostas variaram entre os genótipos dos tomates, no caso deste trabalho foram avaliados os híbridos Faro e Ibiza.

A reação ao campo magnético mostra variações de acordo com o genótipo, dependendo das variáveis examinadas. Na casa de vegetação, ao considerar variáveis como o índice de velocidade de emergência das plântulas, e porcentagem de emergência de plântulas, torna-se bastante evidente o impacto do campo magnético quando associado ao condicionamento fisiológico em sementes da cultivar Faro. É relevante enfatizar a importância dessas variáveis nas sementes de tomate para promover a formação de mudas vigorosas, que posteriormente serão transplantadas para o campo, refletindo em um melhor desenvolvimento e uma maior produtividade.

Diante do reflexo que o vigor das plantas exerce sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade, se torna nítido a importância de aprimorar a qualidade fisiológica de sementes com vigor intermediário através da aplicação de campo magnético e condicionamento fisiológico. Essa abordagem promissora trará benefícios para toda a cadeia produtiva da cultura do tomate, e também de outras culturas, envolvendo diversas partes interessadas, desde melhoristas até o consumidor final.

Na Tabela 5 é possível observar o resultado que corrobora que as técnicas de pré-tratamento de sementes de tomate através do uso de campo magnético e do condicionamento fisiológico sofrem influência do genótipo.

Tabela 1: Médias dos resultados para o fator isolado "genótipo" em relação aos diversos parâmetros avaliados nas plântulas na casa de vegetação.

|         | Genótipo |   |        |   |
|---------|----------|---|--------|---|
|         | Faro     |   | Ibiza  |   |
| t0-%E   | 71       | B | 94     | A |
| t0-MF-R | 0,1353   | B | 0,1798 | A |
| t3-MF-R | 0,0333   | B | 0,0377 | A |

Legenda: Médias seguidas pela letra maiúscula compara na linha, na análise de comparação de médias a 5% de probabilidade.

Onde: sem armazenamento (t0), após três meses de armazenamento (t3), porcentagem de emergência (%E), massa fresca da raiz (MF-R).

Em síntese, os resultados deste estudo revelam a complexidade das interações entre genótipo, condicionamento fisiológico e exposição ao campo magnético nas sementes de tomate das cultivares Faro e Ibiza. As nuances nas respostas observadas evidenciam a necessidade contínua de pesquisas mais aprofundadas, considerando variáveis como intensidade do campo magnético, tempo de exposição e doses magnéticas. Além disso, a influência do vigor inicial das sementes sobre a eficácia do condicionamento fisiológico destaca a importância de estratégias personalizadas para diferentes genótipos, visando otimizar a qualidade fisiológica das sementes e, conseqüentemente, promover um desenvolvimento vigoroso das plantas. Essas descobertas não apenas contribuem para a compreensão das respostas específicas desses genótipos, mas também abrem caminho para aplicações práticas que beneficiarão a produção de tomates.

Em última análise, a conexão entre a ciência da fisiologia das sementes e a prática agrícola destaca-se como uma ponte crucial para impulsionar a eficiência e sustentabilidade na agricultura. As implicações deste estudo se estendem para além das fronteiras das cultivares Faro e Ibiza, sugerindo que abordagens inovadoras, como o uso do campo magnético em conjunto com o condicionamento fisiológico, podem ser implementadas em diversas culturas. A busca por métodos que aprimorem a qualidade das sementes e, conseqüentemente, o vigor das plantas, revela-se como um investimento valioso para toda a cadeia produtiva, promovendo assim, um melhor desenvolvimento inicial das plantas e também um acréscimo em produtividade.



## **5. CONCLUSÕES**

O genótipo exerce influência na qualidade fisiológica das sementes de tomate quando submetidas ao condicionamento fisiológico e ao campo magnético.

A exposição das sementes ao campo magnético por 60 minutos, juntamente com o condicionamento fisiológico, demonstra o potencial de aprimorar a qualidade fisiológica dessas sementes de tomate.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANZAZU-OSORIO, J. Análisis del efecto del tratamiento magnético sobre la actividad enzimática en semillas de maíz (*Zea mays* L.). **Repositorio tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín**, 2019.

ÁVILA, M. R. et al. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 1, p. 62-70, 2005. Disponível em: . Acesso em: 12 de jul. de 2012.

AYALA-VILLEGAS, M. J.; AYALA-GARAY, Ó. J.; AGUILAR-RINCÓN, V. H.; CORONA-TORRES, T. Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. **Revista fitotecnia mexicana**, v. 37, n. 1, p. 79-87, 2014.

BELÉNDEZ, A. The unification of light, electricity and magnetism: Maxwell's electromagnetic synthesis. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, 2008.

BRASIL. Regras para análise de sementes (RAS). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Secretária de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS**, p. 399, 2009.

CEPEA. Tomate gestão de custos garanta a viabilidade do negócio no longo prazo. **ESALQ/USP**, junho de 2008.

COSTA, E. et al. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 42, n. 4, p. 1017-1025, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000400026>

DE SOUZA, A.; GARCIA, D.; SUEIRO, L.; GILART, F.; PORRAS, E.; LICEA, L. Presowing magnetic treatments of tomato seeds increase the growth and yield of plants. **Bioelectromagnetics**, v. 27, 2010.

DE SOUZA CAÇULA, Bruna Tuane et al. Potencial germinativo de sementes de feijão caupi, cv. BRS Potengi, após condicionamento fisiológico. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 0090-0105, 2022.

EL TOBGY, K. M., OSMAN, Y. A. & EL SHERBINI, E. Efeito da radiação laser no crescimento, rendimento e componentes químicos de plantas de anis e cominho. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 5, n. 5, p. 522–528, 2009.

EMBRAPA. Cultivo de Tomate para Industrialização. **Embrapa Hortaliças, sistema de produção 1, 2da edição, versão eletrônica**, dezembro 2006.

FAOSTAT. Food and agricultura organization of the United Nation, statistical databases. [Online, consulted in junho 2020]. <http://www.fao.org/> (2021).

FLOREZ, M.; CARBONELL, M. V.; MARTINEZ, E.; ALVAREZ, J. Stimulatory Effect of the Magnetic Treatment Prior to Sowing on the Germination and Initial Growth of Triticale Seeds. **International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology**, v. 1(July-August), p. 125–131, 2016.

GILBERTO DE LIMA, Valdíque et al. Análise da conformidade à produção integrada de tomate por agricultores familiares de Vilhena (RO). **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, 2021.

GÓMEZ-LUNA, L.; ÁLVAREZ, I.; RIVERO, R. Culture of *Chlorella vulgaris* using soy waste and applying a magnetic field. Cultivo de *C. vulgaris* con soja y CM. **Rev. Colomb. Biotecnol.** v. 13, n. 2, p. 27-38, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Vol. 3: Eletromagnetismo. Editora LTC, 2014.

HARRIS, P.; ESHKAB, I.; SALEM, S. A. The Impact of Hydropriming and Halopriming on Seed Vigor and Germination of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Seeds at High Temperature. **Life Science Journal of Pakistan**, v. 4, n. 1, p. 16-24, 2022.

HERRERA-RAMOS, M. V.; GARCÍA, D. J.; TORRES-OSORIO, J. I.; CEBALLOS, N. Efecto del campo magnético estático no homogéneo sobre la germinación y morfogénesis in vitro de *Solanum lycopersicum* L. **Teses de graduación en Biología, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia**, 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores IBGE: Estatística da produção de tomate**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>, 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores IBGE: Produção Agrícola/Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <[https://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/2023/estProdAgri\\_202309.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2023/estProdAgri_202309.pdf)>, 2023.

KATARIA, S., BAGHEL L. & GURUPRASAD, K. N. Pre-treatment of seeds with static magnetic field improves germination and early growth characteristics under salt stress in maize and soybean. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 10, p. 83-90, 2017.

MADHAVAN, J.; ANAND, A. Exposure to magnetic fields reveals a positive effect on in vitro propagation of *Stevia rebaudiana* (Bertoni). **Sugar Tech**. v. 21, n.4, p. 691-695, 2019.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergences and vigor. **Crop Sci**. v. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2ª edição. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.

NADEEM, M., ANJUM, F. M., HUSSAIN, S., KHAN, M. R. & SHABBIR, E. Avaliação da atividade antioxidante e teores fenólicos totais de híbridos de girassol. **Pakistan Journal of Food Sciences**, v. 21, n. 1-4, p. 7-12, 2011.

OLIVEIRA, T.F.; SANTOS, H.O.; VAZ-TOSTES, D.; CAVASIN, P.Y.; ROCHA, D.K.; TIRELLI, G.V. Protective action of priming agents on *Urochloa brizantha* seeds under water restriction and salinity conditions. **Journal of Seed Science** , v.43, e202143010, 2021.

PÉREZ MENDOZA, C.; HERNÁNDEZ LIVERA, A.; GONZÁLEZ COSSIO, F. V.; GARCÍA DE LOS SANTOS, G.; CARBALLO CARBALLO, A.; VÁSQUEZ ROJAS, T. R.; TOVAR GÓMEZ, M. D. R. Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. **Agricultura técnica en México**, v. 32, n. 3, p. 341-352, 2006.

PERLATA, I. E.; SPOONER, D. M. Historia, origen y cultivo temprano del tomate (Solanaceae). En: Rozdan MK, Matto AK (eds) Mejora genética de cultivos de solanáceas: tomate, vol 2. **Science Publishers, Enfield, NH**, p. 1–27, 2007.

PODLEŚNY, J.; PIETRUSZEWSKI, S.; PODLEŚNA, A. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions. **International Agrophysics**, v. 18, p. 65–71, 2004.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. Física para ciencias e ingeniería: Volumen 1. **Cengage Learning**. 2008.

SILVA, R. F., Souza, S. G., & Oliveira, L. A. Magnetic field effects on seed germination of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and rocket (*Eruca sativa* L.). **Environmental and Experimental Botany**, 161, 2019.

SOCORRO, A.; GARCÍA, F. Simulation of magnetic field effect on a seed embryo cell. **International Agrophysics**, v. 26, p. 167-173, 2012.

SMITH, J. A., & FIELDSEND, M. Interpretative phenomenological analysis. In P. M. Camic (Ed.), *Qualitative research in psychology: Expanding perspectives in methodology and design*. **American Psychological Association**, pp. 147–166, 2021.

STATIC homogeneous magnetic field effects on germination and water absorption in soybean seeds. **Tecno Lógicas**, v. 18, n. 35, p. 11-20, 2015.

VENTURA, J. A. et. al. Impacto e manejo das doenças na propagação das fruteiras. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 39, p. 173-194, 2017.

WANG, J., Wang, L., Li, C., & Wei, S. Effects of magnetic field on seed germination and seedling growth of soybean. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science**, 61(6), 2011.

ZHANG, Y., Jiao, X., Wang, Y., & Lu, C. Magnetic field can enhance the expression of Cu/Zn superoxide dismutase in tomato. **Biologia Plantarum**, 63(1), 134-140, 2019.