

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GUSTAVO LEMOS VITORINO

USO DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA NA IRRIGAÇÃO DE ALFACE AMERICANA
E CRESPA

Monte Carmelo
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

GUSTAVO LEMOS VITORINO

USO DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA NA IRRIGAÇÃO DE ALFACE AMERICANA
E CRESPA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior

Monte Carmelo
2022

GUSTAVO LEMOS VITORINO

USO DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA NA IRRIGAÇÃO DE ALFACE AMERICANA
E CRESPA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de
Agronomia da Universidade Federal de
Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como
requisito necessário para a obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 04 de agosto de 2022

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior
Orientador (a)

Prof. Dr. Jefferson Vieira José
Membro da Banca

Prof. Dr. Timóteo Herculino da Silva Barros
Membro da Banca

Monte Carmelo

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por proporcionar esta caminhada acadêmica de extrema importância para meu futuro, seja de forma pessoal e profissional.

Ao meu pai José Ailton Vitorino e a minha mãe Rozilene Das Graças Monteiro Vitorino por não medirem esforços para proporcionar a melhor formação pedagógica para seu filho. De imediato agradeço ao meu irmão Eric Lemos Monteiro que mesmo não presente em vida, esteve presente em meu coração proporcionando forças para continuar a minha jornada.

A minha namorada Ana Luísa Corrêa Gularte, que esteve presente nos melhores e piores momentos da minha graduação me apoiando sempre nas iniciativas dos meus sonhos.

A todos os meus amigos que de certa forma contribuíram para o desenvolvimento do meu trabalho de pesquisa, em especial o técnico do laboratório de irrigação Daniel Martins da Silva.

Ao grupo CinCi, grupo de pesquisa que disseminou grandes conhecimentos e trabalhos que agregaram muito para o meu futuro profissional.

Aos meus colegas do grupo Cinci que me apoiaram e contribuíram para o desenvolvimento do meu trabalho de pesquisa.

Ao meu professor, orientador e grande amigo Eusímio Felisbino Fraga Júnior por toda a paciência, ensinamento e companheirismo durante o meu tempo de graduação.

Aos professores da banca, que puderam firmar este compromisso em avaliar o trabalho desenvolvido.

A Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, pelo espaço cedido para o desenvolvimento deste e outros trabalhos e também pela contribuição da minha formação.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento do meu trabalho e para a minha formação, muito obrigado.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
3. OBJETIVO	7
4. REFERENCIAL TEÓRICO	8
4.1 Cultura da alface	8
4.2. Importância da irrigação da cultura da alface	9
4.3. Importância do uso da água eletromagnetizada.....	9
4.4. Manejo da irrigação na cultura da alface em ambiente protegido	10
4.5. Qualidade da água utilizada para irrigação	11
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
6. RESULTADO E DISCUSSÃO	24
6.1. Parâmetros Agronômicos	24
6.2 Qualidade da água de irrigação	32
6.3 Manejo da irrigação	36
6.4 Monitoramento umidade do solo	37
7. CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

RESUMO

A alface é a hortaliça folhosa mais importante para o mundo, sendo consumida in-natura ou em forma de salada. Esta cultura pode ser cultivada em todo território nacional. . O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de dois cultivares de alface submetidos a irrigação superficial com água eletromagnetizada. Este trabalho foi conduzido com 32 parcelas (vasos) de cultivo da cultura da alface sob quatro tratamentos e oito repetições, em um delineamento inteiramente casualizado. As cultivares de alface utilizadas foram Camila-grupo de alface crespa e Diva-grupo de alface americana Para cada parcela, foi utilizado um vaso com volume de $16,95 \text{ dm}^3$, um arco gotejador NetBow, um gotejador botão PCJ 8 L/h^{-1} e um microtubo (40 cm^{-1} de comprimento) O manejo da irrigação foi realizado por meio da evaporação do tanque Classe A, a evaporação total foi de $47,6 \text{ mm}$ e a conversão para evapotranspiração de referência foi de 39 mm totais desde a instalação do tanque até o final do ciclo. A umidade do solo foi monitorada durante o cultivo utilizando quatro sensores chamados delta T-SM150 T. Estes sensores foram distribuídos em 4 vasos, 1º vaso: cultivar Diva com tratamento água eletromagnetizada, 2º cultivar Diva com o tratamento sem água eletromagnetizada, 3º cultivar Camila com tratamento água eletromagnetizada 4º cultivar Camila com tratamento sem água eletromagnetizada. Os sensores localizados nos vasos irrigados com água eletromagnetizada apresentaram valores menores de umidade do solo em comparação a umidade do solo sem a utilização do tratamento eletromagnético da água, porém as plantas que estavam inseridas nestes vasos utilizando o tratamento eletromagnético da água apresentaram diâmetro de cabeça superior que a área do vaso ocasionando efeito buquê, isto é, a projeção da parte aérea da planta foi superior a área de superfície de solo. A média total dos parâmetros avaliados da massa fresca da parte aérea, volume de raiz, comprimento da cabeça, diâmetro de caule, altura de caule, número de folhas, massa seca parte aérea, massa seca da raiz e o conteúdo relativo de água não promoveram incremento significativo ao utilizar a água tratada por eletromagnetização em relação a água sem tratamento. O índice Spad (Soil Plant Analysis Development) foi o único parâmetro avaliado que promoveu diferença significativa para o uso da água de irrigação tratada por eletromagnetismo. Ao comparar as médias entre as cultivares, observa-se que a cultivar Diva obteve valores maiores em relação a cultivar Camila, apenas os parâmetros da altura de caule e o conteúdo relativo de água na planta não apresentaram diferença significativa. A água utilizada apresentou níveis ideais para ser fornecida à produção de alimentos via cultivo de plantas.

Palavras-Chave: Evapotranspiração, Umidade Volumétrica, Gotejamento.

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa*) é originária da região do mediterrâneo e é considerada a hortaliça folhosa mais importante no mundo, sendo consumida in-natura ou em forma de salada (SALA; COSTA, 2012). Em território brasileiro, é garantido a expressiva importância econômica do cultivo da alface entre os grupos das hortaliças folhosas, há estimativas que o país abrange uma área de produção de 30.000 hectares por ano (SALA; COSTA, 2012).

A alface é uma cultura anual e historicamente é cultivada em todo o território nacional, de acordo com Carvalho et al. (2005). Assim, é necessário atentar-se sobre as condições adversas de diferentes regiões, situando-se sobre temperatura, umidade e pluviosidade predominante do ambiente de cultivo Ferreira et al. (2010). Além das condições adversas, é de grande importância realizar o levantamento dos recursos hídricos da região, com finalidade de obter sistemas de distribuições de água para a cultura sempre que for necessário.

Os principais tipos de alface cultivados no Brasil são crespa, americana, lisa, mimosa, romana, roxa/vermelha e crocante. Este trabalho foi conduzido utilizando dois tipos, crespa e americana, estas variedades entram na lista dos principais tipos de alface que são cultivados no Brasil.

A alface do tipo crespa é considerada como o padrão das variedades, apresenta dominância em relação a preferência de consumo no Brasil. As folhas desta variedade são do tipo flabeladas, bordos foliares ondulados, folhas tenras, flexíveis e coloração verde-claro (SALA; COSTA, 2016). A alface do tipo americana apresenta plantas com folhas grandes, largas, coloração verde-escura e formação de cabeça. As folhas de alface americana são crocantes devido a maior espessura do limbo foliar (SALA; COSTA, 2016).

Atualmente, observa-se que o cultivo da alface em ambiente protegido vem se tornando uma prática comum. É observado também as vantagens desta prática, como o aumento de produtividade, produções precoces, colheitas na entressafra, qualidade superior dos produtos, realiza a proteção contra o ataque de pragas e protege contra fenômenos climáticos que podem ser causadores de danos (MODOLO; COSTA, 2003)

O recurso hídrico é um dos fatores importantes para obtenção de produções significativas, ou seja, a disponibilidade de água vem acarretando preocupações em diversos setores econômicos, proporcionando a adoção e desenvolvimento de técnicas e equipamentos para otimizar o uso da água.

A água utilizada para a irrigação, se dispõe de pequenas quantidades de elementos nutritivos que são dissolvidos ao solo e se tornam acessíveis às plantas Espírito Santo et al. (2001). Devido a importância do uso da irrigação para o desenvolvimento e estabelecimento das plantas, é plausível a adoção de técnicas para otimizar o uso e aproveitamento da água.

O uso da irrigação com água magneticamente tratada vem sendo analisada ao longo dos anos, trazendo melhorias positivas na diminuição do uso da água juntamente com maior qualidade e maiores produções em algumas culturas (MAHESHWARI; GREWAL 2009), Surendran et al. (2016), (YUSUF; OGUNLELA, 2017).

Durante o cultivo da alface, a adoção da irrigação é uma técnica importante, e a utilização do eletromagnetizador para realizar o tratamento da água pode gerar benefícios econômicos devido ser uma cultura exigente em demanda hídrica Geisenhoff et al. (2016), Baudoin et al. (2017).

De acordo com a empresa fabricante do equipamento, em relação ao solo, água e a planta, a água transita com maior facilidade pelos capilares dos solos, proporciona um aumento no volume de radículas que são responsáveis pela absorção das plantas e provoca a redução da lâmina de água aplicada, deixando mais água disponível para as plantas. Através desta tecnologia para realizar o tratamento da água disponibilizado pela empresa Aqua-4D, é possível resolver problemas de entupimentos dos gotejadores que são provocados por materiais orgânicos e associações de ferro e/ou manganês. Segundo (NAKAYAMA; BUCKS, 1986) o uso da água para irrigação que apresentam concentrações de ferro e manganês maiores que $1,5 \text{ mg L}^{-1}$, pode acarretar obstruções em gotejadores.

O sistema de irrigação que apresenta maior eficiência de aplicação é o sistema via gotejamento. A empresa Netafim especializada em sistemas e equipamentos para irrigação desenvolveu o NetBowTM, acompanhado por 8 gotejadores e é conhecido como o inovador arco de irrigação para vasos. Este dispositivo apresenta elevada uniformidade de distribuição da água, resistência elevada à entupimentos pois os gotejadores presentes no arco foram testados e avaliados pela empresa Netafim, chamados de TyphoonTM.

O manejo da irrigação dentro de ambientes protegidos deve ser adotado por meio de sensores ou tanques evaporativos. Para este trabalho, a tomada de decisão da irrigação foi realizada por meio do tanque evaporativo Classe A, realizando leituras diárias da evaporação da água no tanque e convertendo esta evaporação para a evapotranspiração de referência diária (ET_o). Para estimar a ET_o, é necessário calcular o fator de correção do tanque conhecido como K_p e em seguida multiplicar o valor encontrado com a evaporação diária do tanque.

De acordo com (DOORENBOS; PRUITT, 1976), o K_p é calculado em função do tamanho da bordadura, velocidade do vento e da umidade relativa do ar diária.

Mesmo que o manejo da irrigação para a tomada de decisão for através de instrumentos que auxiliam a descobrir a evapotranspiração diária, é de grande importância realizar o monitoramento da umidade do solo da área produtiva. Segundo (SOUZA; MATSURA, 2002), o estudo do teor de água no solo (umidade), promove o entendimento das ligações das propriedades do sistema solo-planta-atmosfera.

O método indireto para estimar a umidade do solo evita mão de obra pesada em comparação com o método gravitacional. O método indireto trabalha com sensores de reflectometria no domínio do tempo (TDR), composto por sondas multisensores onde são realizadas medições de outras propriedades, relacionado ao conteúdo de água de um certo espaço de tempo.

Com isso, este trabalho teve por hipótese de que os tipos de alfaves irrigadas com a água tratada eletromagneticamente podem ter melhor disponibilidade de umidade no solo e consequentemente ter impactos positivos no desenvolvimento da cultura.

3. OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de dois cultivares de alface submetidos a irrigação com água eletromagnetizada.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) avaliar as características físicas e químicas da água de irrigação.
- b) avaliar o comportamento da umidade do solo cultivado com alface irrigada utilizando água natural e água submetida ao tratamento eletromagnético.
- c) avaliar a eficiência do uso da água de cultivares de alface irrigadas

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é originária da região do mediterrâneo, pertencente à família Asteraceae e apresenta elevada importância econômica e social no Brasil (SALA; COSTA, 2012).

A movimentação da cultura da alface no varejo apresenta um montante médio de 8 bilhões de reais produzindo mais de 1,5 milhão de toneladas por ano, segundo dados da ABCSEM et al. (2013). Para obter uma produção com sucesso, deve ser realizado a escolha de mudas de boa qualidade, quando se obtém mudas mal-formadas as plantas originam produção abaixo de seu potencial genético Trani et al. (2004)

O tipo de alface predominante no Brasil é do grupo crespa, alcançando 70% do mercado, já o grupo do tipo americana detêm 15%, respectivamente, outros grupos correspondem a 5% do mercado (SALA; COSTA, 2005).

Segundo Barbosa et al. (2016), o cultivo da alface apresenta ciclo curto e produtividade elevada, com isso, o retorno financeiro é considerado significativo e o produto chega na mesa do consumidor com o preço acessível, auxiliando na dieta fornecendo vitaminas, sais minerais e fibras.

O cultivo da alface no Brasil é tradicionalmente realizado por agricultores familiares, gerando grande importância econômica e social, sendo também um grande fator de fixação do homem ao campo Villas Bôas et al. (2004). Os estados que são responsáveis pela grande parte da produção da alface são eles São Paulo e Minas Gerais Yuri et al. (2004).

Estas regiões apresentam tipos de produções diferentes que os americanos e europeus adotam, devido ao modelo brasileiro basear-se em “cinturões verdes” próximo aos centros consumidores da cultura (SALA; COSTA, 2012).

4.2. Importância da irrigação da cultura da alface

A água é considerada como o recurso natural mais significativo para a vida, além de ser a substância mais abundante do planeta, a água se encontra distribuída de diferentes formas, quantidades e lugares Donadio et al. (2005).

Quando se refere a produção de hortaliças, considera-se que a irrigação localizada está frequentemente associada a produção, devido ao melhor aproveitamento do uso da água e redução de doenças Silva et al. (2015). A irrigação localizada também apresenta vantagens devido sua operação ser realizada em condições de baixas pressões de serviço, sendo assim, o projeto requer um conjunto moto bomba menor gerando economia de energia elétrica Curtis et al. (1996).

Para o cultivo da alface, deve se atentar à sua sensibilidade a diferentes condições climáticas, senso assim, o cultivo apresenta algumas limitações Gomes et al. (2005).

A característica comum dos diferentes tipos de alface é o fato de expressar grande área de transpiração, com isso, há necessidade durante o cultivo de utilizar da tecnologia da irrigação, para que o ciclo da cultura não seja comprometido Azevedo et al. (2000).

Segundo (SILVA; SILVA, 2005), para que a aplicação de água seja homogênea, ou seja, eficiente, os sistemas devem apresentar alta uniformidade de aplicação da água sendo assim, as condições do sistema devem ser avaliadas.

4.3. Importância do uso da água eletromagnetizada

A procura por configurações que visam otimizar o uso da água quando se trata de produção agrícola, vem contribuindo para o desenvolvimento de pesquisas, e testes utilizando inovações que contribuem para aumentar a eficiência, tanto na irrigação quanto na produção de alimentos Putti et al. (2013).

Segundo Sales et al. (2010), o eletromagnetismo equivale a uma tecnologia a qual se utiliza da energia fornecida e gerada pelo magnetismo, quando aplicada na água ocorre a modificação da estrutura físico-química da água, aumentando a eficiência durante o uso.

A distribuição desigual de densidade de elétrons da água é causada devido a sua natureza polar, sendo assim, quando é movida por um campo magnético ocorre a ordenação das moléculas, desenvolvendo cluster reduzidos de moléculas de água, fazendo com que esses aglomerados sejam facilmente absorvidos pelas células Kronenberg et al. (1993).

A utilização de campo magnético, apresenta eficiência no controle de incrustações nas tubulações e obstrução de emissores, onde se associa com a cristalização do carbonato de cálcio e outras espécies químicas Fernandes et al. (2017).

4.4. Manejo da irrigação na cultura da alface em ambiente protegido

O manejo da irrigação permite o uso racional da água, podendo gerar consequências no aumento da produtividade, maior qualidade dos produtos finais e redução de gastos. Segundo Bandeira et al. (2011), manejar a irrigação em ambientes protegidos, pode ser baseado em fatores do solo, clima e planta.

Para a determinação do volume de água necessária, é considerado como um parâmetro importante no uso sustentável dos recursos hídricos segundo Esteves et al. (2016)

Ao utilizar o método que se baseia na estimativa da evapotranspiração, a cultura expressa a sua necessidade hídrica através da taxa de evapotranspiração (ET) em mm/dia. Segundo (DOORENBOS; KASSAN, 2000), a ET se refere a demanda evaporativa do ambiente, sendo expressa pela evapotranspiração de referência (ET_o).

Os tanques de evaporação como o tanque classe A, é estudado com o objetivo de determinar indiretamente a demanda evaporativa do ambiente, Buriol et al. (2001), Vásquez et al. (2005), Koetz et al. (2006).

Segundo Hernandez et al. (1999), o tanque trata-se de um evaporímetro circular, apresentando 1,21 metros de diâmetro, altura de 25 centímetros e é revolvido por uma chapa de aço galvanizado. A instalação deve ser realizada em cima de um estrado de madeira, nivelado ao solo. Após o nivelamento, o tanque é preenchido com água até um limite de 5 centímetros antes de alcançar a borda. Para a operação do tanque, é necessário a utilização do poço tranquilizador e uma ponta de medida do tipo gancho com precisão de 0,02 mm. A leitura do nível da água é realizada diariamente.

Para encontrar a evapotranspiração de referência, deve ser realizado o cálculo multiplicando a evaporação de água do tanque por um coeficiente de correção (coeficiente do tanque) denominado como KP, de acordo com (DOORENBOS; KASSAN, 2000).

Segundo Bandeira et al. (2011), para determinar o coeficiente do tanque (KP), deve ser levando em consideração os dados climáticos presentes no interior do ambiente protegido, como a umidade relativa do ar e velocidade do vento, em seguida, os valores obtidos deste dois parâmetros citados, devem ser usados na equação de regressão de Snyder et al. (1992) cujo a

fórmula é $K_p = 0,482 + 0,024 \ln(B) - 0,000376 U + 0,0045 UR$, onde a letra B é considerada como a bordadura expressa em metros, U é a velocidade do vento e UR é a umidade relativa do ar.

Segundo (SOUZA; MATSURA, 2002), para a produção de alimentos, a água é de extrema importância. Além do estudo das condições climáticas do ambiente produtivo, o conhecimento da distribuição da água no solo (umidade do solo) se torna cada vez mais necessário para o monitoramento da irrigação.

Na década de 70, iniciou-se os estudos de técnicas para o monitoramento de água no solo, e uma das estratégias com ampla difusão é o uso de TDR conhecido como Reflectometria no Domínio do Tempo, Topp et al. (1980).

De acordo com Assis et al. (2008), a técnica de Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) tem como função determinar a constante dielétrica da água no solo, fazendo medidas do tempo de propagação de uma onda eletromagnética, utilizando um cabo coaxial até a sonda (conjunto de hastes produzidas com aço inoxidável), onde é imerso ao substrato produtivo).

4.5. Qualidade da água utilizada para irrigação

De acordo com Moreno Caselles et al. (1996), as condições da água alcançam pontos preocupantes, não apenas em relação a quantidade de recursos hídricos disponíveis, e sim, também, quanto à qualidade.

De acordo com Almeida et al. (2010), a qualidade da água se determina em função de três critérios, salinidade em sentido restrito, sodicidade e toxicidade. O critério de salinidade julga o risco de obter altas concentrações de sais em função do uso da água, diminuindo o rendimento dos cultivos. O critério de sodicidade avalia o risco da indução elevada da percentagem de sódio trocável (PST), deteriorando a estrutura do solo. Para o critério de toxicidade, é analisado os problemas que podem criar determinados íons acumulados nos tecidos das plantas.

A salinidade acarreta em problemas externos à planta dificultando a absorção de água, porém, a toxicidade acarreta em problemas internos, quando determinados íons são absorvidos pelas raízes se acumulando nas folhas pode alcançar concentrações nocivas. Deve-se atentar que mesmo em concentrações baixas os íons cloro, sódio e boro encontrados na água de irrigação podem causar efeitos tóxicos para os vegetais. Em relação aos sistemas de irrigação, principalmente sistemas de irrigação por gotejamento, é de grande importância considerar o risco de entupimento dos gotejadores e tubulações.

Á água de irrigação é composta também por microelementos, em pequenas quantidades, são essenciais para as plantas como o ferro, manganês, molibdênio, cobre e zinco. Ainda assim, em quantidades excessivas, acarreta na redução do crescimento das plantas e provocam acumulações indesejáveis nos tecidos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no início do ano de 2022, o cultivo iniciou-se no fim de fevereiro e o término no início de abril. O cultivo foi realizado na casa de vegetação (estufa) localizado na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, município de Monte Carmelo-MG com as seguintes coordenadas geográficas – 18°43'31" S, 47°31'21" W, com altitude de 908 m.

As cultivares escolhidas para o experimento foram a cultivar Camila representando o grupo da alface crespa e a cultivar Diva representando o grupo da alface americana. Ambas as cultivares são tropicalizadas com o objetivo de tolerarem altas temperaturas. Segundo o fabricante, a cultivar Camila apresenta resistência ao pendoamento precoce e possui ciclo médio de 70 dias. A cultivar Diva apresenta tolerância a altas temperaturas e ciclo médio de 80 dias.

A estufa apresenta 21 metros de comprimento, 7 metros de largura e 5,5 metros de altura, está instalada com sua porta de entrada para orientação cardinal Sul. A estufa é composta por 32 vasos, cada vaso apresenta volume de 16956 cm³ ou 16,95 dm⁻³. Os vasos estão distribuídos em 4 linhas compondo oito vasos por linha. A estufa é constituída também pelo sistema de irrigação superficial NetBow conhecido como arco gotejador, aplicando 8 litros de água por hora, trabalhando com uma pressão de 22 mca (pressão exercida através da gravidade da caixa d'água instalada no campus), este é um sistema de irrigação desenvolvido pela netafim e testado neste projeto. Este sistema foi acionado pelo controlador Hunter Pro-C e duas válvulas elétricas individuais, ou seja, setor 1 e setor 2. O setor 1 além de ser usado para distribuição de água, é utilizado também para fornecer água eletromagnetizada, uma forma de tratamento da água. O setor 2 foi utilizado apenas para distribuição de água sem tratamento.

O solo que compõe os vasos é classificado como um Latossolo-vermelho, apresentando maior retenção hídrica. Este solo foi coletado no campus da UFU Monte Carmelo. A amostra de solo foi coletada na profundidade de 0-20 cm de cada vaso e encaminhado para o laboratório uma amostra composta. De acordo com o livro recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes

em Minas Gerais (5ª aproximação), para que o solo seja corrigido é necessário seguir alguns parâmetros como, os valores máximos de saturação por Al^{3+} tolerado pela cultura ($\text{mt \%} = 5$), relação Ca e Mg ($\text{X cmol}_c/\text{dm}^3 = 3,0$) e valores de saturação por base ($\text{Ve \%} = 70$). Conforme o laudo encaminhado do laboratório referente a amostra coletada, foi realizado a interpretação dos dados e observado que o solo apresenta alta fertilidade, os parâmetros exigidos para correção de solo estavam dentro do limite que a cultura exige, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Resultados da análise química do solo, apontando o índice de fertilidade para a cultura da alface.

Atributos	Unidade	Resultados	Índice de Fertilidade
pH H₂O	-	6,700	Alto
pH CaCl₂	-	6,100	-
P disponível (Mehlich 1)	mg dm ⁻³	36,300	Muito Bom
K⁺	mg dm ⁻³	740,000	Muito Bom
Al³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,000	Muito Baixo
H⁺ + Al³⁺	cmol _c dm ⁻³	2,400	Baixo
Ca²⁺	cmol _c dm ⁻³	5,020	Muito Bom
Mg²⁺	cmol _c dm ⁻³	3,150	Muito Bom
K⁺	cmol _c dm ⁻³	1,893	-
MO	dag kg	5,200	Bom
S-SO₄²⁻	mg dm ⁻³	14,000	Bom
Na⁺	mg dm ⁻³	-	-
B	mg dm ⁻³	1,850	Alto
Fe²⁺	mg dm ⁻³	32,000	bom
Cu²⁺	mg dm ⁻³	5,200	Alto
Mn²⁺	mg dm ⁻³	13,100	Alto
Zn²⁺	mg dm ⁻³	7,000	Alto
pH SMP	-	-	-
T	cmol _c dm ⁻³	12,463	Bom
SB	cmol _c dm ⁻³	10,063	Muito Bom
t	cmol _c dm ⁻³	10,063	Muito Bom
m	%	0,000	Muito Baixo
V	%	81	-
%K⁺	%	15	-
%Ca²⁺	%	40	-
%Mg²⁺	%	25	-

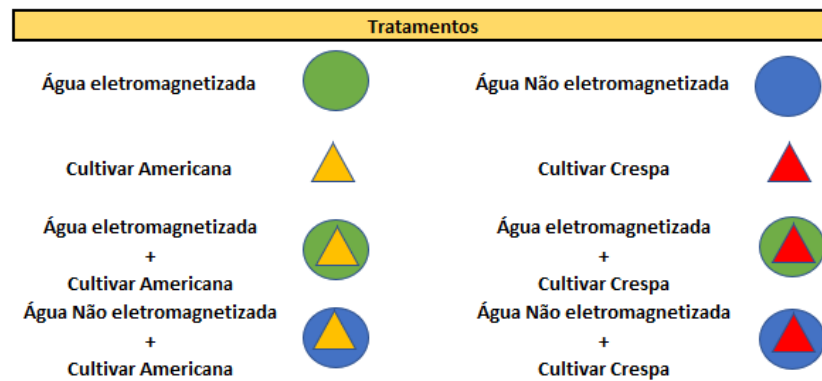


Figura 1: Croqui da área experimental

Após a elaboração do croqui, foi realizado os cálculos para determinar a quantidade de adubo comercial para atender à exigência da cultura, para isso foi utilizado o livro 5ª aproximação, onde a exigência de nutrientes por hectare foi de 150-100-00, ou seja, 100 Kg de P_2O_5 por hectare e 150 Kg de N por hectare. A quantidade de nitrogênio foi dividida em 4 aplicações, sendo que na adubação para plantio foi utilizado apenas 20 Kg/ha de N, o restante foi dividido para adubação de cobertura, totalizando em 130 Kg/ha dividido por 3. A fonte de adubo disponível para o plantio foi o MAP (60% P e 12% N). Para determinar a quantidade de adubo por vaso ou por planta, foi utilizado o espaçamento de 40 x 30 cm, espaçamento utilizado em cultivos convencionais. Através destas informações, os cálculos foram realizados de acordo com os 4 passos abaixo.

Passo 1: Determinar a quantidade de MAP por hectare de acordo com a exigência da cultura

$$MAP \left(\frac{Kg}{ha} \right) = \frac{100 \text{ kg do insumo} * \text{Exigência pela cultura Kg}}{60 \text{ kg de } P_2O_5 \text{ compõe o MAP}}$$

$$MAP \left(\frac{Kg}{ha} \right) = 166,7$$

Passo 2: Determinar a quantidade de N presente em 166,7 Kg de MAP

$$N\left(\frac{Kg}{ha}\right) = \frac{MAP \frac{kg}{ha} * 12 \text{ kg de N composto no insumo}}{100 \text{ kg do insumo}}$$

$$N\left(\frac{Kg}{ha}\right) = 20$$

Passo 3: Determinar a quantidade de plantas dentro de um hectare de acordo com o espaçamento de 40 cm entre linha e 30 cm entre plantas.

$$N^{\circ} \text{ plantas/ha} = \frac{\frac{10000}{0,40}}{0,30}$$

$$N^{\circ} \text{ plantas/ha} = 83.333,33$$

Passo 4: determinar a quantidade de MAP em unidade gramas para cada vaso ou cada planta.

$$MAP\left(\frac{g}{vaso}\right) = \frac{MAP \frac{kg}{ha}}{N^{\circ} \text{ plantas por hectare}} \times 1000$$

$$MAP\left(\frac{g}{vaso}\right) = 2,00$$

Com isso, a quantidade de adubo fosfatado supri a exigência da cultura com duas gramas por vaso. Além do insumo ser acompanhado por fósforo, o nitrogênio também faz parte da composição, com 12% em 100 Kg do produto.

Para a adubação de cobertura, de acordo com o livro 5ª aproximação, a cultura é exigente em fontes de nitrogênio e potássio. A quantidade do potássio é determinada de acordo com a análise de solo. Neste caso, a exigência foi de apenas 60 kg ha⁻¹ de potássio, pois o solo apresentou um teor elevado de potássio e para nitrogênio a exigência foi reduzida para 130 kg ha⁻¹, devido já estar sendo utilizado 20 Kg na adubação para o plantio. As fontes de adubos disponíveis para cobertura foram cloreto de potássio-Kcl (60% de K₂O) solúvel em água e uréia (45% de N). Os cálculos foram realizados para determinar a quantidade de adubo em gramas por vaso. Com isso, os cálculos foram realizados de acordo com os três passos abaixo.

Passo 1: Determinar a quantidade de KCl e N serão utilizados de acordo com a exigência da cultura

$$Kcl\left(\frac{kg}{ha}\right) = \frac{100kg \text{ do insumo} * \text{Exigência da cultura} \frac{kg}{ha}}{60 \text{ kg de K}_2\text{O compõe o Kcl}}$$

$$Kcl \left(\frac{kg}{ha} \right) = 100$$

$$Uréi \left(\frac{kg}{ha} \right) = \frac{100 \text{ kg do insumo} * \text{exigência da cultura} \frac{kg}{ha}}{45 \text{ kg de N compõe a uréi a}}$$

$$Uréi \left(\frac{kg}{ha} \right) = 288,9$$

Passo 2: Determinar a quantidade de Kcl e Uréia em gramas por vaso

$$Kcl \left(\frac{g}{vaso} \right) = \frac{Kcl \frac{kg}{ha}}{N^{\circ} \text{ plantas por hectare}} \times 1000$$

$$Kcl \left(\frac{g}{vaso} \right) = 1,2$$

$$Uréi \left(\frac{g}{vaso} \right) = \frac{Uréi \frac{kg}{ha}}{N^{\circ} \text{ plantas por hectare}} \times 1000$$

$$Uréi \left(\frac{g}{vaso} \right) = 3,5$$

Passo 3: Determinar a quantidade de Kcl e Uréia para cada aplicação em gramas por vaso

$$Kcl \left(\frac{g}{vaso} \right) = \frac{Kcl \frac{g}{vaso}}{3 \text{ aplicações}}$$

$$Kcl \left(\frac{g}{vaso} \right) = \frac{0,4}{\text{aplicação}}$$

$$Uréi \left(\frac{g}{vaso} \right) = \frac{Uréi \frac{g}{vaso}}{3 \text{ aplicações}}$$

$$Uréi \left(\frac{g}{vaso} \right) = \frac{1,16}{\text{aplicação}}$$

Após determinar a quantidade de adubo necessário para suprir as exigências da cultura, foi realizado a adubação para o transplante das mudas, na dosagem de dois gramas por vaso.

Após a adubação, a irrigação foi acionada com objetivo de umedecer totalmente os vasos para transplantar as mudas imediatamente após a irrigação. Para cada muda retirada da bandeja, foi realizado a medição do comprimento de cada planta, o grupo da alface crespa obteve comprimento médio de 6,63 cm e o grupo da alface americana foi de 9,54 cm. A diferença de comprimento das plantas entre os grupos de alface citado, foi de 2,91 cm. O plantio das mudas ocorreu no período da tarde do dia 25/02/2022, evitando o índice de alta temperatura dentro da estufa.

Após o transplante, as irrigações foram acionadas duas vezes por dia, sem realizar práticas de manejo, para tomada de decisão de quanto e quando irrigar. Com isso, o tempo de irrigação nesses dias foi de 6 minutos por dia, aplicando 3 minutos na parte da manhã e 3 minutos na parte da tarde. O monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar foi realizado diariamente. Foi utilizado o sensor termo-higrômetro modelo HT-4010, conforme a imagem 2. Para a coleta dos dados, foi utilizado o software HT serviço de comunicação. Os dados coletados do software, foram filtrados para uma planilha de Excel, onde foi possível filtrar os valores máximos, mínimos e médios referente a temperatura e umidade relativa do ar conforme as figuras 2 e 3.

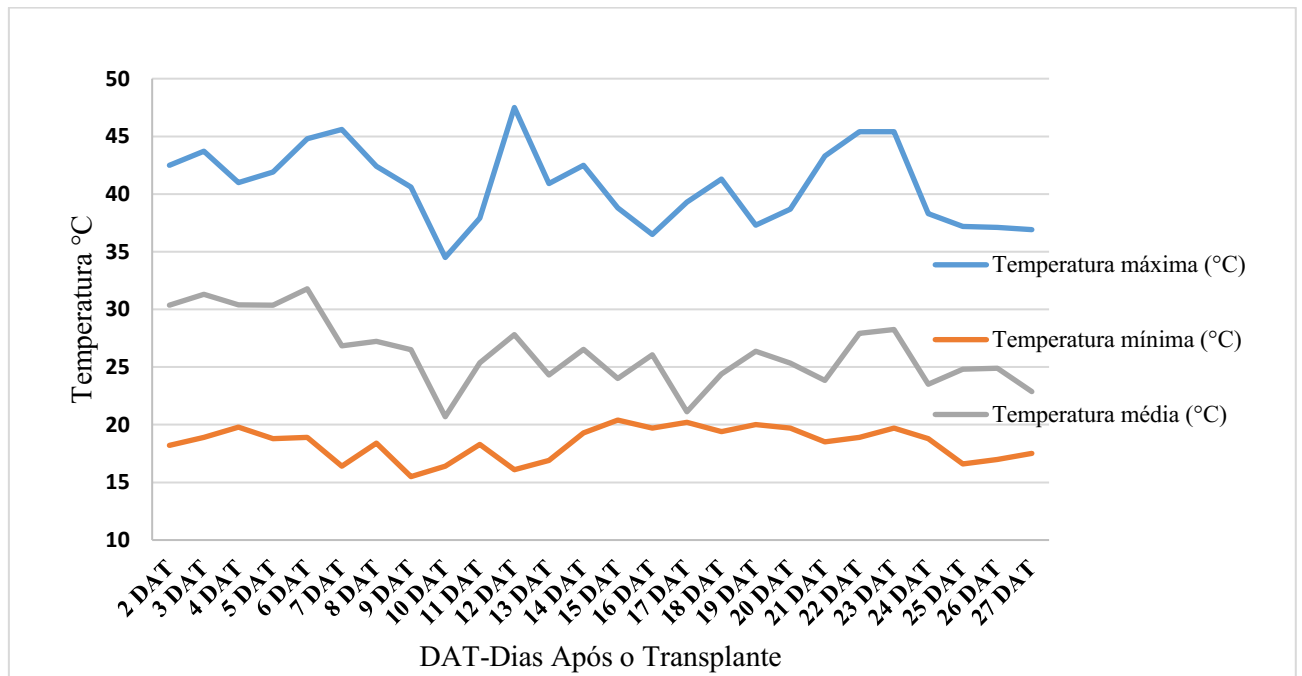


Figura 2, Monitoramento diário da temperatura máxima, média e mínima no interior da estufa localizada no campus da UFU em Monte Carmelo-MG

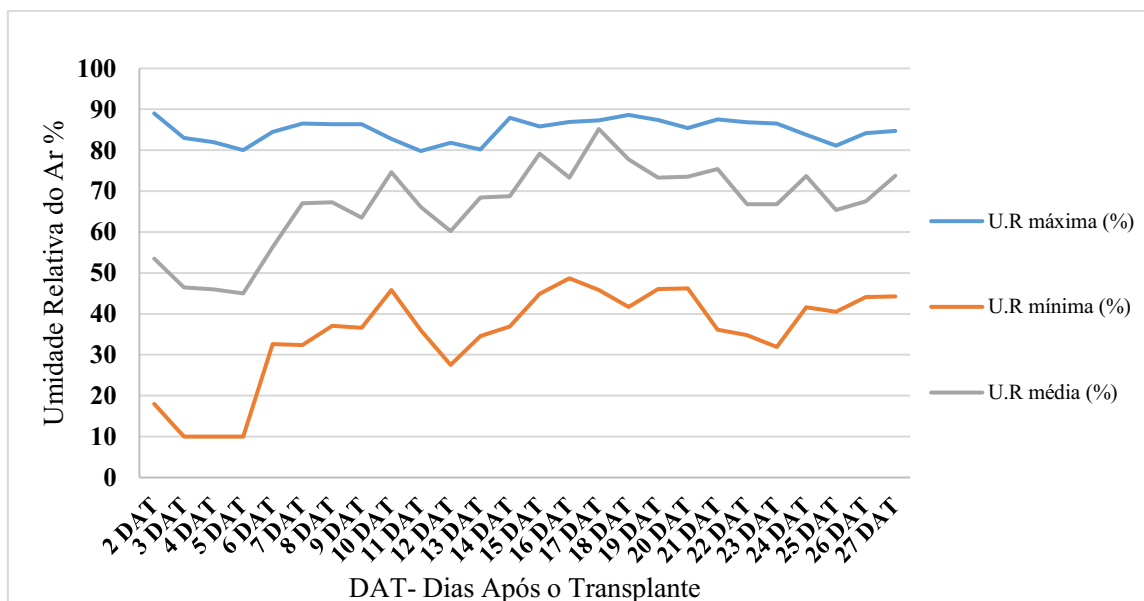


Figura 3, Monitoramento diário da umidade relativa do ar máxima, mínima e média no interior da estufa localizada no campus da UFU em Monte Carmelo-MG

Após 10 dias do transplante das mudas, foi iniciado a primeira avaliação do índice SPAD das plantas e também foi realizado a primeira adubação de estabelecimento, utilizando adubos nitrogenados e potássio. Para a avaliação do índice SPAD foi utilizado o equipamento SPAD – 502 Plus, conforme a imagem 3, esta prática foi realizada antes da aplicação dos fertilizantes e foi adotado a escolha de três folhas por planta com o objetivo de retirar a média do índice SPAD por planta. Para a primeira adubação de estabelecimento, conforme foi apresentado no passo a passo, foi utilizado 1,16 g/vaso de Uréia e 0,4 g/vaso de KCl solúvel em água. Para a aplicação, foi utilizado 37,12 g de uréia e 12,8 g de KCl diluídos em 1,6 litros de água e aplicado 50 ml por vaso.

Após 13 dias do transplante das mudas, foi instalado o tanque classe A, com o objetivo de tomar a decisão em relação a quantidade de água que deve ser aplicada. Para a instalação, o solo foi nivelado dentro da estufa para que o tanque e a água ficassem no mesmo nível. Para a base do tanque, foi utilizado um palete reforçado. Para realizar a leitura do nível da água, foi utilizado o poço tranquilizador. Este poço tranquilizador, apresenta um parafuso micrométrico em formato de gancho com capacidade de medir variações de 0,01mm conforme as imagens 4, 5 e 6.

Após a instalação do tanque Classe A, foi desenvolvido uma planilha no Excel, com o intuito de estimar a evapotranspiração diária através das leituras da evaporação do tanque, as leituras foram realizadas diariamente no período da manhã, antes das 8 horas. Para a ocorrência deste procedimento, foi realizado a correção do valor diário do tanque através do coeficiente de tanque (K_p) através da equação abaixo:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(B) - 0,000376 \times (U) + 0,0045 \times (UR)$$

Em que:

B= bordadura (m),

U= velocidade do vento (km/d) e

UR= umidade relativa média diária (%).

Para o fator B da fórmula foi adotado 3,5m, devido a estufa apresentar 7 metros de largura e o tanque estar instalado no centro, para o fator U foi adotado 0,5 m/s, convertido apresenta um valor de 43,2 km/dia. Devido a velocidade do vento no interior da estufa ser muito baixa, o valor de 0,5m/s foi fixado. O Boletim FAO 96 sugere que, em geral, a velocidade do vento a 2 metros de altura deve ser mantida em 0,5m/s, quando utilizada na equação de ET0-evapotranspiração de referência. Esta afirmativa explica os efeitos da instabilidade da camada limite e flutuabilidade do ar que provoca a troca de vapor para a superfície quando o ar está estável. Efeito no qual ocorre quando a velocidade do vento é baixa e a flutuação de ar quente provoca a troca de ar na superfície Allen et al. (1998).

A partir desta correção, foi possível descobrir a evapotranspiração de referência diária através da equação abaixo:

$$ET0: Kp \times ECA$$

Em que:

Kp é o fator de correção do coeficiente de tanque

ECA é a evaporação do tanque classe A (mm/dia)

Após estimar a ET0, foi adotado coeficiente da cultura (Kc) para que a evapotranspiração da cultura (ETc) seja conhecida e consequentemente estimar a lâmina líquida. O Kc adotado para ambas as cultivares de alface foi de 0,70 após o transplante, 0,95 metade do ciclo e 0,90 para o final do ciclo.

Para a estimativa da ETc com o Kc conhecido, se utiliza a equação abaixo:

$$ETc = ET0 \times Kc$$

Em que:

ET0 significa evapotranspiração de referência

Kc significa coeficiente da cultura

Após a execução dos cálculos, tem-se a lâmina líquida (mm) para ser aplicada ser aplicada. Para obtenção da lâmina bruta, deve ser considerado a eficiência de aplicação do sistema. A eficiência de aplicação do sistema foi de 90%, através desta informação, foi realizado a divisão da lâmina líquida com 90%, estimando a lâmina bruta do dia (mm) conforme a tabela 2.

Tabela 2. Monitoramento da evaporação do tanque (ECA), umidade relativa (UR), coeficiente do tanque (Kp), evapotranspiração de referência (ET0), evapotranspiração da cultura (ETC), lâmina bruta (LB), volume aplicado (L) e o tempo de irrigação (horas, minutos e segundos).

DATA LEITURA	DAT	ECA (mm/dia)	U.R (%)	Kp	ET0 (mm/d)	Kc	ETC (mm/d)	LB (mm)	Volume aplicado (L)	Tempo de irrigação (minutos)	Tempo
26/02/2022	1	-	53,500	-	-	0,700	-	36,090	2,000	15,000	00:15:00
27/02/2022	2	-	46,500	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00

28/02/2022	3	-	46,000	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
01/03/2022	4	-	45,000	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
02/03/2022	5	-	56,355	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
03/03/2022	6	-	67,006	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
04/03/2022	7	-	67,292	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
05/03/2022	8	-	63,531	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
06/03/2022	9	-	74,600	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
07/03/2022	10	-	66,135	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
08/03/2022	11	-	60,248	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
09/03/2022	12	-	68,438	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
10/03/2022	13	-	68,773	-	-	0,700	-	14,450	0,801	6,006	00:06:00
11/03/2022	14	2,990	68,438	0,804	2,403	0,700	1,682	1,869	0,104	0,777	00:00:47
12/03/2022	15	3,990	68,773	0,805	3,213	0,717	2,303	2,559	0,142	1,063	00:01:04
13/03/2022	16	2,930	79,202	0,852	2,497	0,733	1,831	2,035	0,113	0,846	00:00:51
14/03/2022	17	3,850	73,260	0,825	3,178	0,750	2,384	2,648	0,147	1,101	00:01:06
15/03/2022	18	1,020	85,175	0,879	0,897	0,767	0,687	0,764	0,042	0,317	00:00:19
16/03/2022	19	2,060	77,781	0,846	1,742	0,783	1,365	1,517	0,084	0,630	00:00:38
17/03/2022	20	3,760	73,273	0,826	3,104	0,800	2,483	2,759	0,153	1,147	00:01:09
18/03/2022	21	2,090	73,513	0,827	1,728	0,817	1,411	1,568	0,087	0,652	00:00:39
19/03/2022	22	3,060	75,434	0,835	2,556	0,833	2,130	2,367	0,131	0,984	00:00:59
20/03/2022	23	4,540	66,788	0,796	3,616	0,850	3,073	3,415	0,189	1,419	00:01:25
21/03/2022	24	2,600	66,800	0,796	2,071	0,867	1,795	1,994	0,111	0,829	00:00:50
22/03/2022	25	4,870	73,711	0,828	4,030	0,883	3,560	3,955	0,219	1,644	00:01:39
23/03/2022	26	2,770	65,424	0,790	2,189	0,900	1,970	2,189	0,121	0,910	00:00:55
24/03/2022	27	4,160	67,471	0,799	3,326	0,917	3,049	3,387	0,188	1,408	00:01:24
25/03/2022	28	2,940	73,756	0,828	2,434	0,933	2,271	2,524	0,140	1,049	00:01:03
TOTAL	28	47,630	-	-	38,983	-	31,994	245,039	13,579	101,846	01:41:51

Após 14 dias do transplante das mudas, foi instalado o sensor de umidade de solo, Delta T SM 150T, juntamente com o datalogger PC-200 Campbell, conforme as imagens 7 e 8. Este sensor possibilita a entrega de dados para o datalogger em milivolt (mV), assim é necessário realizar a conversão da unidade mV para V e após passar para V, é realizado a calibragem para cm³/cm³ ou %. Para realizar a conversão, foi utilizado a fórmula recomenda pelo manual do sensor (Delta-T Devices LTDA, 2022):

$$\theta_{\text{mineral}} = -0,0714 + 1,7190 * (\text{mV}/1000) - 3,7213 * ((\text{mV}^2)/1000) + 5,8402 * ((\text{mV}^3)/1000) - 4,3521 * ((\text{mV}^4)/1000) + 1,2752 * ((\text{mV}^5)/1000)$$

Em que:

mV – milivolts

Teta mineral - umidade

Foi instalado 4 sensores Delta T em 4 vasos, um para cada tratamento. Durante a instalação, foi adotado uma profundidade de 10 centímetros e os sensores foram instalados no sentido horizontal, conforme a imagem 9. A coleta de dados foi realizada diariamente, a partir da lâmina aplicada. Para o monitoramento dos dados, foi utilizado uma planilha de Excel e construído uma tabela e um gráfico com as informações disponibilizadas pelo sensor de solo.

Após 17 dias do transplante das mudas, foi realizado a segunda avaliação do índice SPAD e também foi realizado a segunda parcela de adubação de estabelecimento para a cultura, e em ambos os tratamentos. A metodologia utilizada para o avaliar o índice SPAD e a quantidade de adubo utilizado para adubação de estabelecimento, foram iguais em relação a primeira avaliação e a primeira adubação.

Após 24 dias do transplante das mudas, foi realizado a terceira avaliação do índice SPAD e também foi realizado a terceira e última parcela de adubação de estabelecimento para a cultura, e em ambos os tratamentos. A metodologia utilizada para o avaliar o índice SPAD e a quantidade de adubo utilizado para adubação de estabelecimento, foram iguais em relação a primeira avaliação e a primeira adubação.

Após 28 dias do transplante das mudas, foi realizado a colheita de todas as plantas de alface. Antes de iniciar a retirada das plantas dos vasos, foi realizado a última avaliação do índice SPAD e também foram retiradas as fotografias de planta por planta. Após as fotografias, as plantas foram retiradas dos vasos uma por vez, para que as avaliações ocorressem com bastante atenção.

Os parâmetros avaliados pós-colheita foram, peso total das plantas, diâmetro de cabeça, massa fresca parte aérea, massa seca parte aérea, massa fresca raiz, massa seca raiz, volume de raiz, diâmetro de caule, altura de caule e número de folhas.

Para as avaliações da massa fresca, massa seca e peso das plantas, foi utilizado a balança SF-400, conforme a imagem 10. Para as avaliações do diâmetro de caule e altura, foi utilizado o equipamento chamado paquímetro, conforme a imagem 11. Para a avaliação do diâmetro da cabeça, foi utilizado uma fita métrica conforme a imagem 12. Para a avaliação do volume de raiz, foi utilizado uma proveta com a capacidade de 500ml, foi preenchida com 200ml de álcool 70% e adicionado as raízes após completar a proveta com álcool, assim foi retirado a diferença do volume inicial com o volume final. As plantas após as avaliações ditas acima, foram submetidas ao secamento, com a finalidade de retirar toda a água das partes avaliadas, para realizar esta prática, as folhas, caule e raiz foram colocadas dentro de um saco de papel pardo e identificados conforme a imagem 13, logo após, todas as partes das plantas foram colocadas para secar dentro da estufa de secagem e esterilização SL – 100 conforme a imagem 14. A temperatura foi regulada à 60°C, as plantas foram secadas por 72 horas. Após os três dias de secagem, foi avaliado a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz.

Os dados obtidos foram lançados em uma planilha de Excel, com o objetivo de melhorar o visual dos dados e criar gráficos comparativos de ambos os tratamentos, contando com todos os parâmetros avaliados.

Em um primeiro momento, sumariamente o conjunto de dados foi analisado quanto as pressuposições da análise de variância. Foi utilizado o software R e realizado a análise de variância direta. A aderência dos resíduos à distribuição normal e a homogeneidade das variâncias foram validadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente.

O conteúdo relativo de água (CRA) foi estimado com base na seguinte equação:

$$CRA(\%) = 100 - \left(\left(\frac{MS}{MF} \right) * 100 \right), \text{ onde:}$$

$$CRA1(\%) = \left(\frac{MF - MS}{MF} \right) * 100, \text{ onde:}$$

MS: Massa seca da planta (g);

MF: Massa fresca da planta (g);

Após realizar as avaliações dos parâmetros agrônômicos, foi realizado a coleta de água de ambos os tratamentos, com o objetivo de avaliar os parâmetros exigidos para utilizar a água de irrigação e comparar os níveis do tratamento da água eletromagnetizada e o tratamento da água convencional. Para isso, as amostras coletadas foram enviadas ao Labras, laboratório de análises ambientais e agrícolas. Os laudos enviados pelo laboratório indicam os resultados da análise, conforme a tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros avaliados da qualidade da água de irrigação de ambos os tratamentos. Laboratório Brasileiro de Análises Ambientais e Agrícolas – LABRAS. Monte Carmelo, Minas Gerais, Brasil.

Parâmetro	Água Eletromagnetizada	Água Controle	Unid	Qualidade da água de irrigação ¹
Sólidos Suspensos	5,000	3,000	¹ mg L ⁻¹	
pH	6,400	6,300	log[H ₃ O ⁺]	6-8,5
Alumínio	0,315	0,305	¹ mg L ⁻¹	≤ 5,0
Bário	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	-
Cálcio	5,859	5,888	¹ mg L ⁻¹	≤ 20,0
Cádmio	< 0,010	< 0,010	¹ mg L ⁻¹	-
Cromo	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	-
Cobre	<0,005	< 0,005	¹ mg L ⁻¹	≤ 0,2
Ferro	0,250	0,215	¹ mg L ⁻¹	≤ 5,0
Potássio	0,920	0,956	¹ mg L ⁻¹	≤ 2,0
Magnésio	1,595	1,561	¹ mg L ⁻¹	≤ 5,0
Manganês	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	≤ 0,2
Sódio	5,323	5,091	¹ mg L ⁻¹	≤ 40,0
Níquel	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	-

Chumbo	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	-
Zinco	0,161	0,126	¹ mg L ⁻¹	≤ 2,0
Boro	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	≤ 2,0
Molibdênio	< 0,100	< 0,100	¹ mg L ⁻¹	-
Cobalto	< 0,100	< 0,100	¹ mg L ⁻¹	-
Fósforo Total	< 0,030	< 0,030	¹ mg L ⁻¹	≤ 2,0
Enxofre	< 0,100	< 0,100	¹ mg L ⁻¹	-
Cloro Livre	0,270	< 0,20	¹ mg L ⁻¹	-

¹: Segundo EMBRAPA, 2010.

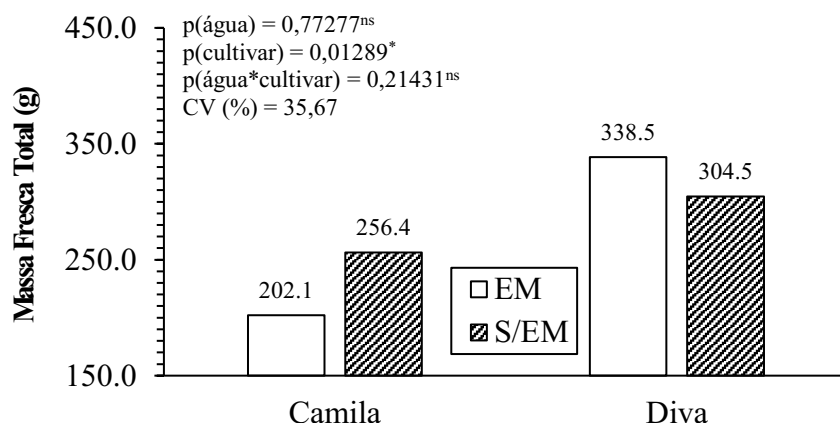
6. RESULTADO E DISCUSSÃO

6.1. Parâmetros Agronômicos

Todas as variáveis analisadas atenderam às pressuposições da análise de variância, não sendo necessário realizar transformações dos dados (dados não mostrados).

A eletromagnetização da água de irrigação não promoveu incremento significativo no acúmulo de massa fresca total, as médias das cultivares com o tratamento da água contra o controle foram de 202,1 g.planta⁻¹ utilizando a cultivar Camila com o tratamento da água, contra 256,4 g.planta⁻¹ utilizando a mesma cultivar sem o tratamento da água (controle), para a cultivar Diva as médias foram de 338,5 g.planta⁻¹ utilizando o tratamento da água contra 304,5 g.planta⁻¹ sem o uso da água tratada (controle). A cultivar Diva comparada com a cultivar Camila, apresentou maior acúmulo de massa fresca total (Figura 3).

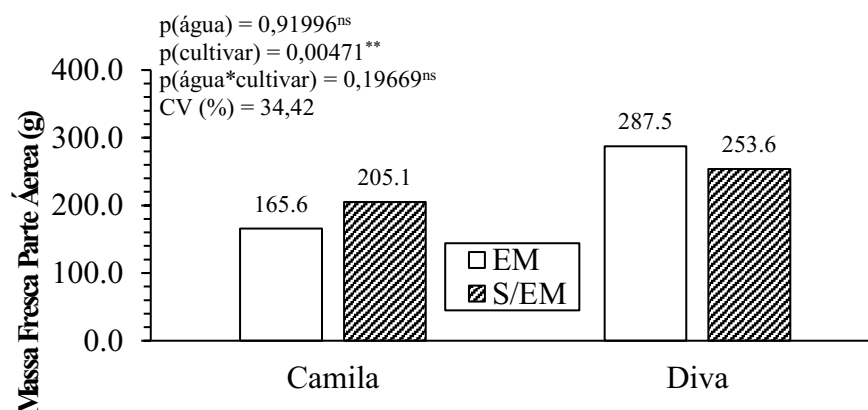
Figura 3. Acúmulo de massa fresca total, apontando as médias pelas cultivares e o tratamento eletromagnético da água.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, *=significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Para a massa fresca da parte área, ao se comparar as mesmas cultivares utilizando o tratamento da água de irrigação, observa-se que não houve diferença significativa. Neste parâmetro também foi observado que o controle apresentou maior valor médio de massa fresca da parte área para a cultivar Camila em relação ao tratamento da água. Quando se compara apenas a cultivares, observa-se diferença significativa nas médias da cultivar Diva em relação a cultivar Camila, conforme a figura 4.

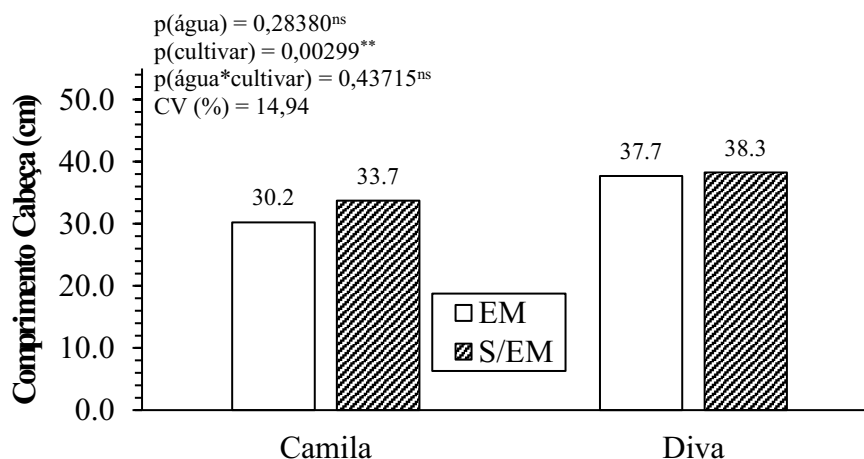
Figura 4. Massa fresca da parte área, apontando as médias pelas cultivares e o tratamento eletromagnético da água de irrigação.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, **=significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para o comprimento da cabeça das cultivares de alface submetidos ao tratamento de água, não houve diferença significativa. As médias de ambas as cultivares foram maiores para o controle em relação ao tratamento de água. Ao comparar a cultivar Diva com a cultivar Camila, observa-se diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, onde a cultivar Diva obteve médias maiores em relação a cultivar Camila conforme a figura 5.

Figura 5. Comprimento da cabeça das cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de e sem tratamento eletromagnético

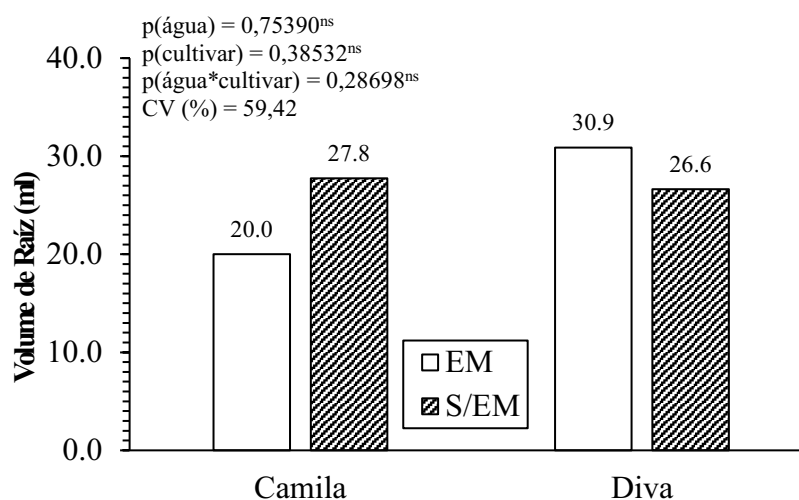


EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, **=significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A eletromagnetização da água de irrigação utilizada para suprir as cultivares, não apresentou incremento significativo para o volume de raiz coletado. Analisando as médias, pode ser observado que a água sem eletromagnetização obteve valores maiores. A comparação entre

as cultivares, observa-se que a cultivar Diva apresentou maior volume de raiz em relação a cultivar Camila, porém não houve diferença significativa conforme a figura 6.

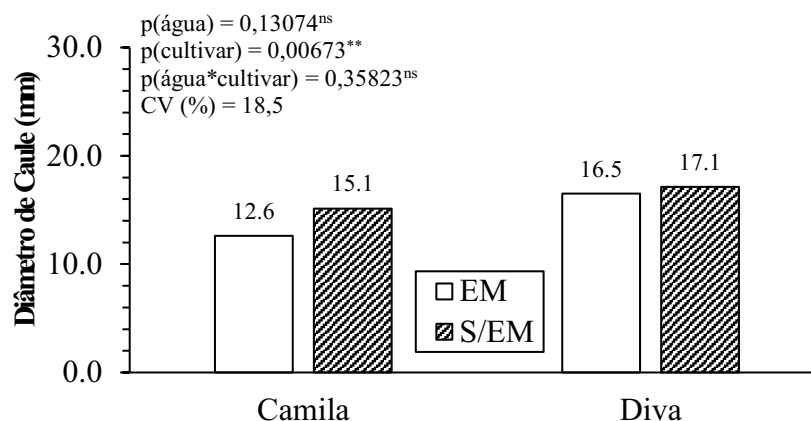
Figura 6. Volume de raiz das cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Analisando as médias obtidas do diâmetro de caule, observa-se que não houve diferença significativa, as cultivares submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação obtiveram valores inferiores em relação ao controle. Dentre as cultivares, houve diferença significativa, a cultivar Diva apresentou valores médios superiores contra os valores médios alcançados pela cultivar Camila conforme a figura 7.

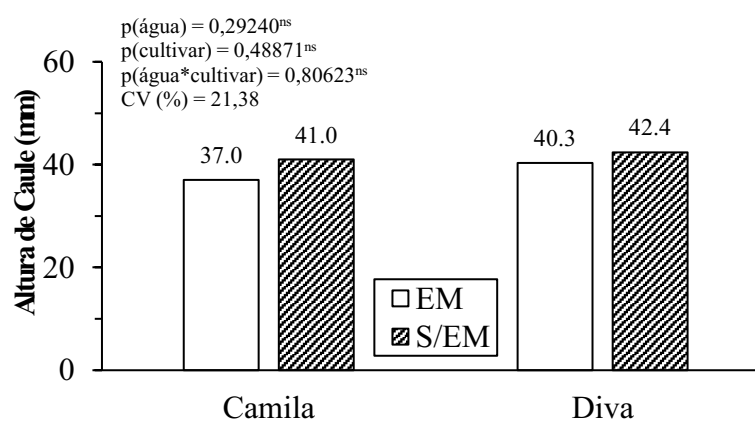
Figura 7. Diâmetro de caule das cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, **=significativo ao nível de 1% de probabilidade.

A altura de caule das cultivares submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação não apresentou diferença significativa, as médias obtidas apresentaram valores próximos, porém o controle apresentou valores médios maiores em relação ao tratamento da água. Comparando a cultivar Diva com a cultivar Camila, não houve diferença significativa conforme a figura 8.

Figura 8. Altura do caule de plantas de alface cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.

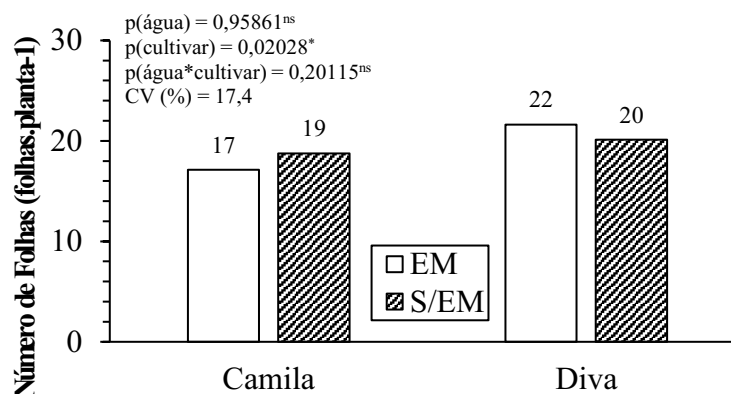


EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento eletromagnético da água de irrigação não houve diferença significativa para o incremento do número de folhas em ambas as cultivares. A cultivar Diva comparada com

a cultivar Camila, apresentou maior incremento para o número de folhas por planta conforme a figura 9.

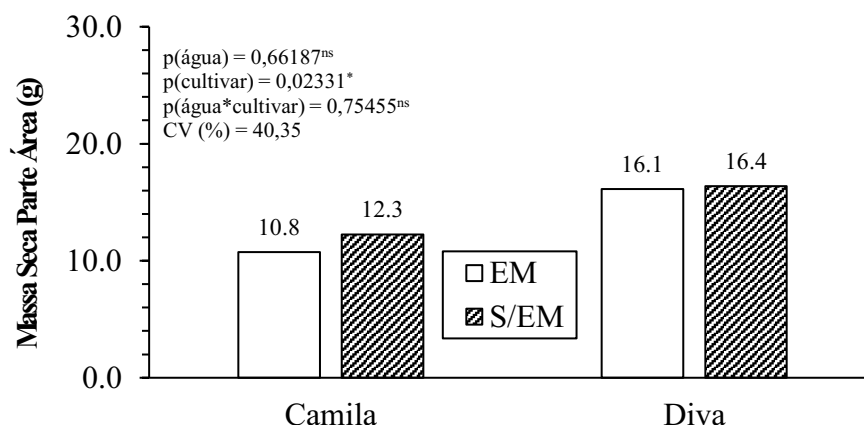
Figura 9. Número de folhas por planta das cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, *=significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O tratamento eletromagnético da água de irrigação não promoveu diferença significativa no acúmulo de massa seca da parte aérea das cultivares, as médias apresentadas apontaram maiores valores maiores para as cultivares sem o tratamento eletromagnético da água de irrigação. Em relação as cultivares, houve diferença significativa, pois a cultivar Diva apresentou incremento maior comparada com a cultivar Camila, conforme a figura 10.

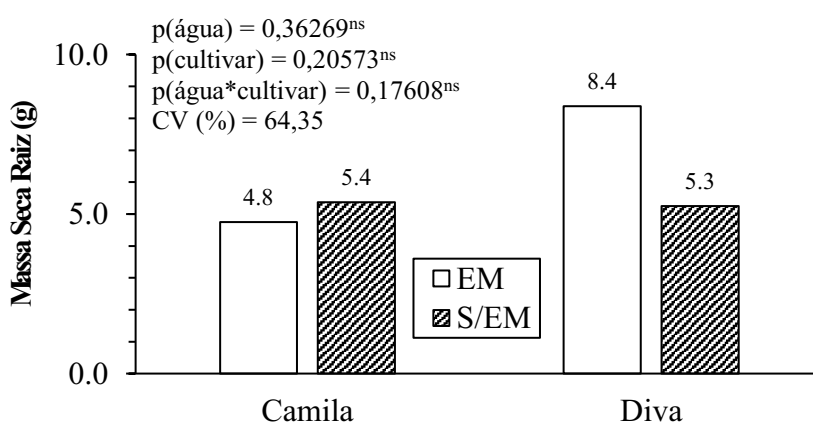
Figura 10. Massa seca da parte aérea das cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, *=significativo ao nível de 5% de probabilidade

Para a massa seca da raiz, o tratamento eletromagnético da água de irrigação não provocou diferença significativa em ambas as cultivares. A cultivar Diva obteve valor médio maior em relação a cultivar Camila, porém os dados apresentaram alto coeficiente de variação, com isso, o teste não encontrou diferença significativa entre as cultivares conforme a figura 11.

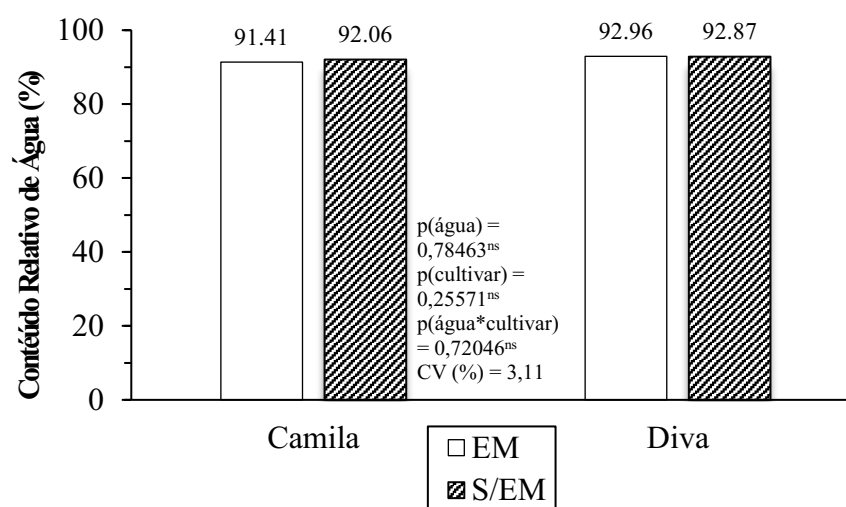
Figura 11. Massa seca da raiz envolvendo as cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O conteúdo relativo de água na planta, não apresentou diferença significativa para o tratamento eletromagnético da água de irrigação em ambas as cultivares avaliadas. Entre as cultivares Diva e Camila, não houve diferença significativa para o conteúdo relativo de água na planta conforme a figura 12.

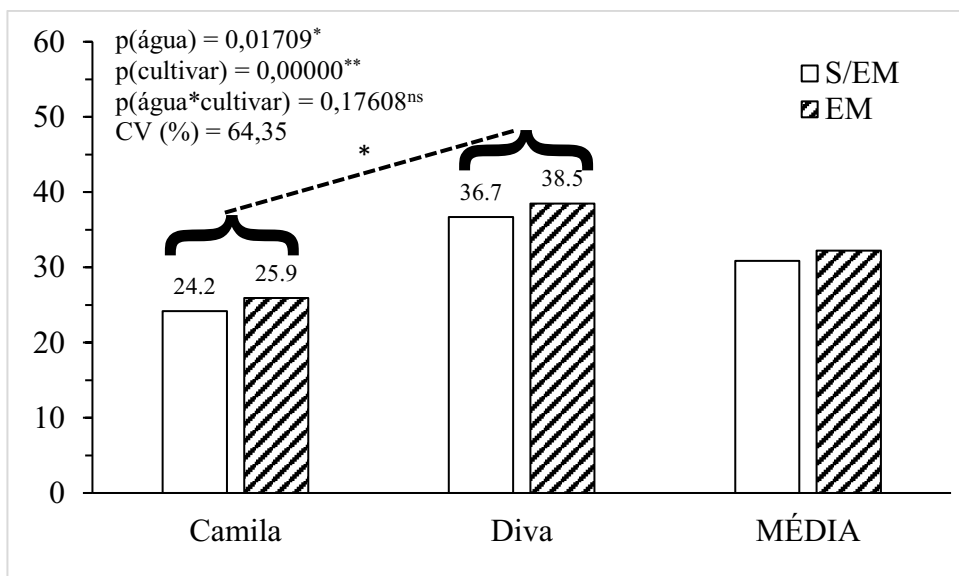
Figura 12. Conteúdo relativo de água envolvendo as cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação e sem tratamento eletromagnético.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O índice Spad foi realizado por quatro vezes durante o ciclo das cultivares, com o objetivo de apurar de forma indireta o estado nitrogenado das plantas. Segundo Porto (2011), o enverdecimento das folhas ou a concentração de clorofila se correlaciona com a concentração de nitrogênio nas folhas. Os valores obtidos do índice Spad, apresentou diferença significativa para o uso do tratamento com água de irrigação eletromagnetizada, ao se comparar as cultivares Diva e Camila, também apresentou diferença significativa. As médias para o tratamento eletromagnético da água e a cultivar Diva apresentaram maiores valores, conforme a figura 13.

Figura 13. Valores médios do índice Spad obtidos pelas cultivares Diva e Camila submetidas ao tratamento eletromagnético da água de irrigação.



EM=eletromagnetizada, S/EM= sem eletromagnetização, ns=não significativo ao nível de 5% de probabilidade, *=significativo ao nível de 5% de probabilidade, **=significativo ao nível de 1% de probabilidade

6.2 Qualidade da água de irrigação

Para este trabalho, a água de irrigação utilizada para o desenvolvimento das cultivares de alface foi amostrada e analisada, com duas amostras enviadas para o laboratório, comparando os parâmetros da água eletromagnetizada com a água convencional. O laudo encaminhado está presente na tabela 3.

De acordo com Almeida et al. (2010), para que haja restrição de uso da água analisando os sólidos em suspensão, o valor expresso em mg L^{-1} não deve ultrapassar de 100, valores entre 50 e 100 mg L^{-1} é considerado moderado e valores menores que 50 mg L^{-1} é considerado próprio para uso e não causa problemas físicos. Os sólidos suspensos no laudo presente na tabela 3 apresentou valor menor que 50 mg L^{-1} para a água tratada e água sem tratamento. Observa-se

que a água convencional apresentou valores menores referente ao tratamento eletromagnético da água.

O pH é considerado um parâmetro indicativo do grau de acidez ou alcalinidade da água. Para as águas de irrigação, o valor de pH normal é compreendido entre 6,0 e 8,5 $\log[\text{H}_3\text{O}^+]$, os valores expressos na tabela 3 para o pH da água tratada e água convencional estão dentro do intervalo recomendado.

Para o elemento alumínio, em água onde o pH for menor que 5,5 $\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ solos ácidos podem se tornar improdutivos, caso o pH for alcalino, maior que 7 $\log[\text{H}_3\text{O}^+]$ o alumínio precipita. O nível ideal do elemento alumínio de acordo com a Embrapa, deve ser menor que 5 mg L^{-1} , o laudo expresso na tabela 3 apresentou níveis ideais do elemento para o tratamento da água e água sem tratamento.

O cálcio é um elemento que em concentrações maiores que 20 mg L^{-1} pode causar entupimentos em emissores provocados por precipitações químicas. De acordo com a Embrapa, o nível ideal de cálcio para a água de irrigação deve apresentar valor menor que 20 mg L^{-1} , observa-se que os níveis da água tratada eletromagneticamente e a água sem tratamento apresentados na tabela 3, estão adequados.

Para o elemento cádmio, a Embrapa recomenda-se níveis abaixo de 0,05 mg L^{-1} , pois sua acumulação em solos e plantas, perigosos para seres humanos. Solos neutros e alcalinos este elemento tende a ficar inativo. O valor expresso na tabela 3 para o cádmio está abaixo do limite para toxicidade em água convencional e água eletromagnetizada.

O elemento cromo normalmente não é reconhecido como essencial. O nível recomendado para que não haja toxicidade é abaixo de 0,10 mg L^{-1} e os níveis expressos na tabela 3 para o elemento cromo envolvendo o tratamento da água e para a água convencional estão abaixo do nível recomendado.

O elemento cobre apresenta toxicidade para certas plantas em solução nutritiva com níveis de 0,1 e 1,0 mg L^{-1} , a Embrapa recomenda para água de irrigação níveis menores que 0,2. O tratamento eletromagnético da água e água sem tratamento apresentaram níveis iguais e entre o nível recomendado.

De acordo com (AYERS; WESTCOT, 1991), é de grande importância analisar o nível de ferro presente na água de irrigação, principalmente para sistemas de irrigação localizada. A precipitação de ferro ocasiona problemas através de águas ácidas, dissolvido em forma ferrosa Fe^{++} , quando oxida, apresenta forma férrica Fe^{+++} formando gel e depósitos de coloração marrom em gotejadores e filtros. O tratamento eletromagnético da água de irrigação, apresentou um nível 0,250 mg L^{-1} contra 0,215 mg L^{-1} da água sem tratamento, observa-se que o elemento

ferro presente no tratamento da água foi superior referente a água sem tratamento, porém ambos os níveis estão dentro da recomendação feita pela Embrapa, menor que 5 mg L^{-1} . De acordo com Almeida et al. (2010), concentrações de ferro contendo $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ é suficiente para gerar precipitados na coloração amarelo escuro, conhecido como sedimento ocre.

O potássio é denominado com um nutriente, o nível ideal é menor que $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ presente na água de irrigação de acordo com a Embrapa. Potássio em excesso pode causar problemas no solo e reduzir a disponibilidade de outros nutrientes para as plantas. Observa-se na tabela 3, quanto para a água tratada e a água sem tratamento, os níveis para o potássio estão ideais de acordo com a recomendação. A água sem tratamento apresentou valores maiores em relação ao tratamento da água.

De acordo com (AYERS; WESTCOT, 1999), quando se utiliza águas de irrigação com altos teores de magnésio, a produtividade das culturas tende a serem menores, isto ocorre devido à deficiência de cálcio induzida pela grande quantidade do elemento magnésio trocável no solo. Segundo Abbott et al. (1985), as obstruções químicas das tubulações e emissores acontece com mais frequência em sistemas que utilizam águas subterrâneas apresentando altos teores de sais dissolvidos, considerando o magnésio como elemento importante juntamente com os carbonatos de cálcio. A Embrapa recomenda que o nível ideal de magnésio presente nas águas de irrigação seja menor que 5 mg L^{-1} , os níveis presentes na tabela 3 para o uso da água tratada e a água sem tratamento estão de acordo com a recomendação.

O elemento manganês, de acordo com Almeida et al. (2010), ainda que seja menos comum que o ferro, também pode sedimentar por atividade biológica quando apresenta concentrações na água de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$, acarretando em problemas graves quando o nível é de $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ ou maior. A coloração produzida pelos sedimentos contendo ferro e manganês é de cor marrom escuro, se houve coloração negra os sedimentos são somente de manganês. A Embrapa recomenda níveis ideais menores que $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ para o elemento manganês, o laudo localizado na tabela 3, para o tratamento de água e a água sem tratamento apresentou níveis ideais de acordo com a recomendação.

O critério de sodicidade é dada pelo conteúdo de sódio na água e estudado como parâmetro de qualidade devido seu efeito sobre a permeabilidade do solo. A relação de adsorção de sódio (RAS), indica a proporção relativa em que se encontra o elemento sódio em relação ao cálcio e o magnésio, estes cátions competem com sódio pelos intercâmbios do solo. A predominância dos íons sódio é de grande importância ser estudada pois, o elemento irá induzir trocas de íons cálcio e magnésio pelos de sódio, conduzindo a degradação do solo e pode acontecer a perda de sua estrutura e permeabilidade. A capacidade de infiltração do solo é

reduzida por altas concentrações de sódio presente em águas de irrigação. Para as plantas, as mesmas se manifestam toxicidade por sódio em forma de queimaduras nas folhas. De acordo com a Embrapa, o nível ideal de sódio presente na água de irrigação, deve ser menor que 40 mg L^{-1} , o nível da água tratada eletromagneticamente foi maior em relação a água sem tratamento, porém ambos são ideais, de acordo com a recomendação.

De acordo com Pratt et al. (1972), o elemento níquel em concentrações entre $0,5$ e $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ apresenta toxicidade para alguns vegetais. A recomendação realizada pela Embrapa, para que não haja toxicidade requer níveis até $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ para as águas de irrigação. Os níveis apresentados na tabela 3, para a água tratada e a água sem tratamento estão ideais de acordo com a recomendação.

Para o elemento chumbo, de acordo com Pratt et al. (1972), o nível ideal para as águas de irrigação é até $5,0 \text{ mg L}^{-1}$, níveis maiores podem inibir o crescimento celular dos vegetais. Os níveis de chumbo para o tratamento eletromagnético da água e a água sem tratamento presente na tabela 3, são ideais de acordo com a recomendação.

Para o elemento Zinco, a Embrapa recomenda níveis ideais para águas de irrigação menores que $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, considera-se também como um elemento tóxico para muitas plantas em pH menores que 6. O tratamento da água de acordo com a tabela 3, apresentou níveis maiores que a água sem tratamento, porém ambos apresentam níveis ideais de acordo com a recomendação.

O elemento boro, diferente do sódio e do cloro, é um elemento importante e essencial para as plantas. De acordo com (AYERS; WESTCOT, 1999), níveis abaixo de $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ não apresenta restrição de uso. A recomendação realizada pela Embrapa, cita que o nível ideal é abaixo de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, o laudo presente na tabela 3, apresenta níveis ideais para o tratamento da água e a água sem tratamento.

O nível de cobalto a $0,1 \text{ mg L}^{-1}$ de acordo com Pratt et al. (1972), pode causar toxicidade para o tomateiro

O elemento enxofre na água de irrigação em concentração de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$, tem a capacidade de desenvolver bactérias sulfurosas como a Thiothrix nívea dentro do sistema de irrigação, formando um tipo de massa gelatinosa causadoras de obstruções em filtros e emissores. Os níveis de enxofre apresentados na tabela 3 para o tratamento de água e a água sem tratamento estão abaixo de $0,1 \text{ mg L}^{-1}$. A prevenção dos precipitados de enxofre, ferro e manganês no interior do sistema tem como objetivo provocar precipitações antes do cabeçal de controle e os sólidos gerados devem ser retidos no sistema de filtração.

O cloro é um dos íons mais conhecidos em seus efeitos em relação a todos os íons salinos. A participação deste elemento nas águas em níveis acima de $0,5 \text{ g L}^{-1}$ faz com que as plantas fiquem afetadas devido a grande frequência de clorose foliar acentuadas nas partes mais iluminadas, gerando necrose das bordas das folhas. O cloro um íon aniônico, ou seja, não é retido pelo complexo de troca do solo, assim, se desloca facilmente com água presente no solo e é absorvido pelas raízes, também pode ser absorvido pelas folhas através da irrigação por aspersão. Os níveis de cloro apresentados na tabela 3 para o tratamento de água e a água sem tratamento estão abaixo do nível recomendado para não acarretar problemas para as culturas.

6.3 Manejo da irrigação

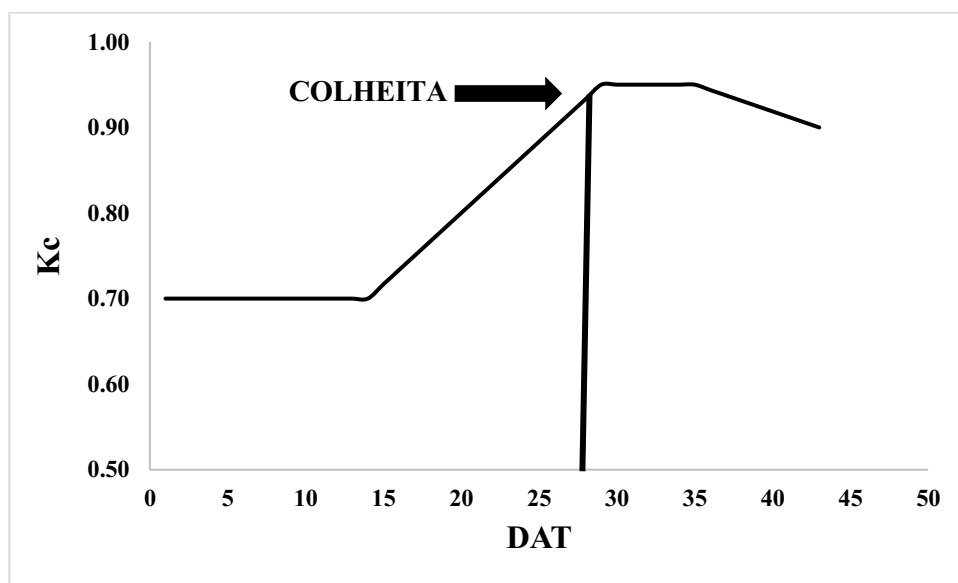
O manejo da irrigação utilizando a evaporação do tanque Classe A para estimar a evapotranspiração de referência (E_{to}), se iniciou 14 dias após o transplante das mudas. A irrigação no período do início do transplante até o 13º dia foi realizada sem exercer alguma prática de manejo. No dia 1 após o transplante, foi acionado o sistema por um período de 15 minutos para cada tratamento de água, totalizando um volume de 36,09 mm aplicados ou 2,00 litros de água de acordo com a tabela 2. Este volume de água foi aplicado devido ao solo preenchida nos vasos estava completamente seca. O volume de água se encontra em valores elevados devido a área do vaso cultivado ser de $0,061575 \text{ m}^2$ ou 615 cm^2 e a vazão nominal do gotejador ser de 8 L/h^{-1} . Estes valores evidenciam que a área dos vasos é inferior para suportar a vazão considerada alta.

Para o segundo dia do transplante até o 13º dia, o sistema foi acionado 6 minutos por dia, dividido em 3 minutos na parte da manhã e 3 minutos na parte da tarde para ambos os tratamentos da água, totalizando em $6,01 \text{ mm/dia}^{-1}$. Com tudo, apenas neste período sem utilizar nenhuma prática de manejo, foi aplicado $209,49 \text{ mm/vaso}$ em ambos os tratamentos. Para o estabelecimento, sustentação das plantas jovem e maior eficiência no uso da adubação aplicada de forma convencional, o manejo da irrigação se iniciou 14 dias após o transplante.

Após a instalação do tanque Classe A 14 dias após o transplante, iniciou o manejo da irrigação. Diariamente até o final do ciclo da cultura, foi realizado a leitura da evaporação do tanque Classe A, estimando em seguida a evapotranspiração da cultura. Conforme a tabela 2, a evaporação do tanque no dia 22/03/2022, 26 dias após o plantio foi de $4,87 \text{ mm/dia}^{-1}$ apresentando maior valor de evaporação durante o período de avaliação. A E_{to} neste mesmo dia, conseqüentemente apresentou maior demanda, requerendo uma reposição de água no valor

de 4,03 mm, a lâmina bruta aplicada foi 3,96 mm arredondado para 4,00 mm utilizando um tempo de 2 minutos com o sistema acionado. O coeficiente da cultura (K_c) adotado foi citado por Bastos et al. (1996) onde o K_c comparado no artigo citado pela FAO, para a fase I, após o transplante o K_c foi de 0,70, durando aproximadamente 14 dias para a troca de fase, a fase II, após 15 dias do transplante o K_c foi de 0,95, para fase III após 15 dias da fase II, o K_c foi de 0,90, porém o ciclo da cultura foi interrompido ao vigésimo oitavo dia conforme a figura 13.

Figura 13: Curva demonstrativa do coeficiente da cultura- K_c e os dias após o transplante-DAT



O interrompimento do ciclo é levado em consideração as condições de cultivo, o experimento foi conduzido em ambiente protegido e sobre temperaturas elevadas, com isso o ambiente protegido favorece o acúmulo de CO_2 acelerando o metabolismo das plantas e consequentemente encurtando o ciclo das cultivares.

O total do volume de água aplicado utilizando o manejo da irrigação através do tanque Classe-A, foi de 35,55 mm, com uma média de $2,37 \text{ mm/dia}^{-1}$. Realizando a soma do volume de água aplicado durante todo o ciclo foi $245,04 \text{ mm}^{-1}$ ou $13,58 \text{ L}^{-1}$, totalizando em 01:45:51 do sistema acionado por vaso.

6.4 Monitoramento umidade do solo

O sensor de umidade de solo foi instalado 14 dias após o transplante com o solo já estruturado. Foram instalados quatro sensores em quatro vasos, um em cada tratamento e cultivar. Os dados transmitidos dos sensores para o datalogger foram filtrados diariamente, com o objetivo de observar se haveria variações de acordo com as lâminas aplicadas. Os sensores

foram distribuídos da seguinte forma, sensor 1 cultivar Diva com tratamento eletromagnético da água, sensor 2 cultivar Diva sem tratamento eletromagnético da água, sensor 3 cultivar Camila com tratamento eletromagnético da água e sensor 4 cultivar Camila sem tratamento eletromagnético da água.

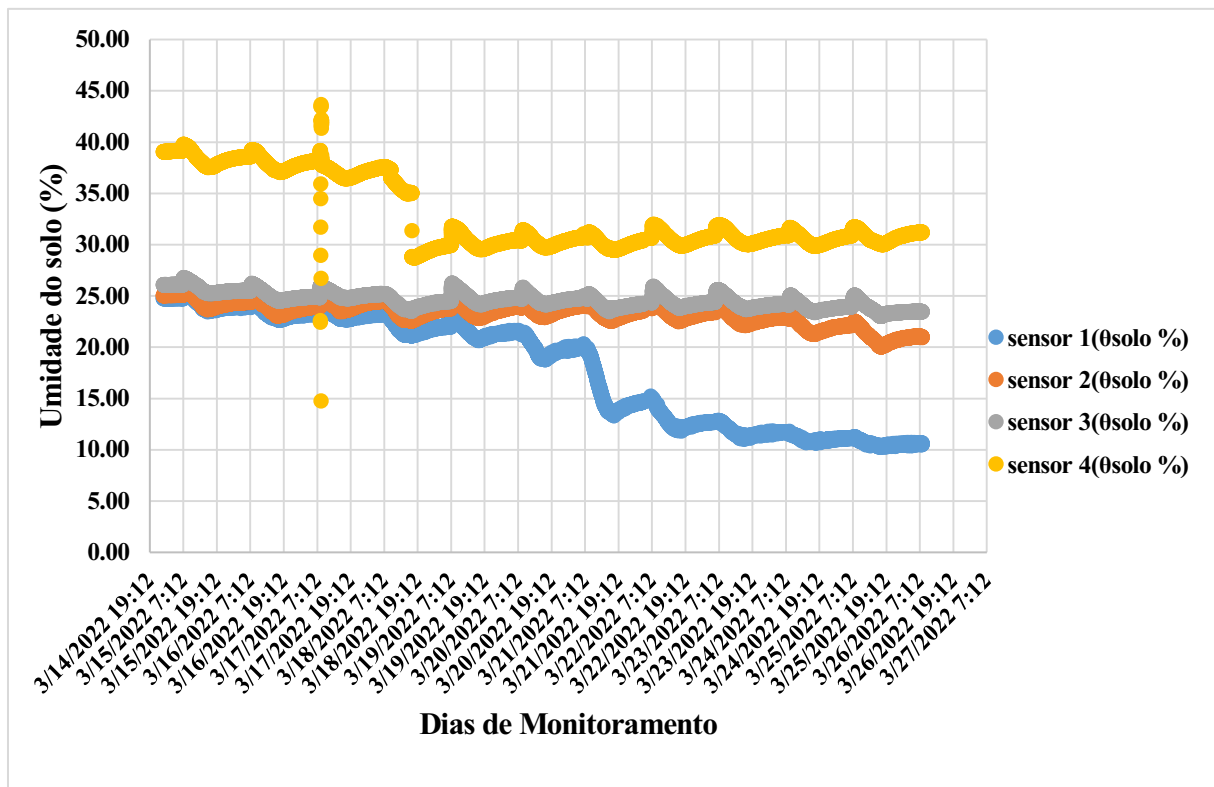
De acordo com a figura 13, após 6 dias da instalação dos sensores, foi observado uma variação no sensor 4 neste mesmo dia foi aplicado o turno de rega, porém um dia depois a planta (cultivar Camila) que estava acompanhada pelo sensor perdeu todo vigor e murchou completamente. Com isso, no mesmo dia foi realizado a retirada do sensor que estava sem planta e repassado para outro vaso com a mesma cultivar e o mesmo tratamento sem exercer o turno de rega. Após a troca, a leitura do sensor 4 não houve variações correspondente a falhas.

O sensor 1, de acordo com a figura 14, apresentou queda nas leituras 8 dias após a instalação, ao analisar a linha de dados decrescendo nota-se que a planta (cultivar Diva) apresentou maior área foliar em relação as outras plantas do experimento conforme as imagens 15 A, B, C e D.

Foi realizado a média da umidade do solo (%) de ambos os sensores, desde o início das leituras até o final do ciclo. O sensor 1 composto pela cultivar Diva com tratamento eletromagnético da água apresentou umidade média de 17,93 %, respectivamente a menor umidade média obtida. O sensor 2 composto pela cultivar Diva sem tratamento eletromagnético da água apresentou umidade média de 23,25 %. O sensor 3 composto pela cultivar Camila com tratamento eletromagnético da água apresentou umidade média de 24,60 %. O sensor 4 composto pela cultivar Camila sem tratamento eletromagnético da água apresentou umidade média de 32,86%, respectivamente o maior valor de umidade média entre os tratamentos e cultivares.

A diferença entres as médias pode ser observado através das plantas que estavam acompanhando cada sensor, pois as plantas com maior área foliar consumiram mais água do solo ao se comparar com as plantas de menor área foliar.

Figura 14. Representação gráfica do monitoramento da umidade do solo (%)



Teta= θ (umidade)



Imagem 15 A. Cultivar Diva com tratamento eletromagnético da água



Imagem 15 B. Cultivar Diva sem tratamento eletromagnético da água



Imagem 15 C. Cultivar Camila com tratamento eletromagnético da água



Imagem 15 D. Cultivar Camila sem tratamento eletromagnético da água

7. CONCLUSÃO

Com este trabalho, conclui-se que o tratamento eletromagnético da água de irrigação ao avaliar os parâmetros agronômicos, houve diferença significativa apenas para o índice Spad, ao comparar as cultivares Diva e Camila, apresentou diferença significativa em todos os parâmetros avaliados exceto para a altura de caule e o conteúdo relativo de água na planta.

O laudo amostral da água compondo o tratamento da água com eletromagnetização apresentou maiores níveis de alumínio, ferro, manganês, sódio, zinco e cloro ao se comparar com a água sem tratamento.

Ao observar a umidade média do solo, os sensores localizados nos vasos que foram irrigados com a água tratada apresentaram menores valores de umidade média comparando com os sensores que estavam instalados nos vasos que foram irrigados com a água sem tratamento, porém as plantas que ocupavam este espaço apresentaram maiores valores de área foliar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, O. A. de. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234 p.

AQUINO, César Fernandes et al. Desempenho de cultivares de alface sob cultivo hidropônico nas condições do norte de Minas Gerais. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 11, n. 3, p. 1382-1388, 2017.
<https://doi.org/10.7127/rbai.v11n300604>

ASSIS, Cleber Decarli de. Avaliação de uma sonda TDR helicoidal para a estimativa do teor de umidade de solos em campo e laboratório. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem.

AZEVEDO, Alcinei M. et al. Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. Horticultura Brasileira, v. 31, p. 260-265, 2013.
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200014>

AZEVEDO, H. J; BERNARDO, S.; RAMOS, M.M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em sistema de irrigação por aspersão de alta pressão. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental. Campina Grande, v.4, n.2, p. 152-158, 2000.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000200004>

BANDEIRA, George RL et al. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, v. 29, n. 2, p. 237-241, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200018>

BARBOSA, Victor Augusto Araújo et al. Comparação da contaminação de alface (*Lactuca sativa*) proveniente de dois tipos de cultivo. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 10, n. 2, p. 231-242, 2016.

BURIOL GA; LUZZA J; HELDWEIN AB; STRCK NA. 2001. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 1 - avaliação com uso de tanque classe A e do evaporímetro de Piche. Revista Brasileira de Agrometeorologia 9: 35-41.

Curtis, LM, AA Powell e TW Tyson. "Microirrigação de pêssegos no Sudeste." Diário de Irrigação 46.2 (1996): 22.

DA SILVA, Cinara Bernardo et al. Teor de clorofila, carotenoides e índice SPAD na alface (*Lactuca sativa*) em função de lâminas de irrigação e níveis salinos. *Revista Ciência Agrícola*, v. 18, p. 19-22, 2020.
<https://doi.org/10.28998/rca.v18i3.9468>

DA SILVA, César Antônio; DA SILVA, Cícero José. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. 2005.

DE RESENDE, Geraldo Milanez et al. Adaptação de genótipos de alface crespa em condições semiáridas. Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017.
<https://doi.org/10.7127/rbai.v11n100553>

DOORENBOS J; KASSAM AH. 2000. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: Tradução Gheyi H.R. e outros, UFPb FAO. 221p

DONADIO, N. M. M; JOÃO A. GALBIATTI G; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Eng. Agríc. Jaboticabal*, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005.
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100013>

ESTEVES, Barbara dos S. et al. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 274-278, 2010.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000300006>

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, R. O.; JÚNIOR, EF Fraga. Tratamento magnético da água para irrigação do cafeeiro cultivado no cerrado de minas gerais. In: IV INOVAGRI International Meeting. 2017.
<https://doi.org/10.7127/iv-inovagri-meeting-2017-res2160367>

FERNANDES, Carolina; CORÁ, José E.; DE ARAÚJO, Jairo AC. Utilização do tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência dentro de casa de vegetação. *Engenharia Agrícola*, v. 24, p. 46-50, 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162004000100006>

GOMES, T. M.; BOTREL, T. A.; MODOLO, V. A.; OLIVEIRA, R. F. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.316-319, abr -jun 2005.
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000200031>

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, F. A. Tipos de alface cultivados no Brasil. Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2009.

HERNANDEZ, Fernando Braz Tangerino. Manejo da irrigação. CURSO DE CAPACITAÇÃO EM AGRICULTURA IRRIGADA, v. 1, p. 19-26, 1999.

KOETZ M; COELHO G; CARVALHO JA; SOUZA RJ; SILVA RA. 2006. Produção do meloeiro em ambiente protegido irrigado com diferentes lâminas de água. Irriga 11: 500-506 <https://doi.org/10.15809/irriga.2006v11n4p500-506>

KRONENBERG, Klaus. A ciência por trás do condicionamento magnético da água. Artigo reimpresso com permissão da Aqua Magazine. Conjunto , 1993.

LEMOS, Lis Tavares Ordones et al. Development and production of iceberg lettuce irrigated with magnetically treated water. Water SA, v. 47, n. 4, p. 437-445-437-445, 2021. <https://doi.org/10.17159/wsa/2021.v47.i4.3863>

LEMOS, Lis Tavares Ordones et al. Influence of the soil water retention curve type and magnetic water treatment on lettuce irrigation management responses.

OLIVEIRA, NLC et al. Enraizamento e crescimento de mudas de mandioquinha-salsa submetidas à imersão em soluções de urina de vaca. Agronomia, v. 23, p. 46-51, 2006.

PÔRTO, Mônica L. et al. Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. Horticultura Brasileira, v. 29, p. 311-315, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000300009>

PRATT, Parker F. Quality criteria for trace elements in irrigation waters. 1973.

PUTTI, Fernando Ferrari et al. Desenvolvimento inicial da alface (*Lactuca sativa* L.) irrigada com água magnetizada. Revista Cultivando o Saber, v. 6, n. 3, p. 83-90, 2013.

PUTTI, Fernando Ferrari. Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente. 2014.

SANTOS, Anna Paula Rodrigues dos. Características agronômicas e qualidade da alface (*Lactuca sativa* L.) sob fertilização orgânica e mineral. 2016.

SALA FC; COSTA CP. 2005. 'Pira Roxa': Cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. Horticultura Brasileira 23: 158-159. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000100033>

SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino da. Retrospectiva e tendência da alficultura brasileira. Horticultura brasileira, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002>

SALES, Fábio Henrique Silva et al. A Influência do Campo Magnético na Germinação e no Crescimento de Vegetais. Revista Pindorama, v. 1, n. 01, p. 15-15, 2010. <https://doi.org/10.15628/holos.2010.275>

SILVA, Felipe Dornelas da et al. Avaliação da qualidade da água de irrigação na região de Monte Carmelo Minas Gerais. 2019.

SOUZA, Claudinei F.; MATSURA, Edson E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, p. 63-68, 2002.
<https://doi.org/10.1590/S1415-43662002000100012>

SUINAGA, F. A. et al. Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa. *Embrapa Hortaliças-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*, 2013.

TOPP, G. C.; J. L.; ARMAN A. N. Eletromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial trasmission line. *Water Resource Research*, V. 16, n° 3, p. 574-582, 1980.
<https://doi.org/10.1029/WR016i003p00574>

TRANI, Paulo E. et al. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. *Horticultura Brasileira*, v. 22, p. 290-294, 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000200025>

VALERIANO, Taynara Tuany Borges et al. Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. *Irriga*, v. 21, n. 3, p. 620-620, 2016.
<https://doi.org/10.15809/irriga.2016v21n3p620-630>

VASQUÉZ MAN; FOLEGATTI MV; DIAS NS; SILVA CR. 2005. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. *Engenharia Agrícola* 25:137-143
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162005000100015>

YOKORO, Gilberto Kazuhiko; PEREIRA, Jaiane Aparecida. Produção e comercialização da alface. *Revista Científica Agropampa*, v. 3, n. 3, p. 64-79, 2020.

ANEXOS



Imagem 1. Termo Higrômetro



Imagem 2. SPAD



Imagem 3. Tanque Classe A, nivelado sob um estrado de madeira



Imagem 4. Poço Tranquilizador



Imagem 5. Parafuso Micrométrico



Imagem 6. Sensor Delta T SM150 T



Imagem 7. Datalogger



Imagem 8. Sensor instalado horizontalmente
a 10 centímetros de profundidade



Imagem 9. Balança SF-400



Imagem 10. Paquímetro



Imagem 11. Saco de papel pardo

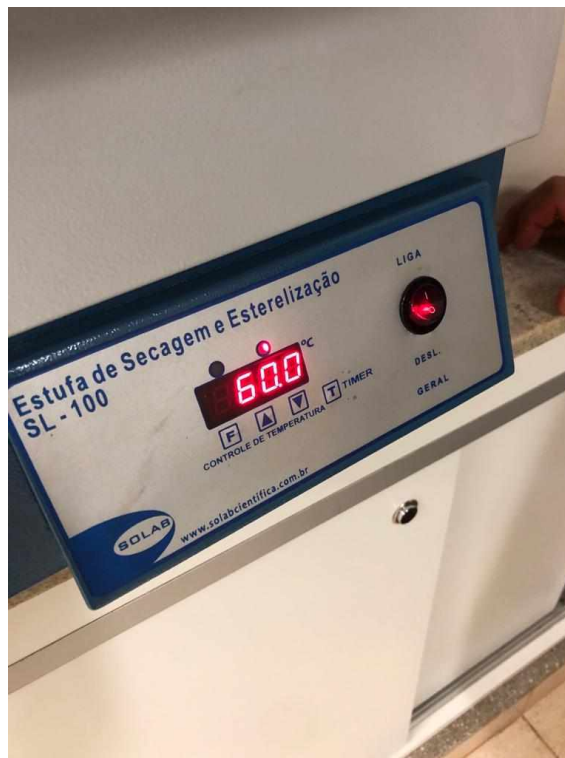


Imagem 12. Estufa de secagem e esterilização