



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO DA EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE MILHO  
TRATADAS E IRRIGADAS COM ÁGUA MAGNETIZADA**

Matheus Barcelos de Sousa

**Orientador:** Dr. João José da Silva Júnior

BRASÍLIA - DF

Maio/2021



**MATHEUS BARCELOS DE SOUSA**

**AVALIAÇÃO DA EMERGÊNCIA DE SEMENTES DE MILHO  
TRATADAS E IRRIGADAS COM ÁGUA MAGNETIZADA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo  
pela Faculdade de Agronomia e Medicina  
Veterinária da Universidade de Brasília.

**Orientador:** Dr. João José da Silva Júnior

BRASÍLIA - DF

Maio/2021

## Ficha catalográfica

Sousa, Matheus Barcelos

Avaliação da emergência de sementes de milho tratadas e irrigadas com água magnetizada. / Matheus Barcelos de Sousa; orientação do Prof. Dr. João José da Silva Junior. – Brasília, 2021.

23 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

### CESSÃO DE DIREITOS

Nome do autor: Matheus Barcelos de Sousa

Título do trabalho de conclusão de curso: Avaliação da emergência de sementes de milho tratadas e irrigadas com água magnetizada.

Ano: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Matheus Barcelos de Sousa

## Folha de aprovação

Nome do autor: SOUSA, Matheus Barcelos de

Título: Avaliação da emergência de sementes milho sob efeito da água magnetizada

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo pela Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

Aprovado em 28/05/2021

Banca examinadora

Prof. Dr.: João José da Silva Júnior      Instituição: FAV/UnB

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr.: Tiago Pereira da Silva Correia      Instituição: FAV/UnB

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof<sup>a</sup>. Dra.: Selma Regina Maggiotto      Instituição: FAV/UnB

Assinatura: \_\_\_\_\_

*Dedico este trabalho à minha mãe.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, por todos os ensinamentos, esforço para tornar todos os meus sonhos possíveis, conselhos durante o curso e companheirismo.

À minha irmã, por todo apoio e incentivo.

Ao meu pai, por todo apoio, incentivo e motivação.

Ao meu orientador, professor João José, pelo companheirismo, motivação, experiência compartilhada em diversas pesquisas e, principalmente, pela confiança posta em mim desde o início do curso.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa – FAL, pelos serviços prestados.

Aos professores, por todos os ensinamentos.

Aos colegas que fiz ao longo do curso, por todo suporte e amizade.

Ao Centro Internacional de Água e Transdisciplinaridade, pela confiança na execução do projeto de água magnetizada.

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal, pelo financiamento da pesquisa.

## RESUMO

O milho é uma das culturas de maior importância econômica no Brasil, e sua semeadura exige atenção especial à disponibilidade hídrica no solo. A irrigação de água magnetizada é uma alternativa à irrigação e ao tratamento de sementes. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a emergência de sementes de milho tratadas e irrigadas com água magnetizada. O experimento foi realizado em maio de 2021 dentro de uma estufa da Fazenda Água Limpa (FAL), pertencente a Universidade de Brasília (UnB). As sementes de milho foram submetidas a quatro tratamentos de irrigação com água magnetizada, sendo: indução magnética de 280 mT (T1), 229 mT (T2), 29 mT (T3) e 0 mT (testemunha). As variáveis avaliadas foram: porcentagem de emergência, índice de emergência, taxa de emergência, tempo médio de emergência, velocidade média de emergência e massa fresca de plântula. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições. A magnetização da água foi realizada utilizando três magnetizadores, sendo eles, Jiangsu YLD Water Processing Equipment Co., Ltd. (T1), magnetizador para agricultura da Água Estruturada (T2) e Magnetizer Industrial Technologies Inc. (T3). Os níveis estudados de indução magnética na água de irrigação influenciaram significativamente as variáveis porcentagem de emergência e vigor de plântula, ao nível de 5%. O tempo médio de emergência, massa fresca de plântula e massa seca de plântula não diferiram entre os tratamentos.

## ABSTRACT

Corn is one of the most economically important crops in Brazil, and its sowing requires special attention to soil water availability. Magnetized water irrigation is an alternative to irrigation and seed treatment. Thus, the objective of this work was to evaluate the emergence of corn seeds treated and irrigated with magnetized water. The experiment was carried out in May 2021 in a greenhouse at Fazenda Água Limpa (FAL), belonging to the University of Brasília (UnB). Corn seeds were subjected to four irrigation treatments with magnetized water, namely: magnetic induction of 280 mT (T1), 229 mT (T2), 29 mT (T3) and 0 mT (control). The variables evaluated were: percentage of emergence, emergence, emergence rate, average emergence speed, average emergence speed and seedling fresh mass. The design used was completely randomized (DIC), with five replications. Water magnetization was performed using three magnetizers, Jiangsu YLD Water Processing Equipment Co., Ltd. (T1), Structured Water Agriculture Magnetizer (T2) and Magnetizer Industrial Technologies Inc. (T3). The studied levels of magnetic induction in the irrigation water filter as variables emergence percentage and seedling vigor, at the level of 5%. Mean emergence time, seedling fresh mass and seedling dry mass did not differ between treatments.



**ÍNDICE DE TABELAS**

TABELA 1. Tabela de análise de variância para a variável porcentagem de emergência.....	11
TABELA 2. Tabela de análise de variância para a variável tempo médio de emergência.....	13
TABELA 3. Tabela de análise de variância para a variável massa fresca de plântula.....	14
TABELA 4. Tabela de análise de variância para a variável massa seca de plântula.....	15
TABELA 5. Tabela de análise de variância para a variável vigor de plântula.....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Valores médios para porcentagem de emergência das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....12
- FIGURA 2 – Porcentagem de germinação das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....12
- FIGURA 3 – Valores médios para tempo médio de emergência das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....14
- FIGURA 4 – Valores médios para massa fresca de plântulas das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....15
- FIGURA 5 – Valores médios para massa fresca de plântulas das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....16
- FIGURA 6 – Valores médios para vigor de plântulas das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....17
- FIGURA 7 – Vigor de plântula das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.....18

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	4
3.1. Cultura do milho.....	4
3.2. Água magnetizada.....	5
3.3. Emergência.....	6
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
4.1. Local do experimento.....	8
4.2. Variedade utilizada.....	8
4.3. Tratamentos.....	8
4.4. Parâmetros avaliados.....	9
4.5. Análise estatística.....	10
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	11
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	19
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	20

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho é uma das principais cultivadas no Brasil e de acordo com a Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal (COOPA-DF), somente na região do Programa de Assentamento Dirigido - PAD/DF, são cultivados 47,6 mil hectares com a cultura. Além do interesse comercial de grandes produtores, a cultura do milho tem significativa importância sociocultural para pequenos e médios produtores, devido sua ampla aplicação no consumo *in natura* humano e animal.

A produção da cultura é predominantemente dividida em duas safras anuais, a primeira semeada até final de dezembro (safra principal) e a segunda a partir de início de janeiro (safrinha). Sendo assim, o planejamento da semeadura visando otimização da oferta de recursos hídricos se torna importante. No Distrito Federal o período chuvoso ocorre entre os meses de outubro e abril, dessa forma o cultivo de milho fora desse período pode reduzir a germinação das sementes, a duração de estágios vegetativos das plantas e a produtividade.

A base para alta produtividade de qualquer cultura está relacionada ao estabelecimento das plantas no campo, que por sua vez, depende do manejo racional e da qualidade das sementes utilizadas (MACHADO et al., 2001).

A planta absorve água do solo para atender às suas necessidades fisiológicas e, com isto, suprir a necessidade de nutrientes transportados junto com a água, sob a forma de fluxo de massa (MAGALHÃES et al., 2006).

Com uma crescente procura por alimentos mais saudáveis, torna-se imprescindível a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias capazes de aumentar a produtividade sem afetar o meio ambiente. Nesse cenário, pesquisas sobre a magnetização da água utilizada para irrigação vêm sendo realizadas, a fim de desenvolver uma técnica de baixo impacto ambiental e que possa incrementar positivamente nos aspectos produtivos e nutricionais das plantas. Além disso, trata-se de uma técnica de fácil aplicação e o seu uso pode ser uma alternativa para acelerar o processo de emergência de sementes com maior dormência.

Sendo assim, a utilização de água magnetizada durante os diferentes processos de produção de alimentos, dentre eles a emergência de sementes, mostra-se uma técnica promissora mas ainda carente de informações para o melhor uso.

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho foi avaliar a emergência de sementes de milho tratadas e irrigadas com água magneticamente tratada.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 CULTURA DO MILHO

O milho é uma das plantas cultivadas de maior interesse, quanto à sua origem, estrutura e variação. Somente é conhecido em cultivo e, na sua forma atual, não apresenta indicativos de que poderia subsistir sem os cuidados do homem. A pesquisa tem desenvolvido tipos tão diferentes de milho que seu cultivo é possível desde o Equador até o limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3.600m. Essa adaptabilidade, representada por genótipos variados, é paralela à variedade de sua utilização como alimento, forragem ou na indústria (MAGALHÃES et al., 1995).

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza. De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 gramas irá surgir uma planta geralmente com mais de 2 metros de altura, isto dentro de um espaço de tempo de cerca de nove semanas. Nos meses seguintes, essa planta produz cerca de 600 a 1.000 sementes similares aquela da qual se originou (MAGALHÃES et al.).

O milho, é uma planta de rápida emergência. Em condições ideais de luminosidade, temperatura e umidade do ambiente em que se semeou a semente, a emergência ocorre quatro a cinco dias após a semeadura, sendo o milho uma ótima planta para fazer e demonstrar como se realizar um teste de germinação (MACEDO, 2014).

A semente do milho, que é classificada botanicamente como cariopse, apresenta três partes: o pericarpo, o endosperma e o embrião. O pericarpo é uma camada fina e resistente, constituindo a parte mais externa da semente. O endosperma é a parte da semente que está envolvida pelo pericarpo e a que apresenta maior volume, sendo constituída por amido e outros carboidratos. À parte mais externa do endosperma e que está em contato com o pericarpo, denomina-se de camada de aleurona, a qual é rica em proteínas e enzimas e cujo papel no processo de germinação, é determinante. O embrião, que se encontra ao lado do endosperma, possui primórdios de todos os órgãos da planta desenvolvida, ou seja, não é mais do que a própria planta em miniatura (BARROS; CALADO, 2014).

A parte do embrião que corresponde à radícula vai dar origem à raiz primária que se aprofunda no solo em sentido vertical. A seguir surgem as raízes secundárias, as quais apresentam uma grande capacidade de ramificação e a raiz primária desintegra-se. Posteriormente, surgem as raízes adventícias que partem dos primeiros nós 7 do colmo e quando atingem o solo ramificam-se intensamente, sendo este aspeto muito importante na sustentação física da planta (BARROS; CALADO, 2014).

Assim como as demais culturas, o milho também está sujeito às condições adversas no campo, como problemas relacionados à disponibilidade hídrica na época de semeadura, afetando a germinação das sementes, a qual é caracterizada como um processo irreversível e um dos estádios mais críticos do ciclo de vida da planta (ALMANSOURI et al., 2001). Khajeh-Hosseini et al. (2003), afirmaram que, dos diversos fatores ambientais capazes de influenciar a germinação, a disponibilidade de água é um dos mais importantes, pois se constitui a matriz onde ocorre a maioria dos processos bioquímicos e fisiológicos. Os efeitos da disponibilidade hídrica se prolongam após a emergência do eixo embrionário, com reflexos sobre o desenvolvimento das mudas (KAPPES et al., 2010).

### **3.2 ÁGUA MAGNETIZADA**

Para o tratamento de sementes, que no sentido amplo, é a aplicação de processos e substâncias que preservem ou aperfeiçoem o desempenho das sementes, permitindo a expressão máxima do potencial genético das culturas, são comumente utilizados produtos químicos que, se utilizados de forma errada, podem prejudicar a germinação das sementes, ou até gerarem impacto no meio ambiente. Diante desse cenário, é necessário que novas técnicas para a melhoria da germinação sejam desenvolvidas. Com isso, a magnetização da água se torna uma opção de baixo custo e fácil aplicação, podendo ser aplicada na pré-semeadura e após o plantio.

Tratamentos magnéticos e eletromagnéticos estão sendo usados na agricultura, como técnica não invasiva, para melhorar a germinação de sementes e aumentar a produtividade das culturas (MARTINEZ et al., 2009). Os pesquisadores consideram que a perspectiva de usar energia magnética barata para melhorar as



propriedades do solo e do crescimento e desenvolvimento das plantas pode ser de grande importância prática (MOHAMED et al., 2013).

Diversos estudos apontam evidências de que a água exposta ao campo magnético possui propriedades diferentes da água não tratada magneticamente. As principais alterações observadas na água magnetizada foram a adsorção de água em superfícies (OZEKI et al., 1996), cristalização e precipitação de sais (KATSUKI et al., 1996 e KRONENBERG, 1985), solubilidade de alguns minerais (HASSON et al., 1985; HERZOG et al., 1989; BOGATIN, et al., 1999; GEHR et al., 1995) e tensão superficial (JOSHI; Kamat, 1966).

### **3.3 EMERGÊNCIA**

O processo que inicia com a retomada do crescimento pelo embrião das sementes, desenvolvendo-se até o ponto em que forma uma nova planta com plenas condições de nutrir-se por si só, tornando-se independente, é chamado de germinação (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972). A germinação ocorre numa sequência de eventos fisiológicos influenciada por fatores externos (ambientais: luz, temperatura, disponibilidade de água e de oxigênio) e internos (inibidores e promotores da germinação) às sementes, que podem atuar por si ou em interação com os demais. (KRAMER & KOZLOWSKI, 1972; NASSIF et al., 1998).

Na germinação, após a embebição da semente, esta absorve a água e incha, o tegumento hidratado amolece e se rompe, os tecidos de crescimento se desenvolvem com o fornecimento de alimento pelos cotilédones, a radícula emerge e se fixa, as folhas começam a se formar aumentando o potencial fotossintético da muda, inicia-se a absorção de nutrientes do ambiente, os cotilédones sofrem abscisão e a planta passa a não depender dos nutrientes da semente (FLORIANO et al., 2004).

A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições é definida como a manifestação do seu vigor, dependendo, dentre outros fatores, das condições ambientais encontradas no local quando semeada (SIMONI et al., 2011). A influência do vigor da semente é marcante sobre todos os aspectos do processo germinativo, desde a própria possibilidade de ocorrência da germinação até outras características, como a velocidade, a uniformidade, o total de germinação, o tamanho e a massa das mudas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Potenciais osmóticos muitos negativos, especialmente no início da embebição, influenciam a absorção de água, atrasando e diminuindo a germinação (BOTELHO & PEREZ, 2001).

O estresse hídrico geralmente atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes, sendo que para cada espécie existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (ADEGBUYI et al., 1981). A baixa disponibilidade de água causa redução no crescimento, ocasionada pela diminuição da expansão e do alongamento celular devido ao decréscimo da turgescência (YASSEEN & ALOMARY, 1994). Por outro lado, Borges e Rena (1993) afirmam que o excesso de umidade geralmente provoca decréscimo na germinação, visto que impede a penetração do oxigênio e reduz todo o processo metabólico resultante.

Em condições normais de campo, as sementes semeadas absorvem água, incham e começam a crescer. A radícula é a primeira a se alongar, seguida pelo coleótilo, com plúmula incluída. O estágio vegetativo de emergência é atingido pela rápida alongação do mesocótilo, o qual empurra o coleótilo em crescimento para a superfície do solo. Em condições de temperatura e umidade adequadas, a planta emerge dentro de 4 a 5 dias, porém, em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar até duas semanas ou mais. Assim que a emergência ocorre e a planta expõe a extremidade do coleótilo, o mesocótilo para de crescer (MAGALHÃES et al., 2006).

A lentidão na germinação predispõe a semente e a muda a uma menor resistência a condições ambientais adversas, bom como ao ataque de patógenos, principalmente fungos dos gêneros *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytium* e *Macrophomina* (MAGALHÃES et al., 2006).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Local do experimento

O experimento foi realizado em maio de 2021 dentro de uma estufa da Fazenda Água Limpa (FAL), pertencente a Universidade de Brasília (UnB) e localizada sobre as coordenadas geográficas de latitude 15°56'50" S e longitude 47°56'02" W. A altitude do local é de 1080 m acima do nível do mar e o clima da região é do tipo Aw, conforme classificação climática de Köppen-Geiger (PEEL et al. 2007), tropical com estação seca, apresentando temperatura média de 23,2 °C e precipitação pluvial média de 1.660 mm ano<sup>-1</sup>, concentrados entre os meses de outubro a abril.

### 4.2 Variedade utilizada

A variedade de milho utilizada foi a Cativerde 02, produzida pela Coordenadoria de desenvolvimento rural sustentável do Estado de São Paulo – CATI, comercializada pela BRSEEDS. As sementes apresentam, de acordo com a comercializadora, pureza mínima de 98% e emergência mínima de 85%.

### 4.3 Tratamentos

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo quatro tratamentos e cinco repetições cada. Os diferentes níveis de indução magnética adotados foram: T1 – 0,28 Tesla (T); T2 – 0,229 T; T3 – 0,029 T; T4 – 0 T (testemunha).

A magnetização da água ocorre através da passagem do seu fluxo por um campo magnético, o qual é formado por ímãs. O campo magnético tem a sua intensidade variável de acordo com o tamanho e o formato dos ímãs, porém uma vez instalados os ímãs, a intensidade de magnetização permanece inalterável. Para realizar a magnetização da água foram utilizados três magnetizadores distintos, instalados no início de cada linha principal, sendo eles, Jiangsu YLD Water Processing Equipment Co., Ltd. (T1), magnetizador para agricultura da Água Estruturada (T2) e Magnetizer Industrial Technologies Inc. (T3).

As sementes foram submetidas aos tratamentos através da imersão pelo período de 3 horas e 30 minutos, em volume de 0,25 litros, de acordo com o respectivo tratamento, sendo utilizadas cinquenta sementes por tratamento. Posteriormente

foram semeadas em bandejas de poliestireno, com 200 células, preenchidas com substrato da marca Bioplant, e a partir de então foram irrigadas com os respectivos tratamentos na frequência de quatro vezes ao dia durante cinco minutos cada. A primeira irrigação às 8:00 horas e as subsequentes espaçadas em três horas. A irrigação foi realizada por aspersores do tipo nebulizador, sendo três nebulizadores por bandeja com vazão de 9,3 litros por hora, cada.

#### 4.4 Parâmetros avaliados

Para a avaliação da emergência foram considerados os seguintes parâmetros: (HOZAYN et al., 2018)

##### **Porcentagem de emergência (%):**

O número total de sementes germinadas foi contado diariamente e a porcentagem foi calculada no dia 14 após o plantio conforme a equação seguinte:

$$Germinação (\%) = \frac{\text{Número total de sementes germinadas}}{\text{Número total de sementes avaliadas}} \times 100$$

##### **Tempo médio de emergência (TMG):**

Foi calculado com base na equação de Ellis e Roberts (1981):

$$TMG = \frac{\sum Dn}{\sum n}$$

Onde n é o número de sementes que germinaram (emergiram) nos dias D e D é o número de dias contados desde o início da emergência.

##### **Massa fresca de plântula:**

Vinte e cinco plântulas normais foram medidas 14 dias após o plantio para determinar a massa fresca, utilizando uma balança.

##### **Massa seca de plântula:**

As plântulas que foram utilizadas para a massa fresca foram secas em estufa de ar quente a 70 °C por 48 horas para obtenção da massa seca das plântulas (g) sob condições de laboratório (Krishnasamy et al., 1990).

##### **Vigor de plântula:**

Foi calculado seguindo Abdul Baki e Anderson (1973) como;

$$\text{Vigor de plântula} = \text{Emergência (\%)} \times \text{peso seco de plântula}$$

#### **4.5 Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância e as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste de regressão, utilizando, para isto, o software para análises estatísticas Sisvar versão 5.6 – DEX/UFLA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes níveis de magnetização utilizados no tratamento das sementes e aplicados na irrigação influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a variável Porcentagem de emergência (%) (Tabela 1). Houve emergência das sementes em todos os tratamentos, sendo os tratamentos T2 e T3, 229 e 29 mT, respectivamente, os que obtiveram maior média, com o valor de 88% das plantas germinadas (Figura 1). Os tratamentos T2 e T3 apresentaram valor médio para porcentagem de emergência 29,41% maior em relação a testemunha, sem magnetização aplicada.

TABELA 1 - Tabela de análise de variância para a variável porcentagem de emergência.

Porcentagem de emergência					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	3	1815	605	5,338	0,0144*
Repetição	4	1480	370	3,265	0,0498*
Erro	12	1360	113,33		
Total corrigido	19	4655			
CV (%)	13,56				
Média	78,5	Número de observações: 20			

GL: grau de liberdade. SQ: soma de quadrados. QM: quadrado médio. CV (%): coeficiente de variação. <sup>NS</sup>: não significativo ( $P > 0,05$ ). \*: significativo ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). \*\*: significativo ao nível de 1% ( $p < 0,01$ ).

Flores (2019), estudou os efeitos da água corrida por magnetismo e infravermelho longo na emergência de sorgo e relações hídricas. O autor observou maior porcentagem de emergência de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor*) para as águas mineral e de osmose reversa submetidas ao magnetismo e infravermelho longo, em relação à testemunha, sem tratamento com magnetismo e infravermelho longo. Aguilera e Martin (2016), trabalhando com emergência de plântulas de *Solanum lycopersicum* L. sob irrigação de água magneticamente tratada, ao nível de 0,12 Tesla, e água não tratada, obteve maior porcentagem de germinação para água magnetizada. Vieira et al. (2020), trabalhando com produção de mudas de hortaliças

sob magnetização de sementes e uso de água magnetizada, encontrou valores superiores para porcentagem de emergência para o tratamento em que as mudas foram irrigadas por água tratada com magnetizador Irrifes (0,15 T).

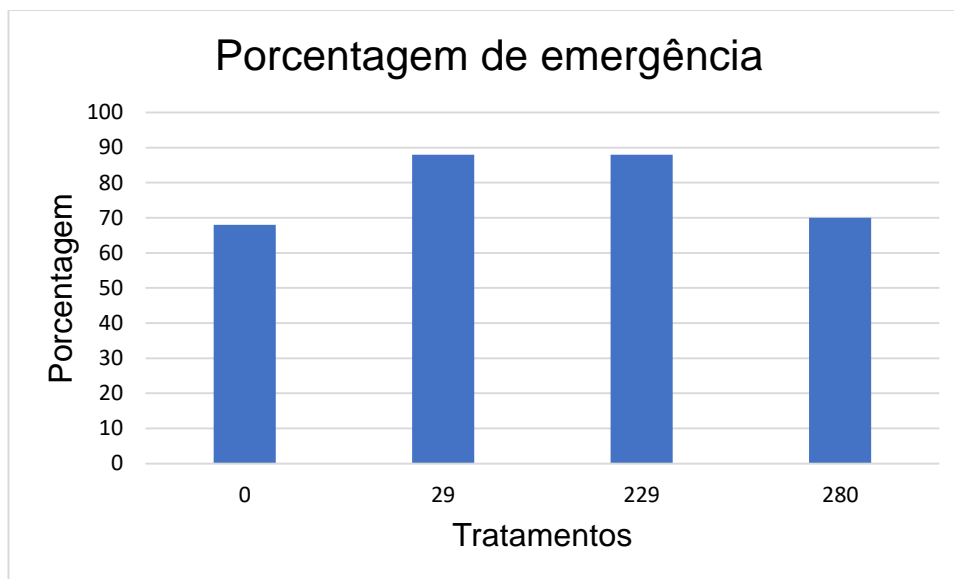


FIGURA 1 – Valores médios para porcentagem de emergência das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

A equação de regressão que representou de forma mais adequada a resposta da porcentagem de emergência aos diferentes níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação foi o modelo quadrático com o coeficiente de correlação  $R^2 = 0,9114$ .

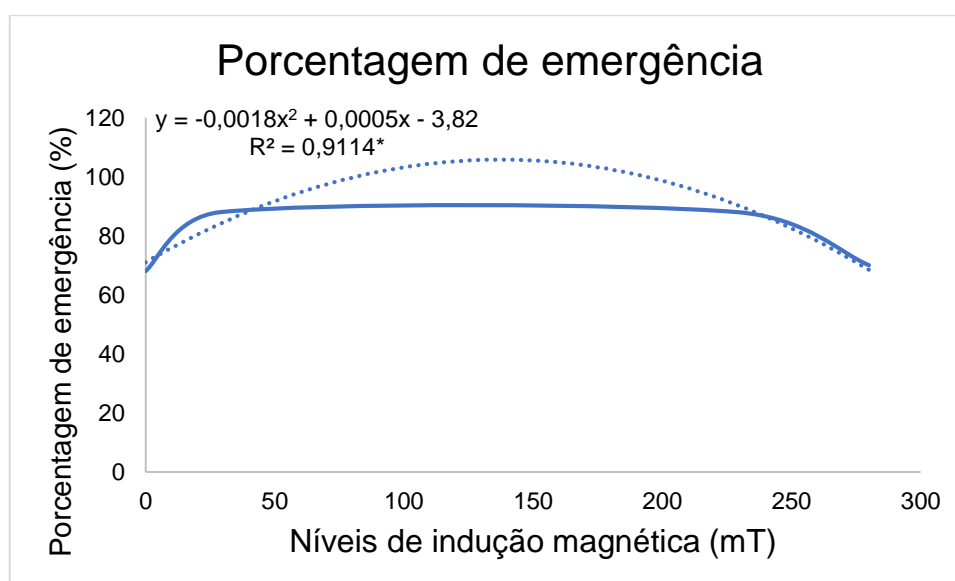


FIGURA 2 – Porcentagem de germinação das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

Não houve efeito significativo dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação sobre os valores médios do Tempo médio de emergência (Tabela 2). Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, o que obteve menor valor para tempo médio de emergência foi o T3 (0,029 T), com valor médio de 5,41 dias (Figura 2).

TABELA 2 - Tabela de análise de variância para a variável tempo médio de emergência.

Tempo médio de emergência					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	3	2,9772	0,9924	2,987	0,0735 <sup>ns</sup>
Repetição	4	1,2103	0,3026	0,911	0,4886 <sup>ns</sup>
Erro	12	3,9874	0,3323		
Total corrigido	19	8,1748			
CV (%)	9,67				
Média	5,963	Número de observações: 20			

GL: grau de liberdade. SQ: soma de quadrados. QM: quadrado médio. CV (%): coeficiente de variação. <sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05).

Mahmood & Usman (2014), citados por Flores (2019), avaliaram o efeito do tratamento magnético (235mT; vazão 3L/min) em quatro tipos de água para irrigação (esgoto, solução salina, canal de irrigação e torneira) na emergência de sementes, taxa e velocidade de emergência, índice de emergência e crescimento de raízes de milho (*Zea mays*), submergindo-as na água por 24 horas e verificaram que os tratamentos com água tratada por magnetismo promoveram a emergência de sementes de milho, reduzindo o tempo de emergência em 17,9%. Vieira et al. (2020), trabalhando com produção de mudas de hortaliças sob magnetização de sementes e uso de água magnetizada, encontrou valores superiores para tempo médio de



emergência para o tratamento em que as sementes foram tratadas com magnetizador Irrifex (0,15 T).

Apesar do fato de os diferentes níveis de indução magnética não representarem de forma significativa a variação do Tempo médio de emergência das sementes de milho, este parâmetro ainda pode ser representado por uma regressão quadrática, ao nível de significância de 5%, com um coeficiente de correlação  $R^2 = 0,8075$ .

$$\text{Tempo médio de germinação} = 0,00006x^2 + 0,00003x + 2,47$$

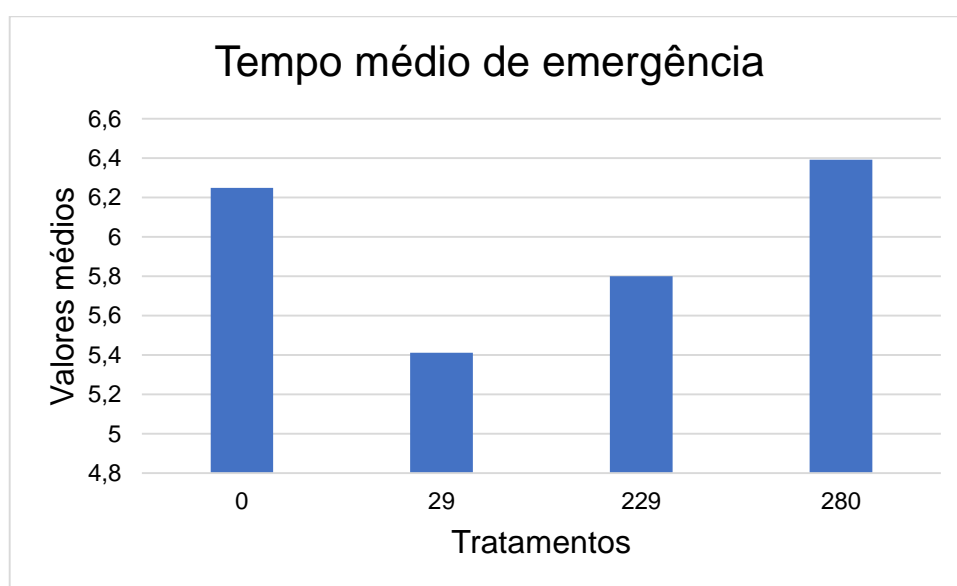


FIGURA 3 – Valores médios para tempo médio de emergência das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

TABELA 3 - Tabela de análise de variância para a variável Massa fresca de plântula.

Massa fresca de plântula					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	3	0,528	0,176	2,087	0,1554 <sup>ns</sup>
Repetição	4	0,508	0,127	1,506	0,2618 <sup>ns</sup>
Erro	12	1,012	0,084		

Total corrigido	19	2,048
CV (%)	13,44	
Média	2,16	Número de observações: 20

GL: grau de liberdade. SQ: soma de quadrados. QM: quadrado médio. CV (%): coeficiente de variação. <sup>NS</sup>: não significativo ( $P>0,05$ ). \*: significativo ao nível de 5% ( $p<0,05$ ).

Não houve efeito significativo dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação sobre os valores médios da massa fresca de plântula (Tabela 3). Mahmood & Usman (2014), trabalhando com magnetização em diferentes tipos de água, de esgoto, canal de irrigação, torneira e solução salina, observou incremento na massa fresca de plântulas, após 15 dias de plantio, de 24,8%, 21,3%, 20,1% e 17,4%, respectivamente, em relação ao tratamento de controle.

Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, o que obteve maior valor para massa fresca de plântula foi o T1 (0,280 T), com valor médio de 2,44 gramas (Figura 3).

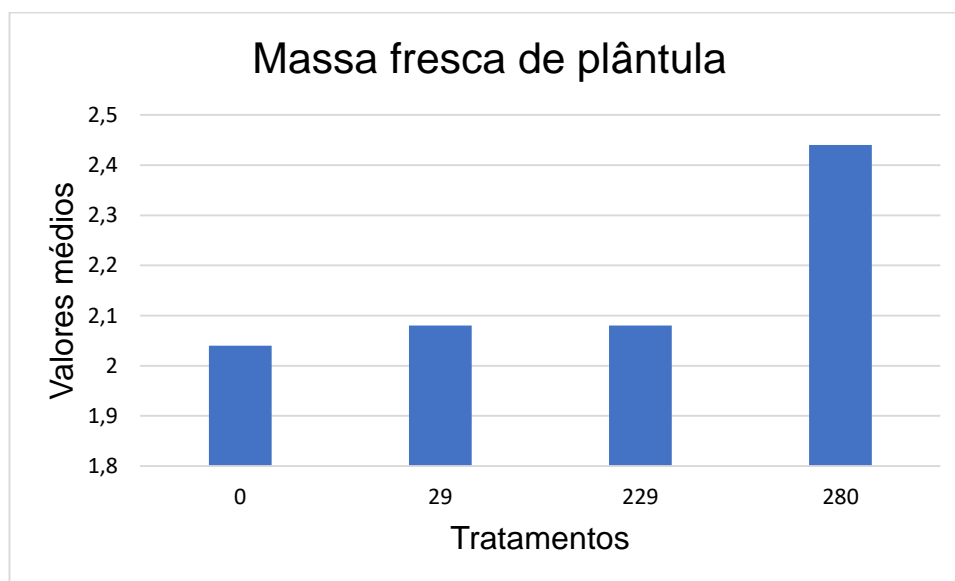


FIGURA 4 – Valores médios para massa fresca de plântula de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

Não houve efeito significativo dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação sobre os valores médios da massa seca de plântula (Tabela 4). Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, o que obteve maior valor para massa seca de plântula foi o T2 (0,229 T), com valor médio de 0,276 gramas (Figura 4).

TABELA 4 - Tabela de análise de variância para a variável Massa seca de plântula.

Massa seca de plântula					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	3	0,0029	0,0010	0,713	0,5628 <sup>ns</sup>
Repetição	4	0,0045	0,0011	0,824	0,5345 <sup>ns</sup>
Erro	12	0,0164	0,0014		
Total corrigido	19	0,0238			
CV (%)	14,21				
Média	0,26	Número de observações: 20			

GL: grau de liberdade. SQ: soma de quadrados. QM: quadrado médio. CV (%): coeficiente de variação. <sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05).

Vieira et al. (2020), trabalhando com produção de mudas de hortaliças sob magnetização de sementes e uso de água magnetizada, encontrou valores superiores para massa seca de parte aérea para o tratamento em que as mudas foram irrigadas por água tratada com magnetizador Irrifes (0,15 T). Pradela et al. (2018), trabalhando com magnetizador Sylocimol Rural, encontrou diferença significativa para massa seca de parte aérea para a cultura do alface, sendo o resultado superior para o tratamento com uso da magnetização.

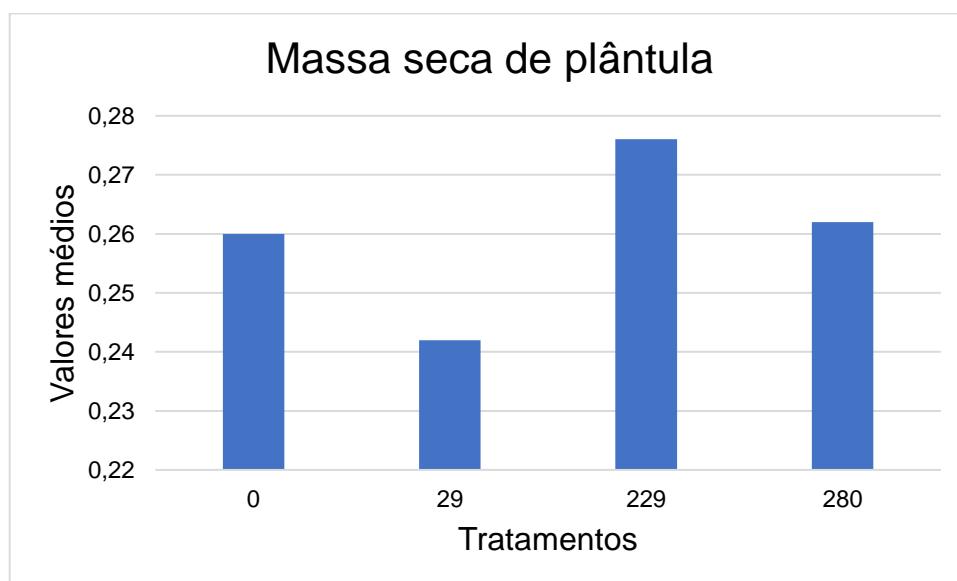


FIGURA 5 – Valores médios para massa seca de plântula de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

Os diferentes níveis de magnetização utilizados no tratamento das sementes e aplicados na irrigação influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a variável Porcentagem de emergência (%) (Tabela 5). O tratamento que obteve maior média para o parâmetro vigor de muda foi o T2 (0,229 T), com valor médio de 23,99 (Figura 5).

TABELA 5 - Tabela de análise de variância para a variável Vigor de plântula.

Vigor de plântula					
Fonte de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Tratamento	3	122,51	40,84	3,90	0,0371*
Repetição	4	144,56	36,14	3,45	0,0426*
Erro	12	125,65	10,47		
Total corrigido	19	392,72			
CV (%)	15,90				
Média	20,35	Número de observações: 20			

GL: grau de liberdade. SQ: soma de quadrados. QM: quadrado médio. CV (%): coeficiente de variação. NS: não significativo ( $P > 0,05$ ). \*: significativo ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ).

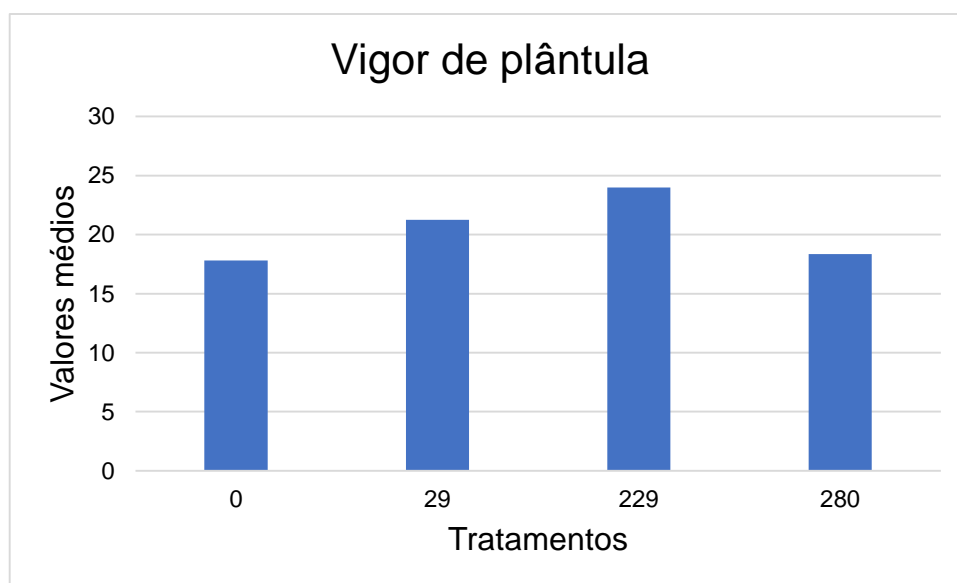


FIGURA 6 – Valores médios para vigor de plântula de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

A equação de regressão que representou de forma mais adequada a resposta da porcentagem de emergência aos diferentes níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação foi o modelo quadrático com o coeficiente de correlação  $R^2 = 0,9992$ .

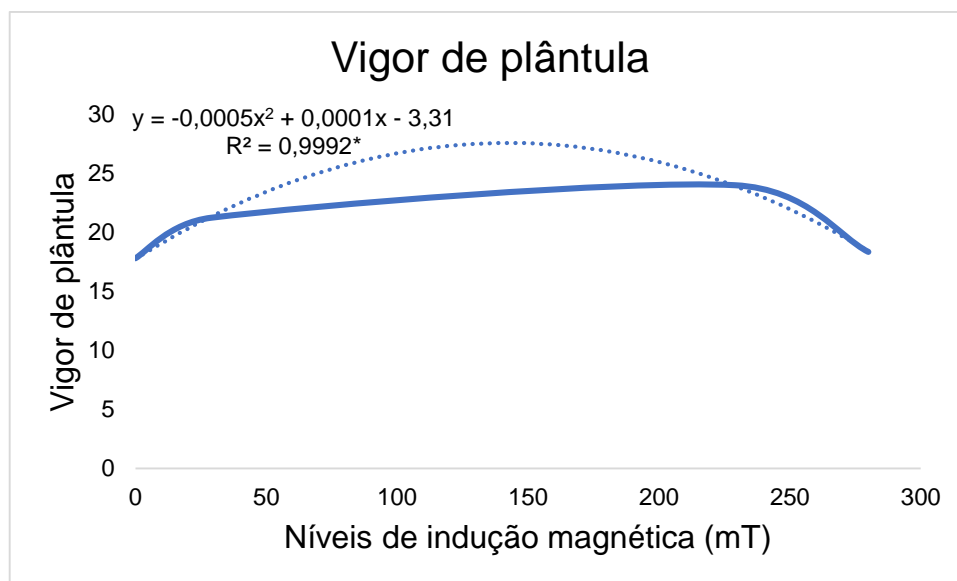


FIGURA 7 – Vigor de plântulas das sementes de milho em função dos níveis de indução magnética aplicadas na água de irrigação de 0, 29, 229 e 280 mT.

### **Conclusão**

Os diferentes níveis de indução magnética aplicados via tratamento de sementes e água de irrigação, nas sementes de milho, influenciaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a variável porcentagem de emergência. Não houve efeito significativo dos diferentes níveis de indução magnética aplicados na água de irrigação sobre as variáveis tempo médio de emergência, massa fresca de plântula e massa seca de plântula. Devido ao fato de ser uma tecnologia com aplicação recente à agricultura, pesquisas adicionais são necessárias para avaliar o impacto do uso de outros níveis de magnetização.

## Referências

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Vigour determination in soybean by multiple criteria. *Crop Sci*, 10: 31-34, 1973.

ADEGBUYI, E.; COOPER, S.R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethyleneglycol (PEG). *Seed Science and Technology*, Zürich, v.9, n.3, p.867-878, 1981.

AGUILERA, J.G.; MARTÍN, R.M. Água tratada magneticamente estimula a germinação e desenvolvimento de mudas de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.6, n.1., p.47-53, Março, 2016

ALMANSOURI, M.; KINET, J. M.; LUTTS, S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*, v. 231, n. 2, p. 243-254. 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS (AOSA), 1983. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32 to the handbook on Seed Testing.

BARROS, J.F.C.; CALADO, J.G. A cultura do milho. Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Fitotecnia, Universidade de Évora, 52p., 2014.

BARTLLET, M.S. Some samples of statical method of research in agriculture and applied biology *J. Roy Soc.*4:2, 1937.

BOGATIN, J.; BONDARENKO, N.P.; GAK, E.Z.; ROKHINSON, E.F.; ANANYEV, I.P., "Magnetic treatment of irrigation water experimental results and application conditions", *Environmental Science and Technology*, v. 33, p.1280-1285, set. 1999.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Emergência de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUEZ, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Ed.) *Sementes florestais tropicais* Brasília: ABRATES, 1993. p.83-135.

BOTELHO, B. A.; PEREZ, S. C. J. G. A. Estresse hídrico e reguladores de crescimento na emergência de sementes de canafístula. *Scientia Agricola*, v. 58, n. 1, p. 43-49, 2001.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

COOPA-DF - Cooperativa Agropecuária da Região do Distrito Federal. Disponível em: <https://coopadf.com.br/o-pad-df>

ELLIS, R.A.; ROBERTS, E.H. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.*, 9: 373-409, 1981.

FLORES, L.A.E. Efeito da água corrigida por magnetismo e infravermelho na emergência e relações hídricas. Universidade Estadual de Maringá, vi, 42 f, Maringá, PR, 2019.

FLORIANO, E. P. Emergência e dormência de sementes florestais, Caderno Didático nº 2, 1ª ed./ Eduardo P. Floriano Santa Rosa, 2004. 19 p. il.

GEHR, R. Z. A.; ZHAI, J.; A. FINCH, S. R. R. Reduction of soluble mineral concentrations in CaSO<sub>4</sub> saturated water using a magnetic field. *Water Research*, v. 29, n. 3. p. 933- 940, mar. 1995.

HASSON, D.; BRAMSON, D. Effectiveness of magnetic water treatment in suppressing CaCO<sub>3</sub> scale deposition. *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.* v. 24 p. 588-592, jul.1985.

HERZOG, R. E.; SHI, Q.; PATIL, J. N.; KATZ, J. L. Magnetic water treatment. The effect of iron on calcium carbonate nucleation and growth. *Langmuir*. v. 5 n.3, pp. 861-867, may. 1989.

HOZAYN, M.; AMAL, A. EL-MAHDY; ZALAMA, M.T. Magneto-priming for improving germination, seedling attributes and field performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity stress. *Middle East J. Agric. Res.*, 7(3): 1006-1022, 2018.

JOSHI, K. M.; KAMAT, P. V. Effect of Magnetic Field on the Physical Properties of Water. *Indian Chemical Society*, v.43, p.620-622, out.1966.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; HAGA, K.I.; FERREIRA, J.P.; ARF, M.V. Emergência, vigor de sementes e crescimento de mudas de milho sob condições de déficit hídrico. *Scientia Agraria*, vol. 11, núm. 2, pp. 125-134, 2010.



KATSUKI, A.; TOKUNAGA, R.; WATANABE, S.I.; TANIMOTO, Y. The effect of high magnetic field on the crystal growth of benzophenone. *Chemistry Letters*, v.8, p. 607-608, dez. 1996.

KHAJEH-HOSSEINI, M.; POWELL, A. A.; BINGHAM, I. J. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. *Seed Science and Technology*, v. 31, n. 3, p. 715-725, 2003.

KRAMER, Paul J. e KOZLOWSKI, T. *Fisiologia das árvores*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

KRISHNASAMY, V.; SESHU, D.V. Phosphine fumigation influence on rice seed germination and vigor. *Crop Sci.*, 30: 28-85, 1990.

KRONENBERG, K.J. Experimental Evidence for Effects of Magnetic Fields on Moving Water and Fuels. *IEEE Trans. Magnetics*, v. 21, p. 2059-2061. Jan-fev. 1985.

MACEDO, D.X.S.; SANTOS, V.C.; VIEIRA, J.M.; CARVALHO, J.A.D.; ALBIERO, D.; MACEDO JÚNIOR, J.S. Teste de emergência. *Revista Cultivar, Grandes culturas*, ano xv, N.º 177, p.14-15, fevereiro 2014.

MACHADO, J. C.; OLIVEIRA, J.A.; VIEIRA, M.G.G.C.; ALVES, M.C. Uso da restrição hídrica na inoculação de fungos em sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 23, n. 2, p. 88-94, 2001.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; GOMIDE, R.L. *Fisiologia da cultura do milho*. Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo, EMBRAPA.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. *Fisiologia da planta de milho*. Circular técnica, 20, EMBRAPA, 1995.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. *Fisiologia da produção de milho*. Circular técnica, 76, EMBRAPA, 2006.

MAHMOOD, S.; USMAN, M. Consequences of Magnetized Water Application on Maize Seed Emergence in Sand Culture. *Journal of Agricultural Science and Technology*, v.16, p.47-55, 2014.

MARTÍNEZ E.; CARBONELL M. V.; FLÓREZ M.; AMAYA J. M.; MAQUEDA R. "Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field," *International Agrophysics*, vol. 23, no. 1, pp. 45–49, 2009.

MOHAMED A. I; EBEAD B. M. "Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition," *International Journal of Agricultural Policy and Research*, vol. 1, no. 2, pp. 24–40, 2013.

NASSIF, Saraia M. L.; VIEIRA, Israel G.; FERNADES, Gelson D. (LARGEA/). Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Emergência de Sementes. Piracicaba: IPEF/LCF/ESALQ/USP, Informativo Sementes IPEF, Abr-1998.

OZEKI, S.; MIYAMOTO, J.; ONO, S.; WAKAI, C.; WATANABE, T. Water-Solid Interactions Under Steady Magnetic Fields. Magnetic-Field-Induced Adsorption and Desorption of Water. *Journal of Physical Chemistry*, v.100, n.10, p. 4205. Mar. 1996.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A.; Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, p. 1633-1644.

PRADELA, V.A.; YOSHIDA, C.H.P.; SANTOS, D.C.; SANTOS, R.C.; LAPAZ, A.M. Produção de mudas de alface em reposta ao uso de água tratada magneticamente. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. 12(3): 299-306, 2018.

SIMONI, F.; COSTA, R. S.; FOGAÇA, C. A.; GEROLINETO, E. Sementes de *Sorghum bicolor* L. - Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). *Revista de Biologia e Ciência da Terra, Paraíba*, v. 11, n. 1, p. 188-192, 2011.

VIEIRA, G.H.S.; GRAZZIOTI, R.M.; LO MONACO, P.A.V.; GARCIA, A.D.B.; PEREIRA, D.C.S.; MEIRELES, R.C. Produção de mudas de hortaliças sob magnetização de sementes e uso de água magnetizada. XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020

YASSEEN, B.T.; ALOMARY, S.S. An analysis of the effects of water-stress on leaf growth and yield of 3 barley cultivars. *Irrigation Science*, New York, v.14, n.3, p.157-162, 1994.