

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de  
28/03/2025

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until  
March 28, 2025

**HAYVER OLAYA TÉLLEZ**

**PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA, MAGNETISMO E  
ELETROMAGNETISMO COMBINADO AO MANEJO DE SOLUÇÃO  
HIDROPÔNICA EM ALFACE E RÚCULA**

**Botucatu**

**2024**



**HAYVER OLAYA TÉLLEZ**

**PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA, MAGNETISMO E  
ELETROMAGNETISMO COMBINADO AO MANEJO DE SOLUÇÃO  
HIDROPÔNICA EM ALFACE E RÚCULA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

**Botucatu**

**2024**

T275p Téllez, Hayver Olaya  
Pulsos elétricos de baixa frequência, magnetismo e eletromagnetismo combinado ao manejo de solução hidropônica em alface e rúcula / Hayver Olaya Téllez. -- Botucatu, 2024  
123 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu  
Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

1. Agronomia. 2. Hidroponics. 3. Hortaliças. 4. Campo magnético. 5. Irrigação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

### **Impacto potencial desta pesquisa**

Propor alternativas tecnológicas que potencializem a produtividade das culturas de alface e rúcula, reduzindo a incidência de algas sobre o sistema radicular, aumentando a vida útil da solução nutritiva e diminuindo o uso de fertilizantes em sistemas hidropônicos. A implementação do campo magnético mostra maior potencial em culturas onde o produto aproveitável é a raiz, e os resultados encontrados sob estresse por temperatura acima de 25°C evidenciam possíveis benefícios. O campo magnético é uma tecnologia alinhada com vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, contribuindo para reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e melhorar o consumo e a produção responsável.

### **Potential impact of this research**

To propose technological alternatives that enhance the productivity of lettuce and arugula crops, reducing algae incidence on the root system, extending the lifespan of the nutrient solution, and decreasing fertilizer usage in hydroponic systems. The implementation of a magnetic field shows greater potential in crops where the usable product is the root, and the results observed under stress due to temperatures above 25°C demonstrate potential benefits. The magnetic field technology aligns with various United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), contributing to poverty reduction, environmental protection, and the promotion of responsible consumption and production.



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

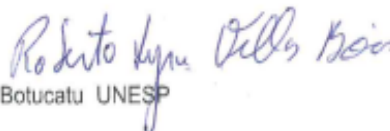
PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA, MAGNETISMO E ELETROMAGNETISMO COMBINADO AO MANEJO DE SOLUÇÃO HIDROPÔNICA EM ALFACE E RÚCULA

AUTOR: HAYVER OLAYA TÉLLEZ

ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pela Comissão Examinadora:

Prof. Titular ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS (Participação Presencial)  
Ciência Florestal Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu UNESP



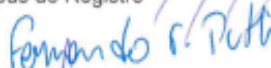
Prof. Dr. LUIZ VITOR CREPALDI SANCHES (Participação Presencial)  
Fitotecnia / Faculdades Integradas de Bauru



Prof. Dr. LEANDRO JOSE GRAVA DE GODOY (Participação Presencial)  
Coordenadoria do Curso de Engenharia Agrônoma / UNESP Campus de Registro



Prof. Dr. FERNANDO FERRARI PUTTI (Participação Presencial)  
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciência e Engenharia UNESP



Pesquisador Dr. MARCELO LEONARDO (Participação Presencial)  
Casa da Agricultura / Coordenadoria de Assistência Técnica Integral



Botucatu, 28 de março de 2024.



A todos os envolvidos ao longo de minha jornada, que me orientaram  
e acreditaram em mim.

Dedico este momento de conquista e realização.

Sua presença, apoio e confiança foram bússolas que me guiaram  
através dos desafios e incertezas do caminho.

Sou grato por cada palavra de incentivo, por cada gesto de orientação  
e por cada mão estendida.

Vocês me ensinaram que a jornada é mais bela quando compartilhada,  
e que a fé nos nossos sonhos é a força que nos impulsiona.

Hoje, celebro este marco com vocês, pois o seu papel nesta conquista  
é inestimável.

Obrigado por fazerem parte da minha história, por acreditarem em mim  
quando eu mesmo duvidava, e por me mostrarem que o sucesso é  
possível quando unimos forças, sonhos e esperanças.

Que nossa jornada continue lado a lado, trilhando novos caminhos e  
construindo conquistas ainda maiores.

Com eterna gratidão!



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por ser meu guia constante.

Aos meus queridos pais, Ruben Dario Olaya Castañeda e Flor Erly Téllez Rincon, pelo apoio incondicional e pelo amor inigualável.

Aos meus irmãos de brigas e alegrias, Deybi Robinson, Eliana Stella e Diego Nicolas, que sempre acreditam num futuro melhor em família.

À minha namorada, Debora, pelo seu amor, companheirismo, compreensão e por estar ao meu lado nos momentos de incerteza, dando-me inspiração ao longo destes anos de luta constante.

Aos demais familiares que contribuíram, mesmo quando poucos acreditavam.

Às amizades construídas ao longo da jornada, que levarei para sempre na memória.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pela orientação, ensinamentos, conselhos, paciência e exemplo de humanidade.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da UNESP que fizeram parte da minha formação integral.

A todos os colegas que participaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, desde a sala de aula até o desenvolvimento das pesquisas em campo.

À banca examinadora da qualificação e tese, pelas valiosas contribuições para a melhoria na qualidade deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" por permitir-me fazer parte de sua história.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



"Sigue los impulsos de tu corazón y responde al estímulo de tus ojos"

BIBLIA, A. T. Eclesiastés (11, 9). In: BÍBLIA. Sagrada Biblia católica: Antiguo y Nuevo Testamentos. Traducción: Walter Eduardo Lisboa. São Paulo: Biblia Pastoral, 2014. p.993.



## RESUMO

A procura por alimentos mais saudáveis demanda uma produção constante e de qualidade de hortaliças como alface e rúcula nas proximidades das grandes cidades. O sistema hidropônico permite o controle dos fatores que influenciam o desenvolvimento vegetal, possibilitando a experimentação de novas tecnologias ecologicamente sustentáveis, alinhadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, o presente trabalho se propõe a quantificar, ao longo de cinco capítulos, a influência de pulsos elétricos de baixa frequência, magnetismo e eletromagnetismo na produção de culturas hidropônicas. Os resultados obtidos demonstram que o uso contínuo de pulsos elétricos de baixa frequência provocou diferenças significativas nas variáveis de crescimento e absorção de nutrientes. Observou-se que a fertilização com 80% da concentração da solução nutritiva promoveu resultados discrepantes em condições de estresse por temperatura. Entretanto, tanto o desenvolvimento como a pós-colheita da alface, independentemente da concentração da solução nutritiva, apresentaram comportamento semelhante entre as plantas não tratadas, indicando uma influência reduzida dessa tecnologia. Quanto ao uso de magnetismo e eletromagnetismo na solução nutritiva, constatou-se melhorias significativas no desenvolvimento, na produtividade e na redução da incidência de algas nas raízes das plantas. Especificamente, o magnetismo demonstrou melhorias nas variáveis biométricas da alface, enquanto o eletromagnetismo resultou em aumento na concentração de magnésio, manganês e ferro no desenvolvimento da rúcula. Portanto, este estudo evidencia uma alternativa tecnológica promissora que proporciona benefícios na produtividade de diferentes culturas em sistemas hidropônicos, podendo aumentar sua tolerância aos efeitos adversos causados por estresses abióticos e reduzindo o consumo de fertilizantes.

**Palavras chave:** tecnologia; sustentabilidade; nutrição vegetal; desenvolvimento; campo magnético.



## ABSTRACT

The demand for healthier food leads to the constant and high-quality production of vegetables such as lettuce and arugula in the vicinity of large cities. Techniques like hydroponic systems allow for the control of factors influencing plant development, enabling the testing of new environmentally sustainable technologies aligned with sustainable development goals. In this context, this study aims to quantify, over five chapters, the influence of low-frequency electrical pulses, magnetism, and electromagnetism on hydroponic crop production. The results demonstrate that the continuous use of low-frequency electrical pulses resulted in significant differences in growth variables and nutrient absorption. It was observed that fertilization with 80% of the nutrient solution concentration yielded disparate results under temperature stress conditions. However, both the development and post-harvest of lettuce, regardless of the nutrient solution concentration, exhibited similar behavior among untreated plants, indicating a reduced influence of this technology. Significant improvements were observed in plant development, productivity and reduction of algae incidence on the roots using magnetism and electromagnetism in the nutrient solution. Magnetism showed improvements in lettuce biometric variables, while electromagnetism resulted in an increase in magnesium, manganese, and iron concentration during arugula development. Therefore, this study highlights a promising technological alternative that provides benefits in the productivity of different crops in hydroponic systems, may increase its tolerance to adverse effects caused by abiotic stresses and reducing fertilizer consumption.

**Keywords:** technology; sustainability; vegetal nutrition; development; magnetic field.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DA ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>) EM HIDROPÔNIA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA.....</b>	<b>34</b>
Figura 1 - Comportamento da umidade relativa e a temperatura ao longo de três ciclos de experimento. Botucatu SP, 2021 .....	36
Figura 2 - Croqui do desenho do sistema hidropônico utilizado no desenvolvimento da cultura de alface. Botucatu – SP. 2021.....	37
Figura 3 - Valores médios das variáveis biométricas na interação entre a solução e ciclos de cultivo. ....	40
Figura 4 - Valores médios das variáveis biométricas na interação entre ciclos de cultivo vezes frequência dos tratamentos.....	42
Figura 5 - Valores médios das variáveis biométricas na interação solução vezes frequência dos tratamentos. ....	43
<b>CAPÍTULO 2 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA CULTURA DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA .....</b>	<b>48</b>
Figura 1 - Comportamento da umidade relativa e a temperatura ao longo do período do experimento. Botucatu - SP, 2021 .....	51
Figura 2 - Croqui do desenho do sistema hidropônico utilizado no desenvolvimento da cultura de alface. Botucatu – SP, 2021.....	52
Figura 3 - Valores médios das variáveis nutricionais na interação solução vezes frequência de exposição a pulsos de baixa frequência em alface hidropônica.....	55
<b>CAPÍTULO 3 - VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PÓS-COLHEITA DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA.....</b>	<b>61</b>
Figura 1 - Comportamento da umidade relativa e a temperatura ao longo de três ciclos de experimento .....	63
Figura 2 - Croqui do desenho do sistema hidropônico utilizado no desenvolvimento da cultura de alface .....	64

Figura 3 -	Tendência do desenvolvimento das variáveis biométricas ao longo dos 24 dias após transplântio da cultura de alface tratada com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico .....	66
Figura 4 -	Tendência do comportamento da clorofila ao longo dos 24 dias após transplântio da cultura de alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico ...	67
Figura 5 -	Tendência do desenvolvimento das variáveis ao longo dos 7 dias de pós-colheita da cultura de alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico ...	69
Figura 6 -	Perda de massa ao longo de 7 dias de pós-colheita da cultura de alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico .....	70
<b>CAPÍTULO 4 - EFEITOS NA PRODUÇÃO DE ALFACE HIDROPÔNICA COM TRATAMENTO MAGNÉTICO E ELETROMAGNÉTICO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....</b>		<b>76</b>
Figura 1 -	Monitoramento ao longo do experimento: A) Condições climáticas (umidade relativa e temperatura). B) Condutividade elétrica da solução nutritiva .....	83
Figura 2 -	Resposta das variáveis biométricas na cultura de alface hidropônica submetida a tratamento magnético, eletromagnético e convencional na solução nutritiva. Distinta letra maiúscula apresenta diferenças estatísticas e letras iguais ou ausência de diferença entre tratamentos. As barras de erro indicam o desvio padrão da média das repetições. ATM: Solução nutritiva tratada magneticamente. ATE: Solução nutritiva tratada eletromagneticamente. Convencional: Solução nutritiva sem tratamento.....	84
Figura 3 -	Concentração de macro e micronutrientes na cultura de alface hidropônica submetida a tratamento magnético, eletromagnético e convencional na solução nutritiva. Distinta letra maiúscula apresenta diferenças estatísticas e letras iguais ou ausência de diferença entre tratamentos. As barras de erro indicam o desvio padrão da média das repetições. ATM: Solução	

		nutritiva tratada magneticamente. ATE: Solução nutritiva tratada eletromagneticamente. Convencional: Solução nutritiva sem tratamento .....	86
Figura	4 -	Desenvolvimento do número de folhas, SPAD, massa fresca e seca de raiz e parte aérea ao longo do ciclo da cultura de alface hidropônica submetida a tratamento magnético, eletromagnético e convencional na solução nutritiva. Distinta letra maiúscula apresenta diferenças estatísticas e letras iguais ou ausência de diferença entre tratamentos. As barras de erro indicam o desvio padrão da média das repetições. ATM: Solução nutritiva tratada magneticamente. ATE: Solução nutritiva tratada eletromagneticamente. Convencional: Solução nutritiva sem tratamento; DAT: Dias após transplântio.....	87
Figura	5 -	Incidência de algas sobre a raiz da alface hidropônica. ATM: Solução nutritiva tratada magneticamente. ATE: Solução nutritiva tratada eletromagneticamente. Conv.: Solução nutritiva sem tratamento .....	88
<b>CAPÍTULO 5 - TRATAMENTO MAGNÉTICO E ELETROMAGNÉTICO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA PRODUÇÃO DE RÚCULA HIDROPÔNICA.....</b>			
			<b>97</b>
Figura	1 -	Monitoramento ao longo do experimento: A) Condições climáticas (umidade relativa e temperatura), B) Condutividade elétrica da solução nutritiva. Botucatu - SP, 2021. ....	104
Figura	2 -	Resposta das variáveis biométricas na cultura de rúcula hidropônica. Distinta letra maiúscula apresenta diferenças estatísticas entre tratamentos e letras iguais ou ausência de diferença estatística (ns). ATM: Magnetismo, ATE: Eletromagnetismo, Convencional: Solução nutritiva.....	105
Figura	3 -	Desenvolvimento do número de folhas e SPAD ao longo do ciclo da cultura de rúcula hidropônica. ATM: Magnetismo, ATE: Eletromagnetismo, Convencional: Solução nutritiva, DAT: Dias após transplântio. ....	107

Figura 4 -	Desenvolvimento da massa seca de raiz e massa fresca e seca da parte aérea ao longo do ciclo da cultura de rúcula hidropônica. MSR: Massa seca da raiz, MSPA: Massa seca da parte aérea, MFPA: Massa fresca da parte aérea, ATM: Magnetismo, ATE: Eletromagnetismo, Convencional: Solução nutritiva, DAT: Dias após transplântio.....	108
Figura 5 -	Concentração de macro e micronutrientes na cultura de rúcula hidropônica. ATM: Magnetismo, ATE: Eletromagnetismo, Convencional: Solução nutritiva.....	109
Figura 6 -	Presença de algas nas raízes dos maços na rúcula. ATM: Magnetismo. ATE: Eletromagnetismo. CONV.: Convencional.....	111

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DA ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>) EM HIDROPÔNIA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA.....</b>		<b>34</b>
Tabela 1 -	Resumo da análise de variância para as variáveis de número de folhas, massa fresca e seca das raízes e parte aérea e o índice SPAD, clorofila e espectrofotometria da alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico, Botucatu, São Paulo. 2021 .....	39
Tabela 2 -	Valores médios e desvio padrão das variáveis de crescimento vegetativo da alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico, Botucatu, São Paulo. 2021 .....	39
<b>CAPÍTULO 2 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA CULTURA DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA .....</b>		<b>48</b>
Tabela 1 -	Resumo da análise de variância e valores médios e desvio padrão da concentração de macro e micronutrientes na cultura da alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico .....	54
<b>CAPÍTULO 3 - VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PÓS-COLHEITA DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA.....</b>		<b>61</b>
Tabela 1 -	Resumo da análise de variância para as variáveis de °Brix, pH e acidez titulável da cultura de alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico .....	68
Tabela 2 -	Valores médios e desvio padrão das variáveis de pós-colheita da alface tratadas com pulsos elétricos de baixa frequência em sistema hidropônico.....	68



## LISTA DE SÍMBOLOS

R <sup>2</sup>	Coeficiente de retração
DAT	Dias após transplante
%	Porcentagem
KHz	Kilohertz
CE	Condutividade elétrica do solo
ATT	Acidez titulável
ATM	Água tratada magneticamente
ATE	Água tratada eletromagneticamente
CE	Condutividade elétrica
pH	Potencial de hidrogênio



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>29</b>
<b>CAPÍTULO 1 - DESENVOLVIMENTO DA ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>) EM HIDROPÔNIA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA .....</b>	<b>34</b>
1.1 RESUMO .....	34
1.2 ABSTRACT .....	34
1.3 INTRODUÇÃO .....	35
1.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	36
1.4.1 Localização da área experimental .....	36
1.4.2 Delineamento experimental .....	36
1.4.3 Sistema hidropônico .....	36
1.4.4 Avaliações.....	38
1.4.5 Análises estatística .....	38
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
1.5.1 Análises biométricas .....	38
1.6 CONCLUSÃO .....	44
1.7 AGRADECIMENTOS .....	44
REFERÊNCIAS .....	44
<b>CAPÍTULO 2 - CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA CULTURA DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA .....</b>	<b>48</b>
2.1 RESUMO .....	48
2.2 ABSTRACT .....	48
2.3 INTRODUÇÃO .....	49
2.4 MATERIAL E METODOS .....	50
2.4.1 Delineamento experimental .....	50
2.4.2 Sistema hidropônico .....	51
2.4.3 Avaliações.....	52
2.4.4 Análises estatística .....	53
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
2.5.1 Concentração de Nutrientes .....	53

2.6	CONCLUSÃO .....	57
2.7	AGRADECIMENTOS .....	57
	REFERÊNCIAS.....	57

**CAPÍTULO 3 - VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PÓS-COLHEITA DA ALFACE HIDROPÔNICA TRATADA COM PULSOS ELÉTRICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA..... 61**

3.1	RESUMO.....	61
3.2	ABSTRACT .....	61
3.3	INTRODUÇÃO .....	62
3.4	MATERIAL E METODOS .....	63
3.4.1	Localização da área experimental.....	63
3.4.2	Delineamento experimental.....	63
3.4.3	Sistema hidropônico.....	63
3.4.4	Avaliações.....	64
3.4.5	Análises estatística.....	65
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	66
3.5.1	Análises biométricas .....	66
3.6	CONCLUSÃO.....	71
3.7	AGRADECIMENTOS .....	71
	REFERÊNCIAS.....	71

**CAPÍTULO 4 - EFEITOS NA PRODUÇÃO DE ALFACE HIDROPÔNICA COM TRATAMENTO MAGNÉTICO E ELETROMAGNÉTICO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA ..... 76**

4.1	RESUMO.....	76
4.2	ABSTRACT .....	77
4.3	INTRODUÇÃO .....	77
4.4	MATERIAL E METODOS .....	79
4.4.1	Localização da área experimental.....	79
4.4.2	Delineamento experimental.....	79
4.4.3	Sistema hidropônico.....	80
4.4.4	Avaliações.....	81
4.4.5	Análises estatística.....	82

4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	82	
4.6	CONCLUSÕES.....	89	
4.7	AGRADECIMENTOS.....	90	
	REFERÊNCIAS.....	90	
<b>CAPÍTULO 5 - TRATAMENTO MAGNÉTICO E</b>			
<b>ELETROMAGNÉTICO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA</b>			
<b>PRODUÇÃO DE RÚCULA HIDROPÔNICA.....</b>			<b>97</b>
5.1	RESUMO.....	97	
5.2	ABSTRACT.....	97	
5.3	INTRODUÇÃO.....	98	
5.4	MATERIAL E METODOS.....	101	
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104	
5.6	CONCLUSÕES.....	111	
	REFERÊNCIAS.....	111	
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>			<b>118</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>			<b>119</b>



## INTRODUÇÃO GERAL

A produção de alimentos demanda inovações tecnológicas constantes que permitam o sucesso das culturas em diferentes condições ambientais, desenvolvendo espécies tolerantes ou resistentes a pragas, doenças, solos pobres ou déficit hídrico, neste sentido são testadas e projetadas novas formas de produção, equipamentos e espécies vegetais melhoradas geneticamente (Borém *et al.*, 2021). Dependendo do tipo de cultura algumas técnicas podem ser implementadas como a irrigação aumentando a produtividade e inclusive sistemas sem solo não são desenvolvidas para espécies hortícolas, otimizando assim os recursos naturais (Bezerra Neto, 2017; Gramasco, 2021).

Dentro das hortaliças folhosas de destaque comercial no Brasil e no mundo tem se a alface (*Lactuca sativa* L.) e a rúcula (*Eruca sativa* Miller) podendo ser consumidas *in natura* (Sala; Costa, 2012; Silva *et al.*, 2022). Estas culturas contribuem com relevante importância econômica e social ao ser cultivadas majoritariamente por pequenos produtores (Mitova *et al.*, 2017; Jardina *et al.*, 2017; Sousa *et al.*, 2022). Estados do sul e sudeste brasileiro possuem maior concentração tanto na produção como no consumo destas hortaliças (Pinheiro *et al.*, 2021).

A incorporação de melhores hábitos alimentares pela população tem aumentado o consumo de hortaliças como a rúcula e alface, aproveitando suas propriedades digestivas, diuréticas, estimulantes, laxativas, anti-inflamatórias, de baixo teor de gordura, calorias e sódio, sendo fonte de fibras, ferro e vitamina C (Melo *et al.*, 2016; Porto *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2016). Demandando assim seu fornecimento o ano todo com qualidade (Martinez *et al.*, 2016; Barros; Pordeus, 2016).

Na produção de hortaliças têm se destacado métodos como o hidropônico, onde o solo é substituído por uma solução aquosa enriquecida com os elementos minerais essenciais para o desenvolvimento adequado dos vegetais (Furlani *et al.*, 1999). Essa técnica requer maior cuidado na instalação e manejo, proporcionando hortícolas com boa qualidade sanitária e rendimentos iguais ou superiores em comparação com a produção convencional (Al-Tawaha *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2013).

A técnica hidropônica consiste num ambiente fechado onde se fornece uma solução com nutrientes de forma equilibrada segundo o tipo de cultura. O sistema possibilita recircular a solução pelo sistema até que está diminua de qualidade e precise ser trocada, reduzindo o risco de contaminação das águas subterrâneas por

resíduos em excesso e rentabilizando melhor a produção de hortaliças (Paulus *et al.*, 2012; Tzerakis *et al.*, 2013).

Nesse contexto, o cultivo hidropônico fornece alternativas para a produção de alface e rúcula em regiões com condições adversas, implementando adequações para baixar a temperatura e luminosidade. Ao ser um sistema onde as raízes estão em contato com a solução, isto favorece a absorção e acúmulo de nutrientes que, em excesso, podem causar danos as plantas e ao consumidor final quando se refere à concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) nas folhas (Cometti *et al.*, 2019; Felipe; Pereira, 2020). Nesse sentido, Fernandes *et al.* (2018) relata a preocupação em reduzir a concentração das soluções nutritivas utilizadas nos cultivos hidropônicos, buscando manter o teor do  $\text{NO}_3^-$  em níveis adequados nos tecidos vegetais. Demandando pesquisas que aumentem a eficiência dos nutrientes sem prejudicar a qualidade das plantas.

A versatilidade da produção de alface e rúcula permite sua implementação em casas de vegetação, aquaponia, hidroponia e inclusive em substrato, assim fornece alternativas para que pequenos produtores adotem qualquer técnica segundo sua disponibilidade de recursos. Dentre estes métodos, a hidroponia tem conseguido rápida expansão perto dos centros consumidores, sua versatilidade faz com que possa se adaptar a distintos panoramas, além de reduzir o consumo de água e requerer menor espaço para seu funcionamento em comparação com a produção convencional (Al-Ogaidi *et al.*, 2017; Al-Tawaha *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2013).

Dentro o sistema hidropônico encontrasse técnicas como fluxo profundo (DFT); flutuação dinâmica de raízes (DRFT); filme nutriente (NFT); cultivo em substrato, podendo ser associada com as técnicas anteriores (Bezerra Neto; Barreto, 2012). Entretanto, a técnica mais utilizada para a produção de folhosas como alface e rúcula é o NFT (Kaiser; Ernst, 2012). Outros cultivos como tomate, pepino, morango, feijão, agrião e cebolinha também estão sendo desenvolvidos no sistema hidropônico com algumas leves modificações para manter as plantas erguidas (Resh, 2013). Têm sido produzidos consórcios de espécies num mesmo sistema como alface, rúcula, cebolinha e agrião ao mesmo tempo por ter demanda de nutrientes similar (Edaroyati *et al.*, 2017).

O método hidropônico sempre está em constante aprimoramento, permitindo testar novas metodologias que permitam expressar o potencial genético das culturas, nesse sentido são utilizadas técnicas, equipamentos e instalações que gerem

diferencial no desenvolvimento vegetal e que reduzam os custos de produção de forma sustentável. Metodologias que vão desde o tratamento com pulsos elétricos de baixa frequência até o magnetismo e eletromagnetismo na solução nutritiva da irrigação estão sendo testados (Chibowski; Szczes, 2018; Putti *et al.*, 2023a, 2023b; Piyadasa *et al.*, 2017). Neste contexto, tecnologias ecologicamente corretas ganham relevância por procurar a otimização dos recursos na agricultura de forma sustentável (Yu; Wu, 2018).

Uma dessas tecnologias é o sistema eletrônico anti-incrustação, que oferece tratamento ecologicamente correto da água, reduzindo a incrustação e a ferrugem nos sistemas de irrigação. Essa técnica realiza o tratamento da água sem a aplicação de químicos, emitindo pulsos elétricos de baixa frequência que alteram o processo de cristalização do cálcio nas águas duras, fazendo com que as partículas percam a capacidade de fixar às superfícies, ajudando na liberação de compostos insolúveis que podem ser aproveitados no desenvolvimento dos vegetais (Mercier *et al.*, 2016; Piyadasa *et al.*, 2017).

Outra técnica consiste em expor a água a um campo magnético que pode gerar alterações nos parâmetros físicos e químicos e provavelmente ser aproveitados no crescimento e desenvolvimento vegetal (Putti *et al.*, 2023b; Liu *et al.*, 2019). Segundo Pang e Deng, (2008) quando a água é exposta a um campo magnético, as ligações de hidrogênio das moléculas se aproximam, formando cadeias fechadas de ligações de hidrogênio, facilitando a condução da 'corrente elétrica molecular' devido à ação da força de Lorentz do campo magnético. Assim, essas interações magnéticas reduzem a tensão superficial, causando um aumento na dissolução mineral na água, disponibilizando quantidades adequadas de nutrientes para o desenvolvimento vegetal com menor custo energético (Mghaiouini *et al.*, 2021; Szczes *et al.*, 2020; Zhao *et al.*, 2021).

O uso de campo magnético ou eletromagnético polariza as moléculas de água e estas tendem a se organizarem num mesmo sentido (Chibowski; Szczes, 2018; Gaafar *et al.*, 2015), podendo aumentar o pH, condutividade elétrica (CE), difusão, permeabilidade e reduzir a viscosidade, tensão superficial, melhorando a fluidez e permeabilidade em relação à água submetidas ao campo (Al-Ogaidi *et al.*, 2017; Szczes *et al.*, 2020).

Estudos são desenvolvidos visando compreender os efeitos gerados pelo campo magnético e o uso de pulsos elétricos de baixa frequência na produção agrícola (Selim

*et al.*, 2019; Sarraf *et al.*, 2020; Xiao *et al.*, 2020). Foram reportadas mudanças na força magnética de  $B(\max) = 0,023$  mT e  $B(\min) = 0,008$  mT, com  $B(\text{avg}) = 0,0155$  mT para  $B(\max) = 0,0185$  mT e  $B(\min) = 0,005$  mT, com  $B(\text{avg}) = 0,01175$  mT entre a água com e sem tratamento com campo magnético, respectivamente (Mghaiouini *et al.*, 2021)

Benefícios na agricultura com uso de água tratada com magnetismo e eletromagnetismo abrangem desde a germinação de sementes até o crescimento e desenvolvimento de mudas e plantas, associado possivelmente ao aumento da hidratação de íons, e assim, conseguindo ter um maior aproveitamento dos nutrientes pelas raízes das plantas (Abobatta, 2019; Khaskhoussy *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2019). Também existem relatos de benefícios no desenvolvimento vegetal ao ser tratada a solução nutritiva com pulsos elétricos de baixa frequência.

Redução dos efeitos adversos do estresse salino, uso eficiente da água e benefícios no desenvolvimento têm sido reportados em trigo (Selim *et al.*, 2019), alface (Putti *et al.*, 2015), berinjela (Souza *et al.*, 2019) e cenoura (Putti *et al.*, 2018), efeitos na germinação em tomate (Yusuf *et al.*, 2019), trigo (Massah *et al.*, 2019) e arroz (Zhou *et al.*, 2022) até redução na incidência de biofilmes de algas (Mercier *et al.*, 2016; Xiao *et al.*, 2020).

Na atualidade o uso de água tratada com campo eletromagnético ou magnético é pouco explorado (Zhang *et al.*, 2022) e ainda menos implementado pulsos elétricos de baixa frequência com fins agrícolas. Estas tecnologias que não utilizam nenhum tipo de químico são relevantes para fazer frente às mudanças ambientais e buscam alternativas que aumentem a produção agrícola com menos consumo dos recursos água e fertilizantes.

Algumas vantagens do sistema hidropônico estão correlacionadas com a possibilidade de fazer o acompanhamento detalhado dos fatores que interferem no desenvolvimento vegetal como controlar a disponibilidade nutricional na solução e seguimento sanitário das plantas, além de diminuir a interferência ambiental quando conduzida dentro de casa de vegetação.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é quantificar a influência dos pulsos elétricos de baixa frequência, magnetismo e eletromagnetismo na produção de culturas hidropônicas. Avaliou-se a influência no desenvolvimento (capítulo 1), concentração de nutrientes (capítulo 2) e comportamento de variáveis biométricas e de pós-colheita (capítulo 3) da alface hidropônica em casa de vegetação utilizando um

sistema eletrônico anti-incrustação e os efeitos na produção de alface (capítulo 4) e rúcula (capítulo 5) hidropônica submetida a tratamento magnético e eletromagnético na solução nutritiva recomendada por Furlani *et al.* (1999) que consta de 187 N; 72 P; 220 K; 143 Ca; 38 Mg; 52 S; 0,45 B; 0,45 Cu; 1,81 Fe; 0,45 Mn; 0,18 Zn e 0,09 Mo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostra diferentes alternativas tecnológicas na procura de aumentar a produtividades das culturas de alface e rúcula em sistema hidropônico pelo qual é recomendável em investigações futuras utilizar a mesma metodologia em culturas em solo e/ou substratos.

Os resultados mostram possível aumento da tolerância a situações de estresse por temperatura e hídricas pelo qual se devem realizar ensaios com essa finalidade.

Recomendo continuar com a pesquisa em culturas onde a parte aproveitável seja a raiz como batata, mandioca, cenoura entre outras.

O uso do magnetismo mostrou potencial trazendo benefícios no desenvolvimento das culturas podendo ser de fácil incorporação no tratamento da solução nutritiva e água utilizada nos sistemas de irrigação.

## REFERÊNCIAS

- ABOBATTA, W. F. Overview of Role of Magnetizing Treated Water in Agricultural Sector Development. **Advances in Agricultural Technology & Plant Sciences**, Hyderabad, v. 2. n. 1, p. 1-7, 2019.
- AL-OGAIDI, A.A.; WAYAYOK, A.; ROWSHON, M.; ABDULLAH, A.F. The influence of magnetized water on soil water dynamics under drip irrigation systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 180, p. 70–77. 2017.
- AL-TAWAHA, A. R.; AL-KARAKI, G.; AL-TAWAHA, A. R.; SIRAJUDDIN, S. N.; MAKHADMEH, I.; WAHAB, P. E. M.; YOUSSEF, R. A.; AL SULTAN, W.; MASSADEH, A. Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v.24, n. 5, p. 793-800, 2018.
- BARROS, J. D de S; PORDEUS, A. V. **Agricultura no Semiárido Brasileiro: Desafios e potencialidades na adoção de práticas agrícolas sustentáveis**. In: Congresso Internacional da Diversidade Do Semiárido, 1, 2016, Campina Grande, PB, Anais... 2016.
- BEZERRA NETO, E. **Hidroponia**. In: Cadernos do Semiárido: Riquezas e oportunidades. Recife: EDUFRPE, 2017.
- BEZERRA NETO; BARRETO. **As técnicas da hidropinía**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, vols. 8 e 9, p.107-137, 2012.
- BORÉM, A., MIRANDA, G. V., & FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. Oficina de Textos. 8 edição. 2021.
- CHIBOWSKI, E.; SZCZES, A. Magnetic water treatment a review of the latest approaches. **Chemosphere**, Oxford, v. 203, p. 54-67, 2018.
- COMETTI, N. N; GALON, K; BREMENKAMP, D. M. Behavior of four cultivars of lettuce in hydroponic cultivation in tropical environment. **Revista eixo**, v. 8, n. 1, p 1-9, 2019
- EDAROYATI, M. P.; AISHAH, H. S.; AL-TAWAHA, A. M. Requirements for inserting intercropping in aquaponics system for sustainability in agricultural production system. **Agronomy Research**, Madison, v. 15, n.5, p.2048-2067. 2017.
- FELIPPE, L. C. V.; PEREIRA, C. O. Teor de nitrato em alfaces do tipo crespa (*Lactuca sativa*) provenientes de diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Processos Químicos**. v. 1, n. 1, p 46-58, 2020
- FERNANDES, J. M. P; FERNANDES, A. L. M.; DIAS, N. da S.; COSME, C. R.; NASCIMENTO, L. V.; QUEIROZ, I. S. R de. Salinidade da solução nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 12, n. 3, p 2570-2578, 2018
- FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, N. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1999.

- GAAFAR, M. M.; HUSSAIN, M. S.; ALI, K.; KHRAIBT, C.; SHANDI, N. R.; MOHAMED, S. K. Effect of Magnetic Water on Physical Properties of Different Kind of Water, and Studying Its Ability to Dissolving Kidney Stone. **Journal of Natural Sciences Research**, S. I., v. 5, p. 85–94. 2015.
- GOSSELIN, F.; MATHIEU, L.; BLOCK, J. C.; CARTERET, C.; MUHR, H.; JORAND, F. Assessment of an anti-scale low-frequency electromagnetic field device on drinking water biofilms. **Biofouling**, Chur, v. 34, n. 9, p. 1020-1031, 2018.
- GRAMASCO, G. A. P. **Fertirrigação: técnicas e práticas de manejo**. (Monografia Engenharia Agrônômica). Centro de ciências agrárias. Universidade Federal de São Carlos, p. 36. 2021.
- JARDINA, L. L.; CORDEIRO, C. A. M.; SILVA, M. C. C.; SANCHES, A. G.; ARAÚJO JÚNIOR, P. V. Desempenho produtivo e qualidade de cultivares de rúcula em sistema semi-hidropônico. **Revista de Agricultura Neotropical**, S. I., v. 4, n. 1, p. 78-82, 2017.
- KAISER, C.; ERNST, M. **Hydroponic Lettuce**. University of Kentucky College of agriculture, Food and Environment, Cooperative extension service. 2012.
- KHASKHOUSSY, K.; BOUHLEL, M.; DAHMOUNI, M.; HACHICHA, M. Performance of different magnetic and electromagnetic water treatment devices on soil and two tomato cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 322, p. 112437. 2023.
- KIM, M. J.; MOON, Y.; TOU, J. C.; MOU, B.; WATERLAND, N. L. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**. San Diego, v. 49, p. 19 – 34. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.03.004>
- LIU, X.; ZHU, H.; WANG, L.; BI, S.; ZHANG, Z.; MENG, S.; ZHANG, Y.; WANG, H.; SONG, C.; MA, F. The effects of magnetic treatment on nitrogen absorption and distribution in seedlings of *Populus x euramericana* 'Neva' under NaCl stress. **Scientific Reports**, Crinan, v. 9, n. 10025, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-45719-6>
- MARTINEZ, D. G.; MARTINS, B. H da S.; FEIDEN, A. Valor nutricional do cultivo de alface hidropônico. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 481-489, 2016.
- MASSAH, J.; DOUSTI, A.; KHAZAEI, J.; VAEZZADEH, M. Effects of Water Magnetic Treatment on Seed Germination and Seedling Growth of Wheat. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 42, p. 1283–1289. 2019.
- MELO, M. F. De; LANA, M. M.; SANTOS, F. F. DOS; MATOS, M. J. L. F.; TAVAREs, S. A. **Hortaliça: como comprar, conservar e consumir rúcula**. Embrapa Hortaliças (INFOTECA-E). 2026. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172696/1/RUCULA-CCCC-2017>
- MERCIER, A.; BERTAUX, J.; LESOBRE, J.; GRAVOUIL, K.; VERDON, J.; IMBERT, C.; VALETTE, E.; HECHARD, Y. Characterization of biofilm formation in natural

water subjected to low frequency electromagnetic fields. **Biofouling**, Chur, v. 32, n. 3, p. 287-299, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/08927014.2015.1137896>.

MITOVA, I.; NENOVA, L.; STANCHEVA, I.; GENEVA, M.; HRISTOZKOVA, M.; MINCHEVA, J. Lettuce response to nitrogen fertilizers and root mycorrhization. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v. 23, n. 2, p. 260-264, 2017.

PANG, X.; DENG, B. Investigation of changes in properties of water under the action of a magnetic field. **Science China Physics, Mechanics & Astronomy**, Dordrecht, v. 51, p. 1621–1632. 2008.

PAULUS, D; PAULUS, E; NAVA, G. A; MOURA, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 110-117, 2012.

PINHEIRO, W. D.; WIETH, A. R.; CARVALHO, A. C.; DA SILVA DUARTE, T.; DA SILVA, M. A. S. Densidade de plântulas e concentrações da solução nutritiva para rúcula hidropônica no período de primavera e verão. **Brazilian Journal of Development**, S. l., v. 7, n. 3, p. 23163-23176. 2021.

PIYADASA, C.; RIDGWAY, H. F.; YEAGER, T. R.; STEWART, M. B.; PELEKANI, C.; GRAY, S. R.; ORBELL, J. D. The application of electromagnetic fields to the control of the scaling and biofouling of reverse osmosis membranes – a review. **Desalination**, Amsterdam, v. 418, p. 19-34, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.05.017>.

PORTO, R. DE A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. M. M.; CORDOVA, N. R.M.; POLIZEL, A. C.; SILVA, T. J.A. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agrombiente**, S. l., v. 7, n. 1, p. 28-35. 2013.

PUTTI, F. F.; ARRUDA, B.; VICENTE, E. F.; CHAVES, P. P. N.; NOGUEIRA, B. B.; ZANETTI, W. A. L.; ONO, E. O.; REIS, A. R. Magnetic technology to reduce the effects of saline stress on tomato plants. **Environmental Technology & Innovation**, v. 33, p. 103544. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103544>.

PUTTI, F. F.; DE QUEIROZ BARCELOS, J. P.; GOES, B. C.; ALVES, R. F.; NETO, M. M.; DA SILVA, A. O.; FILHO, L. R. A. G.; ZANETTI, W. A. L.; DE SOUZA, A. V. Effects of water deficit on growth and productivity in tomato crops irrigated with water treated with very low-frequency electromagnetic resonance fields. **Plants**, S. l., v.12, p. 3721. 2023a, DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12213721>

PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; CREMASCO, C. P.; SILVA JUNIOR, J. F. Magnetically treated water for irrigation: effects on production and efficiency of water use in carrot (*Daucus carota* L.) crop. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**. Tunja, v. 12, n. 2, p. 447-455. 2018. DOI: 10.17584/rcch.2018v12i2.7560

PUTTI, F. F.; GABRIEL FILHO, L. R. A.; KLAR, A. E; SILVA JUNIOR, J. F; CREMASCO, C. P; LUDWIG, E. R. Response of lettuce crop to magnetically treated irrigation water and different irrigation depths. **African Journal of Agricultural Research**, S. l., v.10, n. 22, p. 2300- 2308. 2015. DOI: 10.5897/AJAR2015.9616

PUTTI, F. F.; VICENTE, E. F.; CHAVES, P. P. N.; MANTOAN, L. P. B.; CREMASCO, C. P.; ARRUDA, B.; FORTI, J. C.; JUNIOR, J. F. S.; CAMPOS, M.; REIS, A. R. Effect of magnetic water treatment on the growth, nutritional status, and yield of lettuce plants with irrigation rate. **Horticulturae**, S. l., v. 9, p. 504. 2023b, DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040504>

RESH, H. M. Hydroponic food production: a defi native guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. **CRC Press**. 2013.

SALA, F. C; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 187-194, 2012.

SANTOS, J. D.; LOPES DA SILVA, A. L.; DA LUZ COSTA, J.; SCHEIDT, G. N.; NOVAK, A. C.; SYDNEY, E. B.; SOCCOL, C. R. Development of a vinasse nutritive solution for hydroponics. **Journal of Environmental Management**, London, v. 114, p. 8-12, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.045>

SARRAF, M.; KATARIA, S.; TAIMOURYA, H.; SANTOS, L. O.; MENEGATTI, R. D.; JAIN, M.; IHTISHAM, M.; LIU, S. Magnetic Field (MF) Applications in Plants: An Overview. **Plants**, S. l., v. 9, p. 1139. 2020.

SELIM, D. A. F. H.; NASSAR, R. M. A.; BOGHDADY, M. S.; BONFILL, M. Physiological and Anatomical Studies of Two Wheat Cultivars Irrigated with Magnetic Water under Drought Stress conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 135, p. 480–488. 2019.

SILVA, S. O., DA SILVA, U. J.; DA SILVA SOUZA, F.; DA SILVA, P. M.; FERREIRA, M. C. C.; DOS SANTOS, J. S.; OLIVEIRA, C. P. Cultivo de rúcula submetido a diferentes tipos de substratos. **Fórum Rondoniense de Pesquisa**, v.3, n. 8. 2022.

SOUSA, A. P. De.; NASCIMENTO. I. R.; CARLINE, J. V. G.; OLIVEIRA, L. B.; TELES, S. P.; PEREIRA, F. F.; MATOS NETO, J. F.; KAONRDÖRFER, D. B. Doses e fontes de zinco aplicado via foliar na qualidade de mudas de alface. **Revista Agrária Acadêmica**. S. l., v. 5, n. 2, p. 111 – 126. 2022. DOI: [10.32406/v5n2/2022/111-126/agrariacad](https://doi.org/10.32406/v5n2/2022/111-126/agrariacad)

SOUZA, Á. H. C.; REZENDE, R.; SERON, C. C.; LORENZONI, M. Z.; NASCIMETO, J. M. R.; LOZANO, C. Z; NALIN, D.; SOUZA, D. T.; GONÇALVES, A. C. A.; SAATH, R. Evaluation of the Growth and the Yield of Eggplant Crop Under Different Irrigation Depths and Magnetic Treatment of Water. **Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 11, p. 35. 2019.

SZCZES, A.; CHIBOWSKI, E.; RZEŹNIK, E. Magnetic Field Effect on Water Surface Tension in Aspect of Glass and Mica Wettability. **Colloids Interfaces**, S. l., v. 4, p.37. 2020.

TZERAKIS, C; SAVVAS, D; SIGRIMIS, N; MAVROGLANNOPOULUS, G. Uptake of Mn and Zn by cucumber grown in closed hydroponic systems as influenced by the Mn and Zn concentrations in the supplied nutrient solution. **Hortscience**, S. l., v. 48, n. 3, p. 373–379, 2013.

XIAO, Y.; SEO, Y.; LIN, Y.; LI, L.; MUHAMMAD, T.; MA, C.; LI, Y.; Electromagnetic fields for biofouling mitigation in reclaimed water distribution systems. **Water Research**, Oxford, v. 173, p. 1155 - 1562, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115562>.

YU, J.; WU, J. The Sustainability of Agricultural Development in China: The Agriculture–Environment Nexus. **Sustainability**, S. I., v. 10, p. 1776. 2018.

YUSUF, K. O.; SAKARIYAH, S. A.; BAIYERI, M. R. Influence of Magnetized Water and Seed on Yield and Uptake of Heavy Metals of Tomato. **Notulae Scientia Biologicae**, S. I., v. 11, n. 122–129. 2019.

ZHANG, J.; WANG, Q.; WEI, K.; GUO, Y.; MU, W.; SUN, Y. Magnetic Water Treatment: An Eco-Friendly Irrigation Alternative to Alleviate Salt Stress of Brackish Water in Seed Germination and Early Seedling Growth of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Plants**, S. I., v. 11, p. 1397. 2022.

ZHAO, G.; MU, Y.; WANG, Y.; WANG, L. Response of Winter-Wheat Grain Yield and Water-Use Efficiency to Irrigation with Activated Water on Guanzhong Plain in China. **Irrigation Science**, New York, v. 39, p. 263–276. 2021.

ZHOU, B.; LIANG, C.; CHEN, X.; YE, S.; PENG, Y.; YANG, L.; DUAN, M.; WANG, X. Magnetically-Treated Brackish Water Affects Soil Water-Salt Distribution and the Growth of Cotton with Film Mulch Drip Irrigation in Xinjiang, China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 263, p. 107487. 2022.