



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCISCO THIAGO DE ALBUQUERQUE ARAGÃO

**USO DE HIDROGEL NO CULTIVO DA ALFACE SUBMETIDAS A DÉFICIT
HÍDRICO**

FORTALEZA
2018

FRANCISCO THIAGO DE ALBUQUERQUE ARAGÃO

USO DE HIDROGEL NO CULTIVO DA ALFACE SUBMETIDAS A DÉFICIT
HÍDRICO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa Pós-Graduação em Engenharia
Agrícola da Universidade Federal do Ceará -
UFC, como requisito final para a obtenção do
Título de Mestre em Engenharia Agrícola.
Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Prof. Dr. Francisco Marcus Lima
Bezerra.

FORTALEZA
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A671u Aragão, Francisco Thiago de Albuquerque.
Uso de hidrogel no cultivo da alface submetidas a déficit hídrico / Francisco Thiago de Albuquerque Aragão. – 2018.
91 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Francisco Marcos Lima Bezerra.
1. Trocas gasosas. 2. Déficit hídrico. 3. Polímero hidroretentor. 4. Agricultura irrigada. I. Título.
CDD 630
-

FRANCISCO THIAGO DE ALBUQUERQUE ARAGÃO

USO DE HIDROGEL NO CULTIVO DA ALFACE SUBMETIDAS A DÉFICIT
HÍDRICO.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito final para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de concentração: Irrigação e Drenagem

Aprovado em: 07 / 06 / 2018

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães (Examinador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dra. Antônia Leila Rocha Neves (Examinador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Geocleber Gomes de Sousa (Examinador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Ao senhor Deus, pela proteção e direcionamento durante toda minha jornada;
Aos meus pais, por todo apoio e incentivo durante todas as etapas da minha vida.

AGRADECIMENTO

À Deus, por estar sempre ao meu lado, não me desamparando nos momentos em que mais preciso, fonte de amor e sabedoria, minha proteção.

À minha mãe Maria Santíssima, por sempre me proteger de todos os perigos e me guiar pelo caminho do bem.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade e pela infraestrutura para realização deste trabalho.

Aos meus pais, Chagas e Cristina, o motivo o qual estou aqui, por todo amor e dedicação que sempre tiveram comigo.

Ao Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, a quem me inspiro como exemplo de profissional e ser humano, por todo carinho, apoio e confiança em mim depositados.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Almeida Guimarães, por todas as contribuições direcionadas a este trabalho, e todo conhecimento transmitido a mim durante a construção da minha vida acadêmica.

A Dra. Antônia Leila Rocha Neves, por todas as contribuições e apoio oferecidos durante a execução deste trabalho.

A meu grande amigo Diego de Vasconcelos, por toda ajuda, pela paciência, conselhos e prontidão.

A Thamiris Paiva, por ajuda e dedicação na condução desse trabalho.

A meus grandes irmãos Carolina Morais e Rhaul Rolim, por sua amizade, conselhos e apoio.

A família Sabrynna Brito, Rafaela Brito, Emanuela Brito e Alex Alves, por toda amizade, companheirismo e ajuda todas as vezes que precisei.

Aos bolsistas de iniciação científica, Samara Alves e Neto Nogueira, por estarem presentes durante a condução do experimento, ajudando sempre que preciso.

Aos amigos, Fernanda Helena, Tiago Cavalcante, Renato Passos, Jamesson Guedes, Keivia Lino, Ingrid Pinheiro, Cleomar Bizonhim, Vinicius Bittencourt, Kleber Macedo, Gilberto Quevedo, Janaína Castro, Raquel da Hora, Robevania Borges, Nayara Luna, que fizeram parte da minha trajetória acadêmica.

Aos funcionários da estação agrometeorológica, Dona Marilac, Weverton e Ricardo pela prontidão e ajuda, sempre que necessário.

À todos que de alguma forma contribuíram para minha vitória.

“Herdarás o solo sagrado e a fertilidade será transmitida de geração em geração. Protegerás teus campos contra a erosão e tuas florestas contra dissolução e impedirás que tuas fontes sequem e que teus campos sejam devastados pelo gado, para que teus descendentes tenham abundância para sempre.”

Dr. Walter Cay Lawdrimil.

RESUMO

Com o intuito de avaliar as respostas fisiológicas e de produção da cultura da alface, cultivadas com o uso do hidrogel sob estresse hídrico, conduziu-se este experimento na área experimental da Estação Agrometeorológica pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza (03°44'S; 38°33'W; 19,5 m). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), instalado em parcelas subdivididas 4 x 5, com três repetições. Sendo a parcela constituída por diferentes intervalos entre irrigações (1, 2, 3 e 4 dias) e a subparcela por dosagens de hidrogel (0, 2, 4, 6 e 8 g vaso⁻¹). Para cada tratamento foram utilizados 3 vasos por bloco, sendo o experimento composto por 4 blocos, contabilizando-se 12 plantas úteis por tratamento com total geral de 240 vasos. Durante a realização do experimento, foram realizadas análises diárias da condutividade elétrica da água de irrigação. Avaliou-se, a cada 10 dias, o crescimento da planta através do número de folhas presentes, tamanho da folha e diâmetro do caule. Também foram análises foliares, averiguando o teor de clorofila presente nas mesmas com o auxílio do índice SPAD e suas trocas gasosas através da análise com o IRGA. Ao fim do ciclo, realizou-se a medição do comprimento do sistema radicular, bem como a pesagem do mesmo. Também foi analisado a produção de fitomassa fresca e seca. Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância (Anova) e quando significativos foram submetidos ao teste F, os dados referentes ao fator dosagens de hidrogel e os intervalos de irrigação foram submetidos à análise de regressão. Todas as variáveis apresentaram melhores respostas quando submetidas a dosagem de 4 g de hidrogel, em todas as avaliações realizadas. Para os intervalos de irrigação, todos apresentaram melhores resultados quando combinados com o uso do polímero. O uso do hidrogel no solo, proporcionou uma maior eficiência do uso da água pelas plantas, promoveu aumento da taxa de enraizamento da cultura, bem como uma maior fitomassa da raiz.

Palavras-chave: Trocas gasosas. Déficit hídrico. Polímero hidroretentor. Agricultura irrigada.

ABSTRACT

In order to evaluate the physiological and production responses of the lettuce culture, cultivated with the use of the hydrogel under water stress, this experiment was conducted in the experimental area of the Agrometeorological Station belonging to the Federal University of Ceará (UFC), in Fortaleza (03 ° 44'S, 38 ° 33'W, 19.5 °). The experimental design was randomized blocks (DBC), installed in subdivided plots 4 x 5, with three replications. (1, 2, 3 and 4 days) and the subplot by hydrogel dosages (0, 2, 4, 6 and 8 g pot⁻¹). For each treatment, 3 pots per block were used, and the experiment consisted of 4 blocks, counting 12 useful plants per treatment with a total of 240 pots. During the experiment, daily electrical conductivity analyzes of irrigation water were performed. The plant growth was evaluated every 10 days by the number of leaves present, leaf size and stem diameter. Leaf analyzes were also carried out, investigating the chlorophyll content present in them with the aid of the SPAD index and their gas exchange through IRGA analysis. At the end of the cycle, the length of the root system was measured as well as the weighing of the root system. The production of fresh and dry phytomass was also analyzed. The data of each variable were submitted to analysis of variance (Anova) and when significant were submitted to the F test, data referring to the hydrogel dosage factor and irrigation intervals were submitted to regression analysis. All variables presented better responses when submitted to the dosage of 4 g of hydrogel, in all evaluations. For the irrigation intervals, all presented better results when combined with the use of the polymer. The use of the hydrogel in the soil, provided a greater efficiency of the water use by the plants, promoted an increase of the rooting rate of the crop, as well as a greater root phytomass.

Keywords: Gaseous exchanges. Water deficit. Hydroretentor polymer. Irrigated agriculture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Vista aérea do campo experimental.....	25
Figura 2	– Alfaca Santa Mônica SF 31	28
Figura 3	– Croqui representando a distribuição dos tratamentos na área experimental	29
Figura 4	– Gotejador autocompensante Netafim, utilizado no sistema de irrigação	30
Figura 5	– Dimensionamento do volume do vaso para adubação	32
Figura 6	– Pesagem de adubos em balança de precisão	33
Figura 7	– Semeadura, emergência e mudas de alfaca prontas para transplântio	34
Figura 8	– Preparação do tratamento doses de hidrogel.....	36
Figura 9	– Registros individuais no início das linhas de derivação para controle de tratamento de déficit hídrico	37
Figura 10	– Medição do diâmetro do caule, com o auxílio de paquímetro digital	38
Figura 11	– Número de folhas por planta, onde foi realizada a contagem individualmente conforme o tratamento	38
Figura 12	– Uso do integrador foliar, ao fim do ciclo, para obtenção da área foliar total	39
Figura 13	– Medição de tamanho e peso das raízes, conforme tratamento utilizado	39
Figura 14	– Pesagem individual da parte aérea de plantas de alfaca, ao fim do ciclo	40
Figura 15	– Pesagem da massa seca de plantas, após secagem em estufa.	40
Figura 16	– IRGA, modelo Li – 6400 XT, utilizado para medição de trocas gasosas nas plantas de alfaca	41
Figura 17	– Medição do índice de clorofila com medidor portátil SPAD-502 em plantas de alfaca	41
Figura 18	– Diâmetro do caule da planta de alfaca em função da combinação das doses de hidrogel e intervalos de irrigação utilizados, aos 40 (A) 51 (B) e 63 (C) DAS.....	45

Figura 19	– Número de folhas da planta de alface em função da combinação das doses de hidrogel e intervalos de irrigação utilizados, aos 40 (A) 51 (B), (C) e 63 (D), (E) DAS	49
Figura 20	– Índice SPAD da planta de alface em função da combinação das doses de hidrogel e intervalos de irrigação utilizados, aos 28 (A) 40 (B) 51. (C) e 63 (D) DAS.	54
Figura 21	– – Fotossíntese líquida da planta de alface em função das doses de hidrogel utilizadas, aos 40 (A) 51 (B) 63 (C) DAS.....	58
Figura 22	– Condutância estomática da planta de alface em função das doses de hidrogel utilizadas, aos 40 (A) 51 (B) 63 (C) DAS	63
Figura 23	– Transpiração da planta de alface em função das doses de hidrogel utilizadas, aos 40 (A) 51 (B) 63 (C) DAS	68
Figura 24	– Área foliar total (A_{foliar}) da planta de alface em função dos intervalos de irrigação (I), conforme cada tratamento, ao fim do ciclo do cultivo	72
Figura 25	– Área foliar total (A_{foliar}) da planta de alface em função das doses de hidrogel (T), conforme cada tratamento, ao fim do ciclo do cultivo	73
Figura 26	– Matéria fresca total (MFT) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo	74
Figura 27	– Matéria seca total (MST) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo.	75
Figura 28	– Comprimento da raiz (MST) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo	76

Figura 29 – Peso da raiz (MST) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo	78
Figura 30 – Produtividade média (kg/ha^{-1}) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo.....	79
Figura 31 – Eficiência do uso da água, no cultivo da alface em respostas a diferentes doses de hidrogel presentes no solo	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Médias meteorológicas observadas durante a condução experimento	26
Tabela 2	– Atributos físicos do argissolo vermelho – amarelo, utilizado no experimento	26
Tabela 3	– Atributos químicos do argissolo vermelho – amarelo, utilizado no experimento	27
Tabela 4	– Recomendações de adubação e quantidade de fertilizante utilizada	32
Tabela 5	– Resumo da análise de variância para os dados de diâmetro do caule (\emptyset) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente	43
Tabela 6	– Resumo da análise de variância para os dados Número de folhas (N_{folhas}) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente	47
Tabela 7	– Resumo da análise de variância para índice SPAD da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente	52
Tabela 8	– Resumo da análise de variância para fotossíntese Líquida (A) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente	57
Tabela 9	– Resumo da análise de variância para condutância estomática (g_s) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente	61
Tabela 10	– Resumo da análise de variância para transpiração (g_s) da planta de alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente	66
Tabela 9	– Resumo da análise de variância para os dados de área foliar total (A_{foliar}), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), comprimento da raiz (C_{raiz}), peso da raiz (P_{raiz}) e produtividade média (Prod.) da alface cultivada	

sob diferentes intervalos de irrigação combinados com o uso de doses de hidrogel, aos 63 DAS 61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo geral	20
2.2	Hipotese	20
3	REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1	A cultura da alface	21
3.2	Técnicas para otimização do cultivo da alface	21
3.3	Manejo da irrigação	23
3.4	Hidrogel	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	Localização e caracterização da área experimental	25
4.2	Clima	25
4.3	Solo	26
4.4	Água	27
4.5	Cultura	27
4.6	Delineamento experimental e tratamentos	28
4.7	Preparação da área experimental	29
4.7.1	<i>Montagem do sistema de irrigação</i>	29
4.7.2	<i>Adubação</i>	31
4.8	Semeadura e desbaste	33
4.9	Manejo da irrigação	34
4.10	Controle fitossanitário e plantas infestantes	36
4.11	Tratamentos utilizados	36
4.11.1	<i>Dosagens de hidrogel</i>	36
4.11.2	<i>Déficit hídrico / Intervalo de irrigação</i>	37
4.12	Variáveis analisadas	37
4.12.1	<i>Análise de crescimento</i>	37
4.12.2	<i>Análise de produção</i>	39
4.12.3	<i>Trocas gasosas</i>	40
4.12.4	<i>Teor de clorofila (índice SPAD)</i>	41
4.12.5	<i>Análises estatísticas</i>	42

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
7	CONCLUSÕES	83
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das culturas mais populares no Brasil, tanto em questão de plantio quanto de consumo. A cultura é disseminada em todo país, porém necessita de um manejo adequado em regiões com altas temperaturas, através de adensamento de plantio, ou sombreamento de área, diminuindo a incidência da radiação solar direta para as plantas, evitando assim o pendoamento precoce. Outro fato importante a se manejar é a disponibilidade hídrica para a cultura, afim de suprir de forma eficiente sua necessidade de água para que não afete seu desenvolvimento, para tanto, faz-se necessário o uso de um sistema de irrigação eficaz.

Com relação a seu aspecto econômico, é a 6ª hortaliça de maior importância no país e a 8ª em termos de volume de produção, sendo a hortaliça folhosa de maior consumo no território nacional. A demanda de produção, vem crescendo nos últimos anos, baseado no aumento populacional, desta forma, produtores buscam soluções para maximizar sua produção com a finalidade de suprir a demanda do mercado atual.

No semiárido brasileiro, um fator limitante é a baixa disponibilidade hídrica, por consequência das baixas precipitações locais. Para muitos produtores, isso torna a produção da cultura inviável, devido à alta sensibilidade da mesma ao estresse hídrico, que quando submetidas a umidade inadequada, mesmo por períodos relativamente curtos pode ter a sua produtividade afetada.

Tendo em vista essa problemática no semiárido, buscou-se alternativas para viabilizar a produção nessa região, uma delas, a mais difundida atualmente, é o cultivo hidropônico da alface, método de baixo dispêndio hídrico e alta eficiência, porém com elevado custo de implementação. Análises de custos revelam que o investimento inicial em um sistema hidropônico para produção de 2.200 pés de alface por mês, equivale a aproximadamente 12.000 reais, sem contar com os custos de manutenção e a mão de obra qualificada, fazendo com que limite o uso desse sistema, apenas a produtores que possuem um fundo de investimento ou financiamento bancário.

Um novo produto chegou ao mercado, com a promessa de soluções para a crise hídrica do semiárido, trata-se do Hidrogel, um polímero hidroretentor, que absorve as moléculas de água aplicadas durante a irrigação e libera, aos poucos, para o sistema radicular da planta, mantendo a umidade do solo equilibrada, e diminuindo o estresse hídrico para a cultura. O hidrogel, ao contrário do sistema hidropônico, é um insumo de baixo custo, estando disponível para todas as classes de produtores.

A cultura da alface possui uma excelente oportunidade de negócio para região semiárida e um grande desafio para os produtores, que não dispõem de insumos para o combate da crise hídrica, bem como não possuem financiamentos para sua produção em outros tipos de sistemas como a hidroponia. Por conseguinte, o objetivo principal deste trabalho foi averiguar o efeito do uso do hidrogel em diferentes doses e turnos de rega no desenvolvimento e na produtividade da cultura da alface, bem como suas respostas fisiológicas.

2 OBJETIVOS:

2.1 Objetivo geral:

Produzir alface com boa qualidade através do sistema de cultivo tradicional com uso de doses de hidrogel e diferentes intervalos de irrigação.

2.2 Hipotese:

Com o melhor aproveitamento da água pela planta, devido ao uso do polímero hidrogel no solo, haverá redução na quantidade de água a ser utilizada, diminuindo assim os intervalos de irrigação da cultura gerando uma redução de custos de energia e de adubação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura da alface

A origem da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada, foi provavelmente o Mediterrâneo. Esta hipótese é fundamentada à presença da forma primitiva da alface, a *Lactuca serriola* L., ser encontrada nesta região (RYDER, 1999). Existem registros desde 2.500 a.C, onde essa espécie é consumida como hortaliça. Goto e Tivelli (1998) inferem que a cultura foi trazida ao Brasil pelos portugueses. As espécies trazidas na época, consideradas ainda silvestres, podem ser encontradas nos dias atuais em regiões de clima temperado, no Sul da Europa e na Ásia Ocidental.

Segundo Carvalho *et al.* (2005), a alface é considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação do brasileiro, garantindo assim, sua importância econômica e social no país, ela também é considerada mundialmente como a folhosa de maior consumo por parte da população.

A alface é uma planta da família Asteraceae (Compositae), tribo Cichoriceae, sendo classificada como planta muito delicada, herbácea, anual, de caule diminuto, não ramificado que prende-se as folhas em forma de roseta, onde suas folhas podem ser classificadas como lisas ou crespas, de coloração verde ou roxa, podendo ou não formar cabeça, (FILGUEIRA, 2000).

Quando cultivada em solo, o teor de água no mesmo deve ser mantido a uma média de 80% durante todo o ciclo, inclusive durante o período de colheita (FILGUEIRA, 2000). A umidade é um fator importante a se observar, pois em déficit o desenvolvimento da cultura será prejudicado, bem como em solos demasiadamente encharcados. Em ambas as condições ocorrem a diminuição da produtividade, havendo um aumento da incidência de doenças nas plantas.

A temperatura é um fator que influencia diretamente no ciclo cultural da alface, a mesma deve ser mantida a uma temperatura média entre 19 – 23° C dependendo do genótipo utilizado, tendo em vista que quando submetidas a temperaturas elevadas, o ciclo tende a ser encurtado devido a ocorrência do pendoamento precoce, resultando conseqüentemente, em plantas menores, isso causa redução a produtividade média (HENZ; SUINAGA, 2009).

3.2 Técnicas para otimização do cultivo da alface

Devido à escassez de água no semiárido e a alta exigência hídrica da cultura da alface, para se obter uma boa produtividade, técnicas com baixo dispêndio hídrico, foram

adaptadas para aperfeiçoar a produção da cultura. A técnica mais difundida atualmente no país é o cultivo hidropônico (HENZ; SUINAGA, 2009).

Em geral, este método é realizado em casas de vegetação construídas de plástico ou telado, que variam de tamanho de acordo com a necessidade do produtor, e de material de acordo com o clima do local a ser instalado. Dos sistemas hidropônicos utilizados na produção da alface, o sistema com tubos de PVC ou calhas do tipo telha, tem maior destaque devido sua maior difusão (HENZ; SUINAGA, 2009).

Um fator limitante para a produção em sistema hidropônico a todas as classes de produtores, é seu alto valor de implementação, devido necessitar de toda uma infraestrutura própria, bem como mão de obra qualificada para seu manejo e manutenção durante todo o processo produtivo. O tempo de retorno do investimento poderá demorar uma média de dois a três anos, até que o mesmo comece a gerar lucro (ROVER; OLIVEIRA; NAGOAKA, 2014).

Outra técnica de otimização é o manejo do espaçamento da cultura, que segundo Zanine e Santos (2004), em uma área que se possui uma maior ou menor densidade da planta, o comportamento produtivo é diferenciado, em função de competição por água, espaços, luz e nutrientes. O espaçamento utilizado, exerce uma influência significativa na cultura em estudo, visto que afeta diretamente o peso e a qualidade das mesmas (SILVA *et al.*, 2000).

REGHIN *et al.*, 2002 observaram um aumento na produção de biomassa da alface, quando se reduziram os espaçamentos de cultivo, devido a maior densidade da planta, o que acarretou um aumento de produtividade, porém devido o menor espaçamento utilizado, observou-se plantas de tamanhos inferiores aos cultivos de maior espaçamento.

Uma das características da alface, é sua adaptabilidade às condições de menor fluxo de energia radiante, isso porque a intensidade de luz, afeta diretamente o seu crescimento e desenvolvimento. Se a condução da cultura estiver dentro de uma variação ótima de luminosidade sua fotossíntese será elevada, a respiração dada como normal e a quantidade de matéria seca acumulada será em altos níveis. O uso de telas de polipropileno viabiliza esses benefícios a cultura, devido a diminuição da incidência de raios solares. (BEZERRA NETO *et al.*, 2005).

Outro método de produção que tem possibilitado bons resultados aos produtores de alface é através do uso de telas de sombreamento, tal método tem crescido a cada ano. Com a tela, há uma redução os efeitos prejudiciais da temperatura no cultivo de alface (Polysack Indústrias Ltda, 2009). Porém, o produtor deve tomar cuidado já que a utilização da mesma pode acarretar na redução do fluxo de luz a níveis inadequados, que pode ocasionar um

prolongamento do ciclo, estiolamento da planta e redução da produtividade (DALASTRA *et al.*, 2016).

Como alternativa aos métodos já existentes para otimização do cultivo de alface em épocas de escassez hídrica no semiárido, surgiu um novo produto no mercado, o hidrogel agrícola, que promete reduzir as perdas de água e nutrientes por lixiviação, bem como reduzir em até 50% a frequência de irrigação, sendo de um preço acessível a todas as classes de produtores (HYDROPLAN-EB, 2017).

3.3 Manejo da irrigação

A agricultura depende de dois fatores de produção essenciais, que são eles a água e solo. O semiárido nordestino se caracteriza por intensa restrição hídrica, que impõe limites e condições para a produção agropecuária (BUAINAIN; GARCIA, 2015). Porém, a restrição hídrica aponta alguns fatores positivos que são uma menor incidência de pragas e doenças e a disponibilidade de solos com alta fertilidade e com potencial para irrigação (DANTAS, 2010). A irrigação por sua vez é uma tecnologia que possui finalidade de aplicar água no solo, tendo como objetivo principal suprir às exigências hídricas do sistema planta-atmosfera (EMBRAPA, 2015).

Para o manejo adequado da irrigação, devem-se levar em consideração algumas práticas importantes, entre eles a quantidade de água adequada e o momento exato para que se proceda à irrigação. Feito isso, além do produtor economizar água e energia, ele estará assegurando um melhor desempenho em termos de produtividade. Além da geração de renda, fazer o uso racional da água destinada à irrigação, também contribui para a preservação do meio ambiente, tornando essa técnica sustentável e rentável (LAZIA, 2012).

Segundo Hernandez (2004), a irrigação pode ser realizada por diferentes métodos e sistemas, tendo cada um, sua própria característica que o distingue dos demais. Os principais métodos de irrigação são por aspersão, por superfície e localizada, onde a irrigação por aspersão é composta pelos sistemas de aspersão convencional, sobre ou sub-copa da cultura. Na irrigação por superfície, os mais comuns são sistemas de inundação e sulcos e por fim a irrigação localizada, que consiste na microaspersão, no gotejamento e recentemente nas fitas gotejadoras. Esse último método é tido como de maior eficiência por ter como característica a baixa pressão de serviço e também por molhar apenas parte da superfície do solo, diminuindo o desperdício de água.

No cultivo da alface, comumente o método de irrigação utilizado é por aspersão tradicional (BANDEIRA *et al.*, 2011), em especial quando desenvolvidas em canteiros, porém,

de acordo com o cultivo escolhido, seja em canteiros ou em campo, utiliza-se também os demais métodos de irrigação, com destaque para o sistema de irrigação localizado, onde, na atualidade, devido a inserção do uso do plástico na agricultura, como cobertura do solo, o sistema de irrigação por aspersão teve sua eficiência comprometida e o sistema localizado, aplica a água diretamente no solo, no colo da planta, fornecendo água quase que de forma direta ao sistema radicular (ANDRADE JUNIOR e KLAR, 1997).

3.4 Hidrogel

Segundo Brito *et al.* (2013), os hidrogéis são polímeros hidroabsorventes, com estruturas tridimensionais e que apresenta capacidade de absorver quantidades variáveis de águas e/ou fluídos biológicos, sem que o mesmo sofra perdas em sua forma. Estes polímeros são compostos através da junção de redes hidrofílicas poliméricas, física ou quimicamente reticuladas. Sua origem pode ser natural quando derivados do amido e sintéticos quando os mesmos são derivados do petróleo, sendo o segundo o que possui maior potencial de absorção (DUSI, 2005).

Magalhães (2009), observou no procedimento de síntese do hidrogel que são utilizadas algumas variedades de monômeros, em especial acrilatos. Dusi (2005) em estudo, observou que a composição química do polímero influenciou diretamente na forma de retenção do líquido, bem como na liberação do mesmo para as plantas. Melo (2007), confirma que a capacidade de absorção, retenção e liberação possui relação direta com a estrutura física e a constituição química do polímero utilizado.

Akhter *et al.* (2004) avaliaram o potencial do hidrogel na retenção de água e como resultado puderam observar que a capacidade de retenção de água no solo aumentou linearmente conforme houve um aumento de doses de hidrogel no solo. Koupai *et al.* (2008) também realizaram testes com o polímero e obtiveram resultados semelhantes, onde a aplicação do mesmo no solo, aumentou cerca de 2,3% sua água disponível para a planta, fazendo com que houvesse diminuição na frequência de irrigação, otimizando assim o uso dos recursos hídricos, em especial na região semiárida.

O uso do hidrogel na agricultura tem crescido nos últimos anos no Brasil, em especial na fruticultura e na produção de substratos para mudas (AZEVEDO *et al.*, 2006). Esse crescimento está diretamente relacionado a sua capacidade de retenção e liberação de água para as plantas, que fazem alterações no solo, mantendo sempre a umidade do mesmo, o que gera melhorias para o desenvolvimento da planta, proporcionando água disponível para as mesmas especialmente em ambientes áridos (AKHTER *et al.*, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

A condução do experimento foi realizada na área experimental da Estação Agrometeorológica (Figura 1), pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), localizada no Campus Picí, em Fortaleza Ceará, nas coordenadas geográficas 03°45'S, 38°33'W, com altitude média 19 m, no período de agosto à outubro de 2017.

Figura 1 - Vista aérea do campo experimental. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Google Earth, adaptado pelo autor (2017).

4.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen (1923), a região de estudo é classificada como Aw', indicando clima tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18° C. Durante o período de condução do experimento, foram realizadas observações diárias de algumas variáveis meteorológicas, destes valores diários médias mensais foram obtidas, as quais se encontram disponíveis na Tabela 1.

Tabela 1 – Médias meteorológicas observadas durante a condução experimento. Fortaleza, Ceará 2017.

Mês	Temperatura	Umidade	Velocidade do	Precipitação
	Média do Ar	Relativa	Vento	Total
	(°C)	(%)	(m s ⁻¹)	(mm)
Agosto	28,3	62	3,7	0,0
Setembro	28,6	57	4,4	3,5
Outubro	28,8	65	4,3	8,4

Fonte: Estação Agrometeorológica, Fortaleza, Ceará, 2017.

4.3 Solo

O experimento foi conduzido em vasos plásticos de 8L de capacidade volumétrica. O solo utilizado para o preenchimento dos vasos foi Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006), proveniente de uma área com vegetação nativa da estação agrometeorológica.

Para a caracterização dos atributos do solo e visando-se uma melhor representatividade do mesmo, coletou-se uma amostra composta na camada de 0 – 20 cm, que foi encaminhada para o laboratório da *Universidade Federal do Ceará - UFC*, para a realização de análises físicas e químicas. Os resultados obtidos estão expressos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Atributos físicos do argissolo vermelho – amarelo, utilizado no experimento. Fortaleza, Ceará 2017

Camada	Composição granulométrica			Classe textural	Densidade		Umidade (kPa)	
	Areia	Silte	Argila		Solo	Partículas	33	1.500
(m)	(g kg ⁻¹)			(-)	(g cm ⁻³)		(g 100g ⁻¹)	
0,00 – 0,20	805	107	133	Areia franca	1,49	2,69	6,43	5,33

Fonte: Autor (2017).

Tabela 3 - Atributos químicos do argissolo vermelho – amarelo, utilizado no experimento. Fortaleza, Ceará 2017

Camada (m)	pH (Água) (-)	CE (dS m ⁻¹)	Complexo sortivo (cmol _c kg ⁻¹)					
			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺
0,00 – 0,20	6,0	0,35	1,20	0,60	0,36	0,23	1,98	0,15
Camada (m)	S (cmol _c kg ⁻¹)	T (%)	V (%)	PST	M.O. (g kg ⁻¹)	P _{Assimilável} (mg kg ⁻¹)		
0,00 – 0,20	2,6	4,6	57	5,0	11,17	32		

¹pH – potencial hidrogênioônico, CE – condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; S – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions; V – saturação por bases; PST – percentagem de sódio trocável; M.O. – matéria orgânica.

Fonte: Autor (2017).

4.4 Água

A água utilizada para irrigação foi proveniente de um poço tubular localizado na estação agrometeorológica, com condutividade elétrica média de 0,8 dS m⁻¹, sendo diariamente conferida, bombeada e armazenada em um reservatório com capacidade volumétrica de 5000 L e deste bombeada para a área de plantio.

4.5 Cultura

A cultura utilizada nesse experimento foi alface (*Lactuca sativa* L.), a mesma pertence à família Asteraceae. A escolha se deu devido a sua importância comercial, já que é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo. A cultivar utilizada foi a Santa Monica SF 31, devido alguns atributos e adaptabilidades a região. Essa cultivar possui um ciclo médio de 60 – 70 dias, é classificada como tipo crespa, com coloração verde médio e excelente qualidade comercial. Volumosa, folhas com boa palatabilidade e suavidade. Possui tolerância a temperaturas elevadas, ao pendoamento precoce, a queima da borda e ao vírus LMV (*Lettuce mosaic virus*) (Figura 2) (FELTRIN, 2017).

Figura 2 – Alface Santa Mônica SF 31. Fortaleza, Ceará 2017



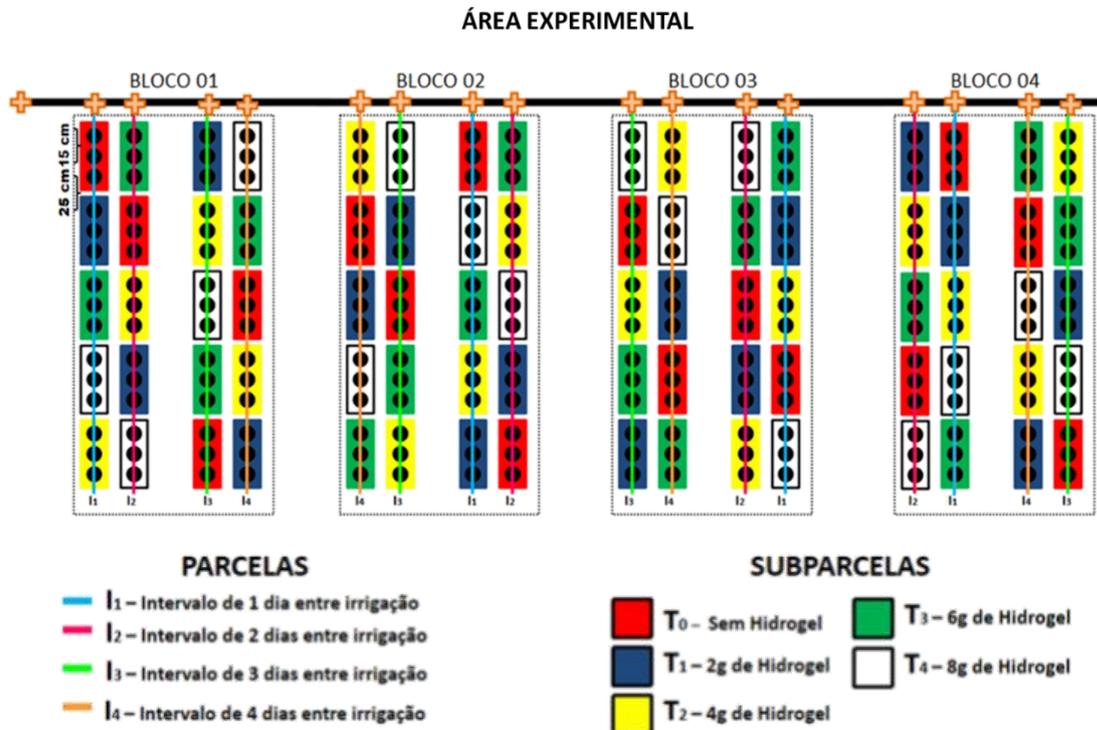
Fonte: Autor (2017).

O ciclo da cultura dessa cultivar nessa pesquisa foi de 63 dias, conduzido em ambiente protegido, com telado branco 20%. Após o transplatio as plantas foram submetidas a um período de 15 dias a sombreamento de mais 50% para aclimatação.

4.6 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), instalado em parcelas subdivididas (Split-plot) 4 x 5, com três repetições. Sendo a parcela constituída por diferentes intervalos entre irrigações (1, 2, 3 e 4 dias) e a subparcela por dosagens de hidrogel (0, 2, 4, 6 e 8 g vaso⁻¹). Para cada tratamento foram utilizados 3 vasos por bloco, sedo o experimento composto por 4 blocos, contabilizando-se 12 plantas úteis por tratamento com total geral de 240 vasos (Figura 3).

Figura 3 – Croqui representando a distribuição dos tratamentos na área experimental. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

4.7 Preparação da área experimental

A área útil utilizada para condução do experimento foi de 12 x 9 m, ou seja, 108m². Inicialmente, os 240 vasos de plástico flexível foram distribuídos conforme delineamento experimental (os vasos possuíam orifícios circulares no fundo e foram postos sobre tijolos para possibilitar a drenagem do excesso de água). Em seguida, os mesmos foram preenchidos com uma camada de 2 cm de brita e posteriormente o solo já descrito.

4.7.1 Montagem do sistema de irrigação

Foi utilizado um sistema de irrigação do tipo localizado por gotejamento, constituído por uma linha principal composta por uma tubulação de PVC com 50 mm de diâmetro nominal e 12 m de comprimento, com 16 linhas laterais compostas por mangueira de

polietileno com 25 mm de diâmetro, uma para cada fileira de vasos. O sistema foi pressurizado por um conjunto motobomba, com potência de 0,75 cv.

Após a distribuição das linhas laterais, os gotejadores foram inseridos nas mesmas, utilizou-se gotejadores autocompensantes da marca Netafim com vazão de $4\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ (Figura 4).

Figura 4 – Gotejador autocompensante Netafim, utilizado no sistema de irrigação. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Autor (2018)

Em seguida, realizou-se o teste de uniformidade do sistema por meio do método proposto por Denículi (1980) onde selecionou-se o maior número de pontos na linha, no caso, foram selecionados 8 emissores por linha, sendo eles o da entrada da água, 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 d'água abaixo e o emissor extremo d'água abaixo e de 4 linhas laterais, sendo elas a de entrada da água, 1/3, 2/3 da água abaixo e o extremo da água abaixo, como o sistema em questão possuía a entrada de água no centro da linha principal, avaliou-se 4 linhas de cada lado, a partir da linha da entrada d'água. A vazão foi obtida através da razão entre o volume e o tempo, o volume foi coletado com auxílio de coletores, localizados abaixo dos emissores selecionados pelo período de 1 minuto, sendo medido o volume coletado através de provetas graduadas com capacidade de 500 mL. O tempo foi cronometrado com auxílio de cronômetro digital. Em cada linha foi realizado o processo três vezes, para maior confiabilidade dos dados.

Com os dados obtidos em campo, realizou-se os cálculos para a avaliação do sistema de irrigação e obtenção dos coeficientes de uniformidade, sendo o CUC (Equação 1), CUD (Equação 2) e CUE (Equação 3) para os 64 gotejadores avaliados.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n \bar{q}} \right) \quad (1)$$

Onde: CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; q_i é a vazão do i - ézimo ponto de emissão, em $L h^{-1}$; q é a vazão média de todos os pontos de emissão, em $L h^{-1}$; n é o número de pontos de emissão.

$$CUC = 100 \frac{q_{25\%}}{q} \quad (2)$$

Onde: CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, em %; q_{25} é a vazão média dos 25% menores valores obtidos pelos gotejadores, em $L h^{-1}$.

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S_q}{q} \right) \quad (3)$$

Onde: CUE é o coeficiente de uniformidade estatístico, em %; S_q é o desvio padrão das vazões nos pontos de emissão.

Todos os coeficientes avaliados obtiveram uma média superior a 90%, classificando o sistema como excelente.

4.7.2 Adubação

A adubação foi baseada no resultado da análise de solo e nas recomendações nutricionais da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) prescritas por Aquino *et al.* (1993). Inicialmente, foi realizada uma adubação mineral diretamente nos vasos 15 dias antes do transplântio das mudas de alface, quantificadas conforme informações a seguir.

As quantidades de macronutrientes, segundo a recomendação, foram de 60 kg ha^{-1} de Nitrogênio (N), 150 kg ha^{-1} de Fósforo (P), 50 kg ha^{-1} de Potássio (K).

Devido a pesquisa ter sido realizada em vasos, foi necessário adaptar a recomendação de adubação com base em área, para base em volume. Para isso, foi calculado o volume dos vasos de acordo com a Equação 5.

Figura 5 – Dimensionamento do volume do vaso para adubação. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Braga, adaptado pelo autor. (2018)

$$Volume = \pi.h.\left(\frac{R1^2 + R1.R2 + R2^2}{3}\right) \quad (5)$$

Após conhecido que o volume do vaso era de 6,97 dm³, realizou-se a conversão de área para volume. Sabendo-se que 1 ha equivale a 10.000 m² e a camada de distribuição do adubo mineral é de 20 cm, nesse caso 1 ha é equivalente a 2.000.000 de dm³. De posse do volume, calcularam-se as quantidades de nutrientes a serem aplicadas por vaso, conforme Tabela 4.

Tabela 4 – Recomendações de adubação e quantidade de fertilizante utilizada. Fortaleza, Ceará 2017

Nutriente	Recomendação ha ⁻¹	Quantidade de fertilizante utilizada vaso ⁻¹
Ureia (N)	60 kg ha ⁻¹	0,46 g vaso ⁻¹
Super Fosfato Simples (P ₂ O ₅)	150 kg ha ⁻¹	3,07 g vaso ⁻¹
Nitrato de Potássio (K ₂ O)	50 kg ha ⁻¹	0,40 g vaso ⁻¹

Fonte: Elaborado pelo autor (2017).

Para a pesagem individual dos nutrientes, utilizou-se uma balança digital com precisão de 0,005 g, conforme mostra a Figura 6. As fontes de N, P e K utilizadas foram: ureia, super fosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Figura 6 – Pesagem de adubos em balança de precisão. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Autor (2018)

Após a pesagem, os adubos foram incorporados ao solo e revolvidos na camada de 0,20 m. Em seguida, foram adicionados 500 mL d'água manualmente em cada vaso, medido em Becker graduado para dissolução dos mesmos.

4.8 Semeadura e desbaste

O método de plantio foi por sementeira indireta, através da produção de mudas (Figura 7), onde foram semeadas em bandejas de PVC de 200 células, sendo 3 sementes por célula. As bandejas foram preenchidas com o substrato produzido na área experimental composto por vermiculita e substrato orgânico.

As bandejas permaneceram em suporte tipo bancadas, com intuito de haver luz na parte inferior das mesmas. Aos 4 dias após a sementeira, houve a emergência das plântulas. Aos 8 dias após a sementeira, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por célula. Ao totalizar 20 dias após a sementeira, onde já se observava 4 folhas definitivas nas mudas, as mesmas foram preparadas para o transplante definitivo para os vasos.

Figura 7 – Semeadura, emergência e mudas de alface prontas para transplântio. Fortaleza, Ceará 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.9 Manejo da irrigação

A irrigação foi realizada diariamente de acordo com o tratamento adotado, tendo seu manejo via estimativa do tanque Classe A. Foi utilizada a metodologia proposta por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) para a estimativa da evapotranspiração potencial da cultura – ET_{pc} onde, antes de tudo, obteve-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o).

A estimativa diária da evapotranspiração de referência – ET_o foi estimada utilizando-se um tanque evaporimétrico do tipo Classe A, pertencente à estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, localizado ao lado da área experimental, com quantificação da evaporação da água no mesmo realizada diariamente às 9 horas.

Para se estimar a Evapotranspiração de referência – ET_o , utilizou-se a equação 6

$$ET_o = ECA \cdot Kt \quad (6)$$

em que:

ET_o - evapotranspiração de referência estimada com auxílio do Tanque Classe “A” (mm);

ECA - evaporação medida no tanque Classe “A” (mm);

Kt - coeficiente de ajuste do tanque (fator adimensional).

O coeficiente de ajuste do tanque (Kt) foi obtido através da equação 7 proposta por SNYDER (1992):

$$Kt = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376 U + 0,0045 UR \quad (7)$$

em que:

F - distância do centro do tanque ao limite da bordadura (tanque sobre cobertura tipo grama a 10 cm do solo);

U - velocidade média do vento a 2 m de altura (km dia^{-1});

UR - umidade relativa média do ar (%).

Para obtenção do (Kt), foram usadas as médias aritméticas dos dados climáticos registrados pela estação agrometeorológica da UFC, referente aos meses de condução do experimento dos últimos cinco anos.

Para estimar a evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}), utilizou-se a Equação 8.

$$ET_{pc} = ET_o \cdot K_c \quad (8)$$

em que,

ET_{pc} - evapotranspiração potencial da cultura (mm);

ET_o - evapotranspiração de referência estimada através do Tanque Classe “A” (mm);

K_c - coeficientes de cultivo;

O coeficiente de cultivo foi adotado de acordo com os estádios fenológicos da cultura da alface. Os coeficientes utilizados foram 0,70 (até 12 dias após o semeadura, DAS); 1,0 (de 13 a 55 DAS); 0,95 (de 56 a 62 DAS) período de colheita.

Para se calcular o tempo de irrigação, utilizou-se a Equação 9.

$$T_i = \frac{ET_{pc} \cdot A_v \cdot F_c}{E_i \cdot f_i} \quad (9)$$

Onde,

T_i - é o tempo de irrigação (h);

f_i - Vazão do gotejador (L/h)

ET_{pc} - evapotranspiração potencial da cultura (mm);

A_v - área do vaso (0,00313 m²);

F_c - fator de cobertura do solo (adimensional);

E_i - eficiência de irrigação (90%) (adimensional);

4.10 Controle fitossanitário e plantas infestantes

O controle das plantas infestantes presentes durante o experimento foi realizado semanalmente através de capinas manuais. Evitando-se assim a competição por água e nutrientes com as culturas em consórcio.

Durante as últimas semanas de experimento em campo, constatou-se a presença de mosca branca (*Bemisia tabaci*), as quais foram controladas com pulverizações a cada 2 dias com uma solução de detergente líquido, onde diluiu-se 5 mL de detergente líquido para cada 1L de água, a mistura era pulverizada nas plantas na parte abaxial das folhas no fim da tarde.

4.11 Tratamentos utilizados

O experimento foi composto por dois tratamentos distintos, sendo eles constituídos por diferentes intervalos entre irrigações (1, 2, 3 e 4 dias) e dosagens de hidrogel (0, 2, 4, 6 e 8 g vaso⁻¹).

4.11.1 Dosagens de hidrogel

O tratamento de dosagens de hidrogel, foram inseridos junto ao solo momentos antes do transplante das mudas para o vaso. Cada dosagem/tratamento foi hidratada com água e ficou em repouso por um período de 1 hora para hidratação do gel. Após hidratado, o mesmo foi depositado na dosagem do tratamento em uma cova no vaso, onde foi transplantado em seguida a muda de alface (Figura 8).

Figura 8 – Preparação do tratamento doses de hidrogel. Fortaleza, Ceará 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Durante o ciclo, não houve a necessidade do gel ser trocado ou reabastecido, o mesmo era hidratado novamente sempre quando o solo era irrigado, onde absorvia água novamente e, aos poucos liberava para as plantas quando necessário.

4.11.2 Déficit hídrico / Intervalo de irrigação

O tratamento de intervalo de irrigação, teve como finalidade submeter à cultura ao déficit hídrico, sendo mais crítico o último tratamento, onde a cultura ficou sem irrigação por 4 dias entre uma irrigação e outra. O tratamento de menor impacto não houve déficit, já que, o mesmo foi irrigado diariamente.

Para isso, o sistema de irrigação contou com registros individuais no início das linhas de derivação (Figura 9), para o controle de quais parcelas irrigar de acordo com o tratamento.

Figura 9 – Registros individuais no início das linhas de derivação para controle de tratamento de déficit hídrico. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Autor (2018)

4.12 Variáveis analisadas

4.12.1 Análises de crescimento

A análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo. Após a emergência das plântulas, foram realizadas avaliações em intervalos médios de 12 dias. As variáveis analisadas foram:

- Diâmetro caulinar: determinou-se o diâmetro na altura do colo da planta com auxílio de um paquímetro digital (Figura 10);

Figura 10 – Medição do diâmetro do caule, com o auxílio de paquímetro digital. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Autor (2018)

- Número de folhas: Foi realizada a contagem individual de folhas por planta (Figura 11);

Figura 11 – Número de folhas por planta, onde foi realizada a contagem individualmente conforme o tratamento. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Autor (2018)

- Área foliar: Ao fim do experimento, utilizou-se um integrador de área foliar, onde obteve-se a área foliar total (Figura 12);

Figura 12 – Uso do integrador foliar, ao fim do ciclo, para obtenção da área foliar total. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

- Tamanho e peso da raiz: Ao fim do ciclo, mediu-se o comprimento da raiz com auxílio de régua graduada. Após obteve-se o peso em gramas, com intuito de observar se a dose de hidrogel utilizada propiciou, à planta, uma maior massa de raízes (Figura 13).

Figura 13 – Medição de tamanho e peso das raízes, conforme tratamento utilizado. Fortaleza, Ceará 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.12.2 Análise de produção

a) Matéria fresca da parte aérea – Foi obtida ao final do experimento com a colheita de todas as plantas, onde as mesmas foram separadas por tratamento, pesadas e expressa em gramas por planta (Figura 14);

Figura 14 – Pesagem individual da parte aérea da planta de alface, ao fim do ciclo. Fortaleza, Ceará 2017



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

b) Matéria seca da parte aérea – Após a determinação da matéria fresca, as plantas foram levadas para secagem em estufa a 65° C, onde permaneceram até atingirem peso constante (aproximadamente por um período de 48 horas). Foram novamente pesadas, tendo sido obtido o peso da matéria seca em gramas por planta (Figura 15).

Figura 15 – Pesagem da massa seca da planta, após secagem em estufa. Fortaleza, Ceará 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.12.3 Trocas gasosas

Ao final dos diferentes estádios de desenvolvimento foram realizadas medições das taxas de fotossíntese, transpiração, condutância estomática em folhas totalmente expandidas utilizando-se um analisador a gases infravermelho portátil (Irga), modelo Li – 6400XT (Portable Photosynthesis System-LI) da LICOR, onde o mesmo infere o diferencial entre CO₂

e H₂O em um fluxo de ar que passa pela câmara onde está a unidade foliar que está sendo analisada (Figura 16). As medições foram realizadas sempre entre 09:00 e 12:00 horas.

Figura 16 – IRGA, modelo Li – 6400 XT, utilizado para medição de trocas gasosas nas plantas de alface. Fortaleza, Ceará 2017.



Fonte: Autor (2018)

4.12.4 Teor de clorofila (Índice SPAD)

Para a determinação do índice de clorofila (SPAD) foi utilizado um medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Soil Plant Analysis Development, Minolta Camera Co., Osaka, Japan) o qual realiza a leitura em valor SPAD (Figura 17). As leituras foram realizadas em folhas intactas recém-maduras, em quatro pontos da folha e a dois centímetros da margem, sempre ao fim de cada fase fisiológica e no horário entre as 8:00 e 10:00 horas.

Figura 17 – Medição do índice de clorofila com medidor portátil SPAD-502 em plantas de alface. Fortaleza, Ceará 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

4.12.5 Análises estatísticas

Os dados para cada variável referente à cultura foram submetidos à análise de variância (Anova). Posteriormente, quando significativos pelo teste F, os dados foram submetidos a teste de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% (*) de probabilidade. Os dados que apresentaram interação significativa foram submetidos à análise de regressão buscando-se ajustar equações. Na análise de regressão, as equações de regressão que melhor se ajustaram aos dados, foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão a 5% (*) de probabilidade pelo teste F e no maior coeficiente de determinação (R^2).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5, encontra-se o resumo da análise de variância, da variável diâmetro do caule, avaliação realizada aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS) das alfaces. Observa-se que em todas as avaliações, com exceção da AV0 apresentaram interação entre os tratamentos. Ressalta-se, que o tratamento de déficit hídrico, iniciou-se 3 dias antes da avaliação AV0, pois aguardou-se um período de 5 dias para estabilização da planta em campo, o que influenciou na falta de resultados significativos na AV0.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os dados de diâmetro do caule (\emptyset) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente. Fortaleza, Ceará 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		\emptyset_{av0}	\emptyset_{av1}	\emptyset_{av2}	\emptyset_{av3}
Blocos	3	0.09778 ^{ns}	0.08067 ^{ns}	0.98997*	0.20081 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	0.64364 ^{ns}	0.45132 ^{ns}	15.1654**	13.5772 ^{ns}
Resíduo - (I)	9	0.27824	0.24390	0.20029	0.10334
Parcelas	15	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	0.30355 ^{ns}	1.68454**	9.87794**	8.40670**
Int. I x D	12	0.24104 ^{ns}	1.34717**	1.84259**	3.25567**
Resíduo - (D)	48	0.23411	0.15808	0.32902	0.09111
CV % (Intervalo)		15.21	7.11	4.87	2.56
CV % (Dose)		13.95	5.72	6.25	2.40
Total	79				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 18, representa o diâmetro do caule da alface, quando submetido a diferentes combinações de intervalo de irrigação e doses de hidrogel, na AV1 (A), AV2 (B) e AV3 (C). Observa-se um aumento do diâmetro do caule em todos os tratamentos com déficit hídrico, conforme há um aumento da dose de hidrogel no solo até o intervalo das doses T2 e T3. Destaque na Figura (A) para a combinação T3I3 (6g de hidrogel no solo, com intervalo de irrigação de 3 dias), onde obteve-se a média de diâmetro próxima ao tratamento sem déficit hídrico no solo, podendo chegar a um ponto de máxima de 7,51mm com uma dose de 5.7g de hidrogel no solo. O modelo matemático em que todas os tratamentos se ajustaram, foi do tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,9496; 0,975; 0,9684$ e $0,7021$, respectivamente. Conforme

o aumento da dose de hidrogel e do intervalo de irrigação, a partir da terceira dose, exceto no tratamento I1, houve um decréscimo do diâmetro em todas as combinações.

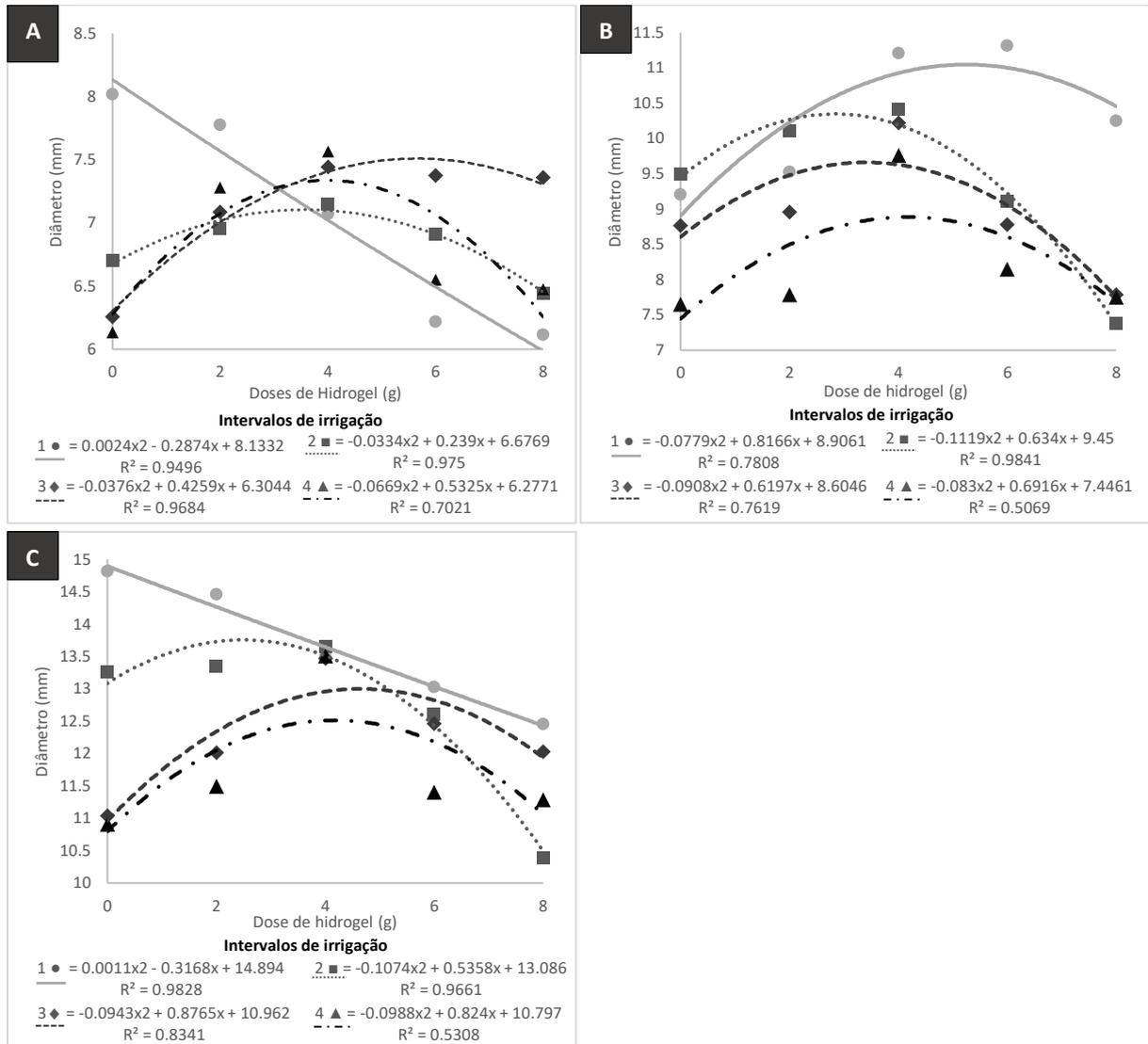
Observa-se na Figura (B), que ocorreu uma diferenciação nos tratamentos aos 51 (DAS), quando comparados a avaliação 1 (A) 40 (DAS). Conforme na avaliação 1, de acordo com o incremento do hidrogel no solo, a planta respondeu com um maior diâmetro do caule, porém, o tratamento I1, o qual tinha irrigação diária, mostrou um comportamento ascendente, contrário que ocorreu na avaliação anterior, destacando-se dos demais tratamentos.

O tratamento com intervalo de irrigação de 3 dias (I3), mostrou-se eficiente, quando comparado com o tratamento padrão, apresentando maiores médias de diâmetro, quando combinado com a dose de 4g de hidrogel no solo (T2). O tratamento (T2I3) apresenta uma diferença de 11,53% quando comparado ao tratamento padrão. Encontra-se o ponto de máxima para o I3, com uma dose média de hidrogel de 3,65g de hidrogel, chegando ao diâmetro de 13,92 mm. O modelo polinomial quadrático, foi o que melhor se ajustou aos dados, apresentando valores de $R^2 = 0,7808; 0,9841; 0,7619$ e $0,5069$, respectivamente.

Na avaliação ao fim do ciclo 63 (DAS), mostrou resposta semelhante ao observado na avaliação na AV1, com um declínio acentuado do tratamento I1, conforme é possível observar na Figura (C). O ajuste dos dados foi do tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,9828; 0,9661; 0,8341$ e $0,5368$ respectivamente.

Para os demais intervalos, a resposta foi semelhante, apresentando melhor desempenho, ou seja, maiores diâmetros quando combinados com a dose de hidrogel do tratamento T2. A maior média foi encontrada no tratamento padrão, seguida pelo tratamento T1I2. Outro tratamento em destaque foi T2I2, que apresentou média 1,35% maior que os demais tratamentos de intervalo com a mesma dose, porém com média 7,84% menor que o tratamento padrão.

Figura 18 – Diâmetro do caule da planta de alface em função da combinação das doses de hidrogel e intervalos de irrigação utilizados, aos 40 (A) 51 (B) e 63 (C) DAS. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Segundo Pinto e Flores (1999) o menor incremento no diâmetro do caule, dá-se pela excessiva umidade do solo, que neste caso, observa-se a partir de uma determinada dose do polímero aplicada no mesmo. Oliveira et. al., (2014) verificaram em trabalho com polímero hidroretentor, que a sua presença ocasiona uma maior retenção de água, conforme se aumenta a dose, gerando assim uma menor necessidade de aplicação da lâmina média.

As plantas, ao serem submetidas à umidade do solo excessiva, são expostas a situações adversas, sofrendo assim, uma espécie de deficiência hídrica, mesmo havendo umidade, que ocorre possivelmente, pela redução da disponibilidade de oxigênio para as raízes. Musgrave, (1994) encontrou resultados semelhantes ao submeter suas plantas ao

encharcamento, observando que o aumento da umidade do solo, diminuiu o diâmetro do caule das mesmas.

Valeriano *et al.* (2016), observando a aplicação de diferentes lâminas na cultura da alface, constataram que conforme a maior disponibilidade hídrica, maior foram os valores de diâmetro do caule. Apresentando decréscimo do diâmetro, quando a lâmina ultrapassou 120% da ETc. Isso confirma os resultados apresentados nesse trabalho, que conforme o déficit submetido a cultura, menor foram os diâmetros obtidos.

Moraes, Botrel e Dias (2001), ao observarem a umidade do solo, em trabalho utilizando polímero hidrorretentor na cultura da alface, concluíram que com o aumento da dosagem no polímero no solo, em tensões de 10 a 30 Kpa, maior será a umidade presente no mesmo, melhorando assim a disponibilidade hídrica quando submetidos a maiores intervalos de irrigação. Isso corrobora com os resultados aqui apresentados, onde, a dosagem do tratamento T2 apresentou melhores resultados de diâmetro, que segundo Silva e Queiroz (2013), dá-se pelo melhor suprimento hídrico.

Dos Santos *et al.* (2016) ao analisarem a produção de alface em função de lâminas de irrigação, observaram que a variável diâmetro do caule, está diretamente relacionada ao fornecimento adequado de água para a cultura, conforme houve uma redução da lâmina aplicada, menor foi o diâmetro caulinar aos 60 DAS, apresentando um ponto de máxima com um suprimento hídrico de 100% da ET_o e um declínio após o fornecimento dessa lâmina.

Butrinowski *et al.* (2013), observaram o aumento de diâmetro caulinar em plantas de *Eucalyptus*, quando supridas com necessidade hídrica ideal, apresentando declínio, quando a quantidade de água no solo, ultrapassava cerca de 125% da ET_{pc}. Isso explica o comportamento do diâmetro obtido no tratamento II, onde, o acréscimo do gel no solo, elevou a umidade do mesmo, apresentando maior retenção de água, visto a frequência de irrigação diária.

Os resultados obtidos por Valeriano *et al.* (2016), que foram citados anteriormente, mostram que a alface responde de forma semelhante ao *Eucalyptus*, quando submetida a estresse hídrico. Corroborando com os resultados aqui apresentados, onde o diâmetro caulinar tende a aumentar, conforme a disponibilidade hídrica ideal no solo, e diminuir quando essa umidade é excedente ou deficiente.

Idrobo, Rodríguez e Ortíz (2010) ao trabalharem com uso de hidrogel na agricultura irrigada, obtiveram como respostas uma maior capacidade de retenção de água no solo com o uso do polímero, quando comparados ao solo sem o uso do mesmo. Os autores atribuem, uma

maior disponibilidade de água livre no meio, ficando esta, disponível para as plantas. Os resultados obtidos pelo autor, explicam as respostas de aumento caulinar apresentadas nesse trabalho, que foram crescentes nos tratamentos submetidos ao déficit, conforme o incremento do gel no solo, até a dosagem de 4g que apresentou valores mais expressivos.

A Tabela 6 é composta pelos resumos das análises de variância, da variável número de folhas, avaliação realizada aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS) das alfaces. Observa-se que em nenhuma avaliação apresentou interação entre os tratamentos. O tratamento intervalo de irrigação isolado, apresentou diferença estatística a partir da avaliação aos 40 DAS, já o tratamento isolado doses de hidrogel, apresentou diferença nesta variável apenas a partir dos 51 DAS. Ressalta-se, que o tratamento de déficit hídrico, iniciou-se 3 dias antes da avaliação AV0, pois aguardou-se um período de 5 dias para estabilização da planta em campo, o que influenciou na falta de resultados significativos na AV0.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para os dados Número de folhas (N_{folhas}) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente. Fortaleza, Ceará 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		$N_{\text{folhas}} \text{ av0}$	$N_{\text{folhas}} \text{ av1}$	$N_{\text{folhas}} \text{ av2}$	$N_{\text{folhas}} \text{ av3}$
Blocos	3	0.03333 ^{ns}	0.04583 ^{ns}	0.37917 ^{ns}	1.91250 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	0.20000 ^{ns}	1.67917*	31.1792**	62.5458**
Resíduo - (I)	9	0.23333	0.51250	2.32361	2.14583
Parcelas	15	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	0.20625 ^{ns}	0.28125 ^{ns}	18.8312**	35.4063**
Int. I x D	12	0.10625 ^{ns}	0.68958 ^{ns}	1.60625 ^{ns}	2.76458 ^{ns}
Resíduo - (D)	48	0.13125	0.31250	2.46250	2.02500
CV % (Intervalo)		8.19	7.79	7.90	6.39
CV % (Dose)		6.14	6.08	8.14	6.20
Total	79				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 19, representa o número de folhas da alface, quando submetido a diferentes combinações de intervalo de irrigação e doses de hidrogel, na AV1 (A), AV2 (B), (C) e AV3 (D), (E).

Como se observa na Tabela 6, a variável número de folhas, foi significativa na avaliação 1, apresentando resposta apenas para o tratamento intervalo de irrigação. Os dados dessa variável se ajustaram no modelo polinomial quadrático, com $R^2 = 0.94$. Na Figura (A), verifica-se que conforme houve o aumento do intervalo de irrigação, sendo a planta submetida ao déficit hídrico, menor foi a numeração de folhas da mesma, isso ocorre como um mecanismo de defesa, pois com um menor número de folhas na planta, menor será a perda de água pelos estômatos.

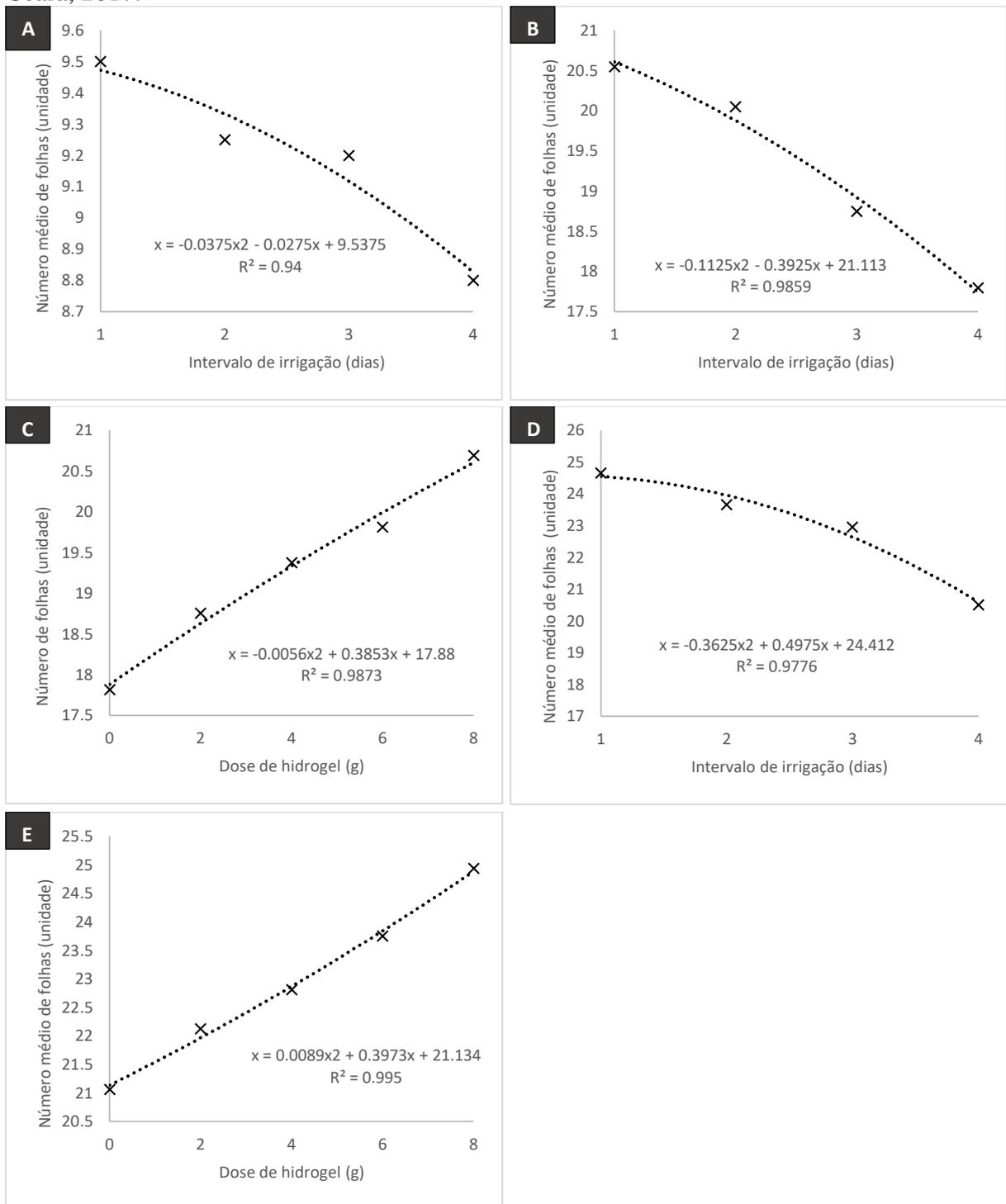
Na Figura (B), é possível observar que os dados se ajustaram no modelo polinomial quadrático, onde conforme houve um aumento do intervalo de irrigação, houve também um menor número de folhas presentes na planta. Isso pode ser explicado, por um maior período o qual a planta foi submetida ao déficit hídrico, diminuindo assim, sua produção, como estratégia de defesa devido a falta d'água.

Conforme a tabela 6, na avaliação AV2, tratamento com hidrogel também foi significativo. Ao observar o comportamento da planta ao tratamento doses de hidrogel presentes no solo Figura (C), é possível observar, que quanto maior a dosagem presente no solo, maior foi a média do número de folhas da planta. A ocorrência disso se dá devido o hidrogel, como polímero hidroretentor, ter a capacidade de armazenar água até 1.000 vezes seu peso, e liberar aos poucos no solo, permitindo assim, uma disponibilidade hídrica para planta, mesmo nos períodos de escassez.

Na avaliação AV3 os resultados se assemelharam aos obtidos na avaliação AV2, apresentando significância para os dois tratamentos, porém de forma isolada (Tabela 6). Conforme se observa na Figura (D), de acordo com o aumento do déficit hídrico, controlado pelos intervalos de irrigação, houve uma diminuição do número de folhas por planta, encontrando maior número de folhas, no tratamento onde a irrigação era diária, e uma menor média no tratamento com intervalo de 4 dias entre irrigações.

Na Figura (E), observa-se a resposta da planta, na produção de folhas, de acordo com o tratamento de dosagem de hidrogel. Conforme houve um incremento do polímero no solo, maior foi a produção média de folhas pela planta, mostrando que o tratamento com maior dosagem T4 (8g), teve um desempenho de 15,53% maior que o tratamento padrão, que não possui hidrogel no solo.

Figura 19 – Número de folhas da planta de alface em função da combinação das doses de hidrogel e intervalos de irrigação utilizados, aos 40 (A) 51 (B), (C) e 63 (D), (E) DAS. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Vilas Boas *et al.* (2007), ao trabalhar com diferentes lâminas de irrigação na cultura da alface, encontrou resultados semelhantes, onde, conforme a maior disponibilidade hídrica, no caso, a maior lâmina, maior foi o número de folhas da cultura.

Andriolo *et al.* (2003), ao avaliar o crescimento de mudas de alface aos 25 dias após o transplântio (DAT), obteve plantas com uma média de 8 folhas, resultado próximo aos encontrados neste experimento, vale salientar, que as condições climáticas e a cultivar utilizada, foram diferentes, o que pode gerar esse intervalo médio entre os resultados. Segundo o mesmo autor, o estresse a qual as plantas foram submetidas, pode ter ocasionado a senescência das folhas jovens, situadas na base da planta, fazendo com que o tratamento de maior estresse, tenha um menor número de folhas.

Ao avaliarem o número de folhas da alface submetida a diferentes lâminas de irrigação, desde 60 a 120% o valor da ET_c, Valeriano *et al.* (2016) concluíram que quanto menor a lâmina aplicada, menor será o número de folhas da planta, devido ao estresse hídrico sofrido pela mesma. Ao comparar com os resultados obtidos nesse trabalho, observamos o mesmo comportamento, mostrando que a menor disponibilidade de água para a planta, gera um menor número de folhas na mesma.

Araújo *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes, ao submeter à alface, a diferentes lâminas de irrigação, onde observou um decréscimo na produção de folhas, conforme a limitação da disponibilidade hídrica ofertada pelas lâminas aplicadas, os autores encontraram uma média de 24 folhas, ao fim do ciclo do cultivo, quando ofertaram 100% da ET_{pc}, corroborando com os resultados aqui apresentados.

O estresse ocasionado pela deficiência hídrica em diversas espécies vegetais, entre essas a alface, interferem diretamente no metabolismo da planta, em especial na parte fisiológica, que por sua vez, interfere na emissão de novas folhas, como forma de redução de energia na produção de fitomassa e minimizar os processos de evapotranspiração, conservando assim mais água no tecido vegetal (Hermes, *et al.* 2001).

Araujo *et al.* (2010) obtiveram resultados semelhantes, ao submeter à alface, a diferentes lâminas de irrigação, onde observou um decréscimo na produção de folhas, conforme a limitação da disponibilidade hídrica ofertada pelas lâminas aplicadas, os autores encontraram uma média de 24 folhas, ao fim do ciclo do cultivo, quando ofertaram 100% da ET_{pc}, corroborando com os resultados aqui apresentados.

O estresse ocasionado pela deficiência hídrica em diversas espécies vegetais, entre essas a alface, interferem diretamente no metabolismo da planta, em especial na parte fisiológica, que por sua vez, interfere na emissão de novas folhas, como forma de redução de energia na produção de fitomassa e minimizar os processos de evapotranspiração, conservando assim mais água no tecido vegetal (Hermes, *et al.* 2001).

Lima *et al.* (2009), em trabalho realizado com a cultura da alface, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, observou que a cultura tem uma redução da área foliar, quando submetidas a baixos índices de irrigação. Os autores encontraram uma maior área foliar, ao aplicarem uma lâmina de 129,3 mm de água no solo. Os autores atribuem a restrição hídrica, aos menores valores obtidos, devido ao final do cultivo o crescimento da cultura ser acentuado, e o estresse sofrido pela falta d'água, reduzir os processos fisiológicos da planta, diminuindo assim a expansão de suas folhas.

Bandeira *et al.* (2011), atribuem a redução foliar ao déficit hídrico, inferindo que a falta de água, influencia diretamente na temperatura foliar e condutância estomática, diminuindo assim sua área foliar. As respostas obtidas pelos autores supracitados, confirmam os dados aqui apresentados, demonstrando que a menor disponibilidade hídrica, ocasionada pelo maior intervalo de irrigação, diminui acentuadamente a área foliar da cultura da alface.

Oliveira *et al.* (2004), concluíram da eficiência do uso de polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo, que a medida que se aumentou a concentração do polímero no solo, ocorreu maior retenção de água, funcionando o polímero como um reservatório do excedente de água que as partículas do solo não conseguem reter, sendo disponibilizadas posteriormente para as plantas. Esses resultados explicam o fato do maior número de folhas da cultura, apresentarem-se na maior concentração do polímero, já que na mesma, é onde se encontra uma maior disponibilidade hídrica.

Fernandes, Araújo e Camili (2015) observaram na produção de mudas de maracujá, que o aumento da dosagem do polímero hidrogel no solo, promoveu um maior número de folhas na muda, quando comparado ao tratamento sem hidrogel. Os autores, atribuíram esse feito, a maior umidade do solo proporcionada pelo gel, fornecendo assim, uma maior disponibilidade de água para a planta.

Marques e Bastos (2011), ao trabalharem com uso de dosagens de hidrogel na produção de pimentão, observaram uma maior produção de folhas, na maior dosagem do polímero no solo. Os autores inferem que o da dose de 2 g, promoveu melhorias nos atributos físicos e hídricos do solo, como aumento da aeração e da disponibilidade hídrica do mesmo. Os resultados obtidos pelos autores supracitados, estão de acordo com os apresentados neste trabalho, mostrando que o uso do polímero ajuda na melhoria da umidade do solo, suprimindo as necessidades hídricas de diversas culturas, entre elas a alface.

Camara *et al.* (2008), ao analisarem o desenvolvimento da área foliar do cafeeiro com uso de hidrogel, inferiram que o uso do polímero, em todas as dosagens utilizadas, gerou um aumento da área foliar, observando aumento mais acentuado na dose de 8 g, mesma dose

utilizada no tratamento T4 deste experimento. Os autores atribuem o aumento da área foliar, devido a maior disponibilidade hídrica fornecida pelo hidrogel, porém ressaltam, que o intervalo de irrigação, exerceu uma grande influência no desenvolvimento do sistema radicular.

Carvalho *et al.* (2013), ao analisar frequências de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente no maracujazeiro amarelo, inferiu que a presença do polímero no solo, permitiu a irrigação com um intervalo maior, sem prejuízos para a área foliar da cultura, verificando um incremento na área foliar nas plantas que foram cultivadas com o uso do polímero. Os resultados apresentados pelos autores acima, corroboram com os obtidos neste experimento, onde o uso do gel no solo, contribuiu para um incremento na área foliar na cultura da alface.

A Tabela 7 é composta pelos resumos das análises de variância, da variável índice SPAD, avaliação realizada aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS) das alfaces. Observa-se que em todas as avaliações, com exceção da AV0 apresentaram interação entre os tratamentos. Um fato importante a se observar, é que buscou-se utilizar a mesma folha da planta, em todas as avaliações. Na avaliação AV0, o tratamento hidrogel mostrou-se significativo de forma isolada, mostrando que o uso do hidrogel no solo, mesmo em um curto período de tempo, influência de forma significativa o teor de clorofila presente na folha.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para índice SPAD da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente. Fortaleza, Ceará 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		SPAD av ₀	SPAD av ₁	SPAD av ₂	SPAD av ₃
Blocos	3	0.18114 ^{ns}	0.53221 ^{ns}	0.39929 ^{ns}	6.84312 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	4.25580 ^{ns}	2.39893 ^{ns}	2.12260 ^{**}	33.5388 ^{**}
Resíduo - (I)	9	1.16318	2.92483	0.13246	3.78723
Parcelas	15	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	3.39585 ^{**}	2.40373 ^{**}	37.9721 ^{**}	9.99711 [*]
Int. I x D	12	0.99806 ^{ns}	0.55153 [*]	3.22037 ^{**}	0.24393 ^{**}
Resíduo - (D)	48	0.73267	0.72544	0.36234	3.22344
CV % (Intervalo)		8.13	11.39	2.45	13.53
CV % (Dose)		6.45	5.67	4.05	12.48
Total	79				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ^{**} - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{*} - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A Figura 20, representa o índice SPAD da alface, quando submetido a diferentes combinações de intervalo de irrigação e doses de hidrogel, na AV0 (A), AV1 (B), AV2 (C) e AV3 (D). Na Figura (A), observa-se um acréscimo no teor de clorofila, medido pelo índice SPAD, mediante o aumento da dosagem do polímero hidrogel presente no solo, até seu ponto de máxima 15,92 que pode ser obtido com uma dose média de 4,6 g de hidrogel, logo, observa-se um decréscimo conforme o aumento da dosagem.

O modelo matemático que melhor se ajustou aos dados desta variável foi do tipo polinomial quadrático ($R^2 = 0.9173$), o que revela uma diferença percentual de 9,05% do tratamento sem hidrogel (T0) para o tratamento com maior teor de clorofila (T2) correspondente a 4 g de hidrogel, e de 4,62% do tratamento T2 para o com maior dosagem de hidrogel (T4) que corresponde a 8 g de hidrogel no solo.

É possível observar na Tabela 7 que houve interação entre os tratamentos, após a primeira avaliação, onde, houve um aumento do teor de clorofila nas plantas submetidas aos tratamentos de intervalo de irrigação, conforme houve o incremento das doses de hidrogel nos vasos até seu ponto de máxima.

Observa-se na Figura (B) que a interação de maior destaque foi a combinação I2T1, onde, mesmo com déficit hídrico de 01 dia sem irrigação, conseguiu obter uma diferença de 4,78% a mais, que o tratamento tradicional I1T0 (irrigação diária, sem hidrogel). Pode-se obter o ponto de máxima com uma média de 17,95 ao combinar o intervalo de irrigação I2 com uma dose de 2,25g de hidrogel no solo. Para todas as interações, o modelo matemático de melhor ajuste foi o tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,8455; 0,821; 0,8146$ e $0,9235$.

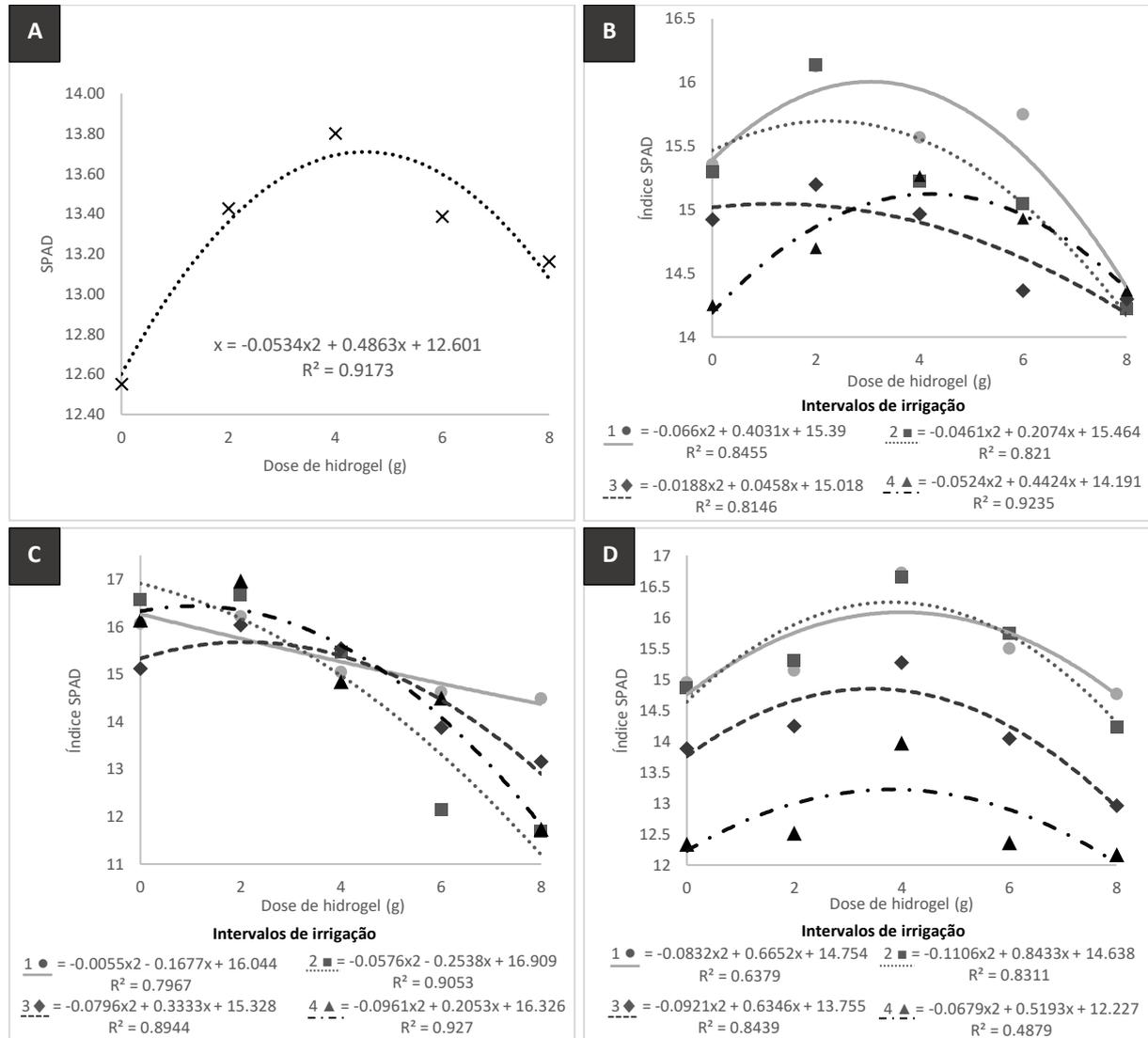
Na avaliação AV2, o índice SPAD também apresentou interação entre os tratamentos. Observa-se na Figura (C), que o comportamento das curvas nessa avaliação, diferenciou-se um pouco da avaliação anterior, mostrando um declínio acentuado, após a dose T1 de hidrogel no solo, para todos os intervalos de irrigação, esta avaliação ocorreu no mês de outubro, que durante a condução do experimento, apresentou maior precipitação, podendo a mesma ter influenciado nessa fase do ciclo, em especial sob as variáveis fisiológicas.

Quando comparado o tratamento com maior destaque do teor de clorofila, pode-se dizer que o comportamento foi o mesmo que a avaliação anterior, tendo o tratamento T1I2 apresentado médias do teor de clorofila, superiores ao tratamento padrão. Mesmo o tratamento T1I4 tendo apresentado médias superiores nesta avaliação, sua diferença foi de apenas 1,72% comparado ao tratamento T1I2, e seu desempenho nos demais tratamentos, apresentam uma queda mais acentuada, podendo o resultado na combinação T1I4 ter sofrido alguma interferência de campo nesse período.

Nota-se na Figura (D), que na avaliação final AV3, o teor de clorofila nas plantas definiu-se bem, conforme cada tratamento adotado, ficando explícito que conforme o incremento do polímero ao solo, como aconteceu com outras variáveis, houve um aumento do teor de clorofila na planta. O ajuste dos dados foi do tipo polinomial quadrático como os demais, apresentando valores de $R^2 = 0,6379$; $0,8311$; $0,8439$ e $0,4879$ respectivamente.

O tratamento T2I2, foi o que apresentou maior destaque para a produção de clorofila na planta, apresentando médias maiores, que todos os tratamentos, mesmo possuindo um déficit de irrigação de um dia. A diferença percentual, quando comparado ao tratamento padrão é de 10,26% mais produção de clorofila.

Figura 20 – Índice SPAD da planta de alface em função da combinação das doses de hidrogel e intervalos de irrigação utilizados, aos 28 (A) 40 (B) 51 (C) e 63 (D) DAS. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Massacci *et al.* (2008) observaram em trabalho realizado em campo, que estresse hídrico severo, pode ocasionar a degradação da clorofila, obtendo assim, menores valores em tratamentos com menor disponibilidade hídrica. A presença do polímero no solo, ajudou positivamente o aumento da umidade, diminuindo assim o estresse hídrico.

Segundo Mendonça *et al.* (2013), o incremento de hidrogel no solo, com uma dose de 4 gramas, a mesma utilizada no tratamento T2, proporciona um aumento de 12% na retenção de água no solo, quando comparado ao tratamento sem hidrogel, que assim explica a maior disponibilidade hídrica para planta, nessa dose, tendo assim, um aumento da produção de clorofila.

Cunha *et al.* (2017), aos 40 DAS, encontrou valores próximos para a produção de clorofila, em plantas de alface submetidas a déficit hídrico. Observando também uma redução do tamanho da folha, nos tratamentos submetidos ao menor estresse, classificado por eles, como estresse suave. Os autores, atribuem essa diminuição foliar, como responsável pelos maiores índices de clorofila, por aumentar a concentração na mesma.

Jaleel *et al.* (2008), observou a redução no teor de clorofila de suas plantas, quando submetidas a estresse hídrico de maior grandeza, como os avaliados nessa pesquisa. Peloso *et al.* (2017), também encontrou valores semelhantes, observando a diminuição da concentração de clorofila nas folhas, conforme o aumento do tratamento de limitação hídrica.

Sayed *et al.* (1991), observaram o efeito do hidrogel em diversas hortaliças, e concluíram que o uso do polímero é altamente eficiente para o uso como condicionador de solos, principalmente na área da horticultura, aumentando índices como o teor de clorofila e a tolerância da planta a situações adversas.

Valença *et al.* (2018), ao avaliar aos 50 DAS, plantas de alface submetidas a déficit hídrico, observou nessa fase um aumento no teor de clorofila, mediante a redução foliar gerando uma maior concentração da mesma no órgão. Sendo assim, os tratamentos com melhor suprimento hídrico, apresentaram menores valores de clorofila o que contribui com os resultados obtidos nesse trabalho.

Dranski *et al.* (2013) inferem que o uso do polímero hidrorretentor, auxilia no prolongamento da umidade na rizosfera e minimiza os efeitos da desidratação do sistema radicular da planta no período o qual a mesma é submetida ao déficit. Lopes *et al.* (2010) observaram em mudas de eucalipto que com o uso de 0,96 g do polímero em condições de campo, preservou-se a manutenção hídrica da cultura, mesmo por um período prolongado de déficit. Essas respostas, corroboram com os resultados aqui obtidos, mostrando que a maior

dosagem, conservou uma maior umidade no solo, mesmo nos tratamentos deficitários, obtendo respostas positivas quanto ao desenvolvimento da alface.

Valença *et al.* (2018), ao observarem as respostas no teor de clorofila em plantas de alface submetidas a déficit hídrico, ao fim do ciclo do cultivo, constataram que conforme a disponibilidade hídrica do solo, até um ponto de máxima, maior será a produção de clorofila. Os autores encontraram o ponto de máxima, no suprimento de 120% a capacidade de campo do solo.

Fellipe *et al.* (2016) ao trabalharem com mudas de *Eucalyptos*, observaram melhores respostas com relação ao teor de clorofila nas plantas, que foram submetidas ao uso do polímero no solo. Os autores atribuem os resultados, a diminuição da perda de nutrientes por lixiviação devido ao uso do condicionador, outro fato atribuído, é a maior disponibilidade de água no solo, que ajuda no suprimento hídrico da cultura, bem como melhora a mineralização da matéria orgânica, disponibilizando assim, uma maior quantidade de nitrogênio, que contribuirá positivamente para o processo de fotossíntese da planta.

Tohidi *et al.* (2009) observaram fato semelhante ao trabalhar com o 6 genótipos de canola, submetidos a estresse hídrico com o uso de hidrogel, onde o déficit de água, diminuiu o índice de clorofila nas plantas, e o uso do gel, melhorou o desempenho da planta em todos os parâmetros avaliados. Os resultados obtidos pelos autores acima, confirmam as respostas obtidas neste trabalho, onde o uso do hidrogel proporcionou maiores teores de clorofila, nas plantas submetidas a intervalos de irrigação superiores a 1 dia.

Os valores encontrados pelos autores citados, corroboram com os apresentados neste trabalho, que conforme a maior disponibilidade hídrica, no caso com o uso do polímero hidrogel na dose T2, contribuindo para a maior retenção de água no solo, maior foi o teor de clorofila nas plantas. Os autores atribuem esse feito, devido o fim do ciclo da cultura, onde a mesma apresenta maior sensibilidade ao déficit hídrico, necessitando assim, de uma disponibilidade de água.

A Tabela 8 é composta pelos resumos das análises de variância, da variável fotossíntese líquida (A), avaliação realizada aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS) das alfices. Observa-se que em todas as avaliações, não apresentaram interação entre os tratamentos, as análises foram significativas apenas para o tratamento hidrogel, a partir da avaliação AV1, 40 DAS. Ressalta-se que como a avaliação anterior, buscou-se utilizar a mesma folha da planta, em todas as avaliações. Como citado anteriormente, o tratamento de déficit hídrico, iniciou-se 3 dias antes da avaliação AV0, o que influenciou na falta de resultados significativos na AV0.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância para fotossíntese líquida (A) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente. Fortaleza, Ceará 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		A av ₀	A av ₁	A av ₂	A av ₃
Blocos	3	2.22015 ^{ns}	4.28900 ^{ns}	3.59537 ^{ns}	1.36039 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	3.17251 ^{ns}	5.73491 ^{ns}	4.61627 ^{ns}	4.41369 ^{ns}
Resíduo - (I)	9	1.58760	15.07750	9.05520	1.63560
Parcelas	15	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	1.40076 ^{ns}	54.1491 ^{**}	33.4533 ^{**}	17.8084 ^{**}
Int. I x D	12	1.78063 ^{ns}	2.74796 ^{ns}	2.95902 ^{ns}	0.34581 ^{ns}
Resíduo - (D)	48	2.11977	4.05011	2.15303	0.97351
CV % (Intervalo)		14.04	31.62	29.39	13.82
CV % (Dose)		16.23	16.39	14.33	10.66
Total	79				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ^{**} - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{*} - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

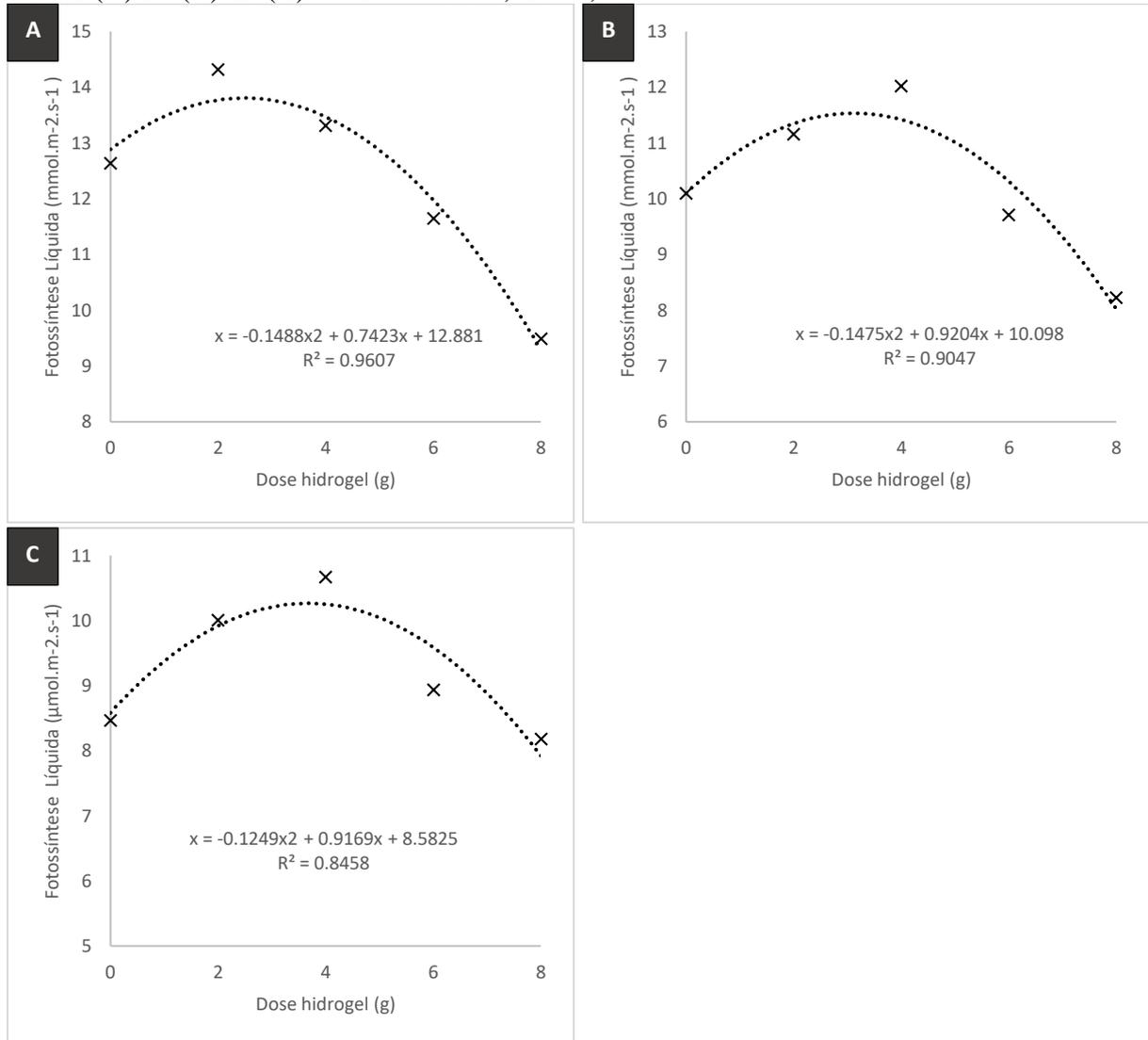
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Observa-se na Figura 21, a representação gráfica da resposta da fotossíntese líquida da planta, quando submetidas ao tratamento de dosagens de hidrogel nas avaliações AV1 40 DAS (A), AV2 51 DAS (B) e AV3 63 DAS (C). Na Figura (A), observa-se que o uso do polímero hidrotentor no solo, conseguiu um aumento da taxa fotossintética da planta com a dose T1, onde apresentou uma média de $14,32 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, sendo maior inclusive que o tratamento padrão, onde o solo não contém o polímero. Após a dose do tratamento T1, ocorre um decréscimo acentuado na taxa de fotossíntese, sendo uma diferença de 33,7% entre o tratamento T1 com maior taxa de fotossíntese líquida, para o tratamento T4, onde apresentou uma menor taxa fotossintética. O modelo polinomial quadrático, foi o que melhor se ajustou aos dados, com $R^2 = 0,9607$.

Na Figura (B), observa-se, que assim como na avaliação anterior, o comportamento da planta foi o mesmo, com o ajuste dos dados do tipo polinomial quadrático, porém, nesta avaliação, o tratamento T3, apresentou maiores médias de fotossíntese, quando comparado aos demais tratamentos, apresentando uma diferença 15,98% maior, quando comparado ao tratamento padrão T0.

Observa-se na Figura (C), que o comportamento da variável permaneceu o mesmo da avaliação AV2, onde observou-se maiores médias de fotossíntese líquida, com o uso da dose T2 no solo. A diferença de produção da dose T2, chega a ser 20,65% maior que o tratamento que não possui o polímero incrementado no solo.

Figura 21 – Fotossíntese líquida da planta de alface em função das doses de hidrogel utilizadas, aos 40 (A) 51 (B) 63 (C) DAS. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Mashhadi-akbar-boojar *et al.* (2009), observaram uma diminuição na taxa fotossintética de suas plantas, conforme as mesmas eram submetidas a déficit hídrico, obtendo como resposta um declínio na fotossíntese, conforme se aumentava a severidade da deficiência hídrica. Os mesmos autores, observaram que o uso do polímero no solo, reduziu os sintomas de

seca, obtendo maiores taxas fotossintéticas nos tratamentos com o uso do polímero, confirmando assim, os resultados obtidos nesse presente estudo.

Segundo Taiz e Zeiger 2013, a fotossíntese funciona como um dos principais drenos de elétrons nos cloroplastos, caso ocorra reduções nesse processo, principalmente em condições de déficit hídrico, pode desenvolver um quadro potencialmente danoso ao metabolismo celular, dessa forma, explica-se a maior taxa fotossintética, nos tratamentos de até 4g de hidrogel no solo.

Vale, Carvalho e Paiva (2006), ressaltam que o uso de doses elevadas de hidroretentores, podem atuar como barreira a expansão do polímero e a retenção de água, podendo ocasionar situações deficitárias, mesmo com uma umidade alta no solo, deixando explícito as respostas negativas, nas maiores doses aplicadas nesse estudo.

Segundo Bezerra Neto *et al.* (2005), a alface é uma planta que quando conduzida em condições de umidade e luminosidade ideais, apresenta fotossíntese elevada, respiração normal e quantidade de matéria seca alta. Taiz e Zeiger (2013), atribuem a diminuição do processo da fotossíntese ao estresse hídrico, que por sua vez promove um expressivo na temperatura das folhas ocasionando o fechamento dos estômatos, o que diminui o processo de fotossíntese, conseqüentemente ocorre uma redução na disponibilidade de assimilados diminuindo assim o acúmulo de fitomassa seca da planta.

Mendonça *et al.* (2015) obtiveram um solo com maior umidade e plantas de alface com melhor suprimento hídrico, ao comparar um solo com o polímero hidrogel com um sem o uso do produto. A mesma observação foi feita por Mendonça *et al.* (2013), confirmando assim os resultados aqui expostos. Albuquerque Filho *et al.* (2009) atribuem que o polímero age diretamente nas propriedades físicas e hidráulicas do solo, constatando que a elevação nas doses e a conseqüente expansão do polímero reduzem o espaço poroso do solo, principalmente em espaços de cultivos limitados, como o uso de vasos, conseqüentemente diminuindo o movimento da solução e do ar no solo devido à redução do raio médio dos poros, explicando assim, porque as doses mais elevadas, mesmo retendo maior umidade, apresentou um declínio no processo de fotossíntese.

Aborna *et al.* (2005), ao trabalharem com hidrogel em espécies cítricas, aferiram que o uso do polímero no solo, não só contribuíram para a sobrevivência da planta, como também melhorou seu crescimento e seu processo fotossintético, devido a uma maior disponibilização de água para as mesmas. Pereira *et al.* (2003) atribuí o decréscimo da fotossíntese, em sistemas com baixo suprimento hídrico, ao fato da diminuição da condutância

estomática, que limita a oferta de gás carbônico, que por sua vez é essencial para que ocorra este processo.

Zanella *et al.* (2008), ao analisarem respostas da alface em cultivo hidropônico, submetidas a diferentes intervalos de irrigação, observaram uma limitação no crescimento da planta que foram submetidas a déficit, bem como um decréscimo na fotossíntese foliar. Taiz e Zeiger (2002) atribuem esse decréscimo na fotossíntese, devido a inibição da translocação de fotoassimilados pela planta, em decorrência do déficit hídrico.

Segundo Beltrão *et al.* (2001), o estresse hídrico, tanto por déficit quanto por excedência, ocasiona respostas negativas nas plantas, como redução da fitomassa, diminuição dos processos respiratórios oxidativos, e redução na taxa fotossintética da planta. Embasado nessas informações, podemos inferir que a dosagem T2, fornece um melhor suprimento hídrico para a cultura, obtendo como resposta uma maior taxa de fotossíntese líquida.

A Tabela 9 é composta pelos resumos das análises de variância, da variável fotossíntese líquida (A), avaliação realizada aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS) das alfaces. Observa-se que em todas as avaliações, não apresentaram interação entre os tratamentos, as análises foram significativas apenas para o tratamento hidrogel, a partir da avaliação AV1, 40 DAS. Ressalta-se que como a avaliação anterior, buscou-se utilizar a mesma folha da planta, em todas as avaliações. Como citado anteriormente, o tratamento de déficit hídrico, iniciou-se 3 dias antes da avaliação AV0, o que influenciou na falta de resultados significativos na AV0.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para condutância estomática (g_s) da alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente. Fortaleza, Ceará 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		g_s av ₀	g_s av ₁	g_s av ₂	g_s av ₃
Blocos	3	0.00216 ^{ns}	0.00218 ^{ns}	0.06205 ^{ns}	0.00123 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	0.00045 ^{ns}	0.00156 ^{ns}	0.00129*	0.09959**
Resíduo - (I)	9	0.00366	0.02166	0.02193	0.00158
Parcelas	15	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	0.00574 ^{ns}	0.00173*	0.00294 ^{ns}	0.18147**
Int. I x D	12	0.00023**	0.00013**	0.00019**	0.02216**
Resíduo - (D)	48	0.00725	0.01671	0.01302	0.00130
CV % (Intervalo)		18.55	30.67	29.23	5.30
CV % (Dose)		26.11	26.93	22.52	4.82
Total	79				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Observa-se na Figura 22 a representação gráfica da interação dos tratamentos, para a variável condutância estomática nas avaliações AV0 28 DAS (A), AV1 40 DAS (B), AV2 51 DAS (C) e AV3 63 DAS (D). É possível visualizar na Figura (A) que a dose de hidrogel do tratamento T2, proporcionou maior valor de condutância estomática em combinação com todos os tratamentos de intervalo de irrigação, ocorrendo um decréscimo no valor da variável conforme houve um aumento da dose no solo.

A combinação do tratamento T2 com o intervalo de irrigação do tratamento I4 (4 dias entre irrigação), sobressaiu-se sobre os demais e apresentou maior valor de condutância estomática da planta da alface, podendo assim chegar a uma condutância de até $0.3509 \text{ mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Todas as combinações seguiram o modelo matemático polinomial quadrático com $R^2 = 0,7731; 0,8844; 0,8734$ e $0,8218$, respectivamente.

Nota-se na Figura (B), que em todos os tratamentos de intervalo de irrigação, com exceção do I2, houve um aumento da condutância estomática, conforme o aumento da dose de hidrogel no solo.

Sendo a combinação dos tratamentos T2I3, o que mais se destacou entre os demais, por apresentar uma condutância média, próxima ao tratamento padrão, com uma diferença de 1,5% a mais que o tratamento padrão T0I1, mostrando que a planta da alface, consegue manter

uma maior condutância estomática, mesmo com um déficit hídrico de dois dias, devido a retenção de umidade no solo, que disponibiliza água para a mesma no período de déficit. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi do tipo polinomial quadrático, apresentando valores de $R^2 = 0,9733; 0,719; 0,8551$ e $0,9861$ respectivamente.

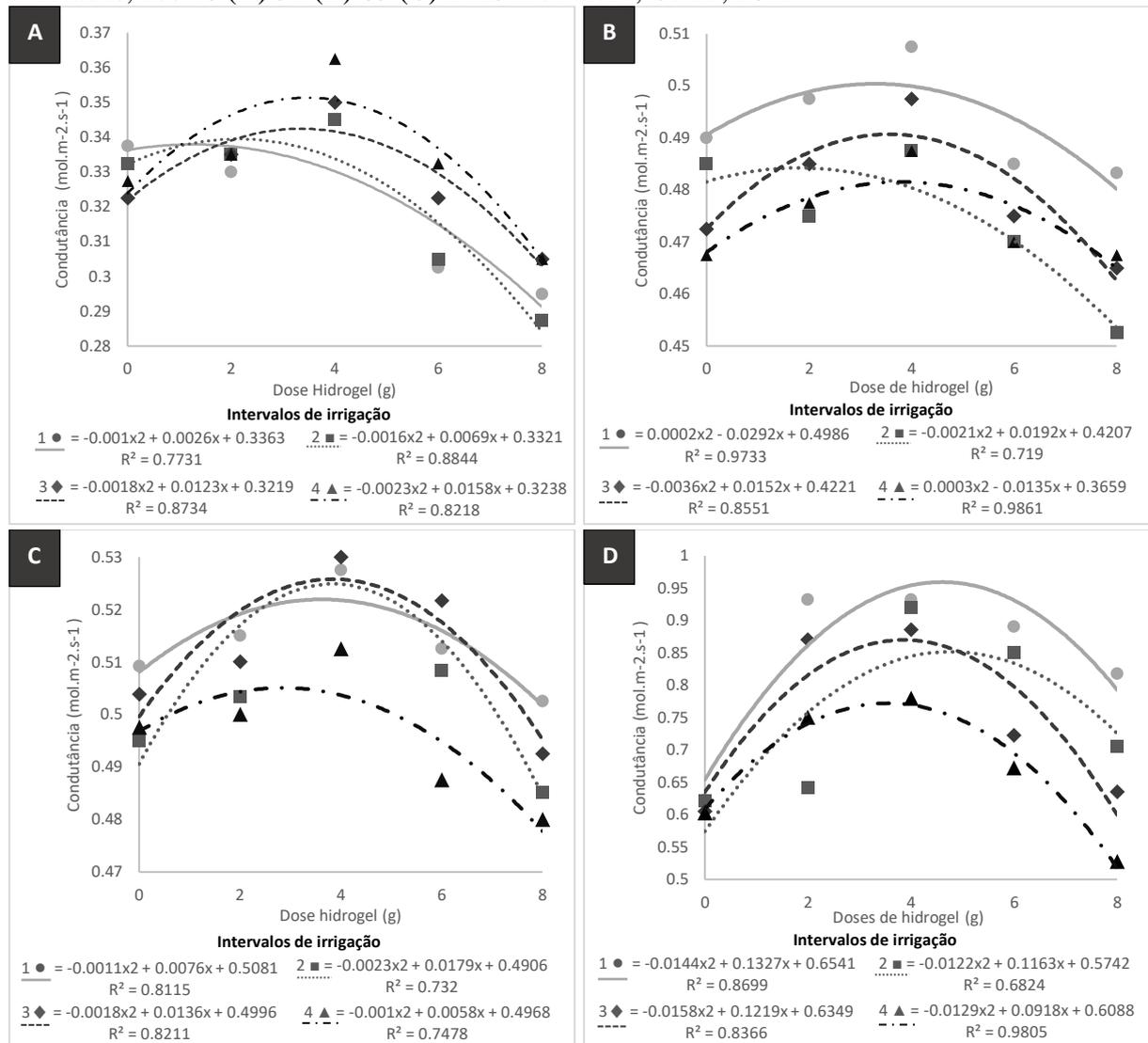
Na Figura (C) é possível observar que apresentou comportamento próximo a avaliação Figura (B), sendo as maiores médias encontradas na combinação dos tratamentos de intervalo de irrigação com o tratamento T2 das doses de hidrogel.

Na avaliação, aos 51 DAS, observa-se uma mudança de comportamento da condutância estomática com relação ao período do intervalo de irrigação, apresentando maiores médias de condutância, para o intervalo I2, que se mostrou 5,59% maior que o tratamento padrão, e 1,72% maior que o tratamento I3, que apresentou maior média na avaliação anterior.

Na Figura (D), é possível observar, que assim como nas demais avaliações, a resposta da condutância tende a ser maior nas doses do tratamento T2. Nesta avaliação, o ajuste dos dados seguiu ao das demais variáveis, apresentando modelo tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,8699; 0,6824; 0,8366$ e $0,9805$ respectivamente.

A combinação de maior destaque, é a T2I2, onde foi possível obter médias superiores ao tratamento padrão, com uma condutância de 32,33% maior. No final do ciclo, foi possível observar, que houve um declínio acentuado no tratamento I4, que pode ser explicado por o intervalo de déficit ser muito alto durante o ciclo, fazendo com que as plantas tivessem uma menor condutância, como forma de proteção para a perda de água.

Figura 22 – Condutância estomática da planta de alface em função das doses de hidrogel utilizadas, aos 40 (A) 51 (B) 63 (C) DAS. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Valença *et al.* (2018), em pesquisa realizada com déficit hídrico na cultura da alface, percebeu que nessa fase do ciclo, a condutância estomática tende a diminuir conforme há um aumento do déficit, corroborando com os resultados obtidos na dose T0, que conforme o aumento do déficit, sem o uso do polímero, menor foi a condutância. Flexas *et al.*, (2004) relatam que a redução da condutância estomática da planta, é uma importante limitação difusa da fotossíntese, que pode gerar ao fim do ciclo, plantas com menor massa seca.

Kato *et al.* (2011), concluíram que a redução da condutância estomática, está diretamente relacionada com a tensão de água no solo, bem com a umidade presente no mesmo. Azevedo *et al.* (2002), inferem que a presença do polímero no solo, melhora o desempenho da cultura, devido a maior disponibilidade de água para a mesma.

Vale, Carvalho e Paiva (2006), ressaltam que o uso de doses elevadas de hidroretentores, podem não exercerem respostas positivas sob acultura, em especial no cultivo em espaços limitados, onde o solo poderá atuar como barreira a expansão do polímero e a retenção de água, que explica os menores valores de condutância, nas doses mais elevadas do polímero.

Em avaliação aos 40 DAS, em plantas de alface submetidas a estresse hídrico, Valença *et al.* (2018), encontraram valores aproximados aos relatados nesse experimento. Apresentando um decréscimo na condutância, conforme aumentava-se o tratamento de déficit.

Flexas *et al.* (2004), relatam que a redução da condutância, limita o processo de fotossíntese, gerando um menor teor de massa seca na planta, como é possível observar ao fim desse estudo. Os autores ainda inferem, que o horário da avaliação, contribui muito para a redução da condutância da planta, que apresentará menores valores, no período de 12:00 as 15:00 horas.

Dos Santos *et al.* (2015), inferem que em solos de textura argilosa, apresentam uma melhor retenção em doses de até 5 g, e para solos arenosos, doses mais elevadas, confirmando os resultados aqui apresentados. Foi observado também, um melhor desenvolvimento da planta de alface, submetidas a estresse hídrico, quando os tratamentos possuíam a presença do polímero no solo, confirmando assim, a eficiência do mesmo, quando a retenção de umidade e disponibilidade de água para as plantas.

Segundo Da Luz *et al.* (2017) a redução na condutância estomática, afeta uma série de fatores na interação planta - ambiente, já que os estômatos são os pontos de controle da perda de vapor de água e do balanço de energia entre o vegetal e o ambiente. Shalhevet (1983), infere que a redução da disponibilidade de água no solo, acarreta a queda do potencial de água presente nas folhas da planta, ocasionando assim a perda de turgescência e conseqüentemente a redução estomática.

Paiva *et al.* (2005) ao submeterem plantas de feijão a tratamentos de déficit hídrico, observaram menores valores de condutância estomática nos tratamentos de menor disponibilidade de água no solo. Os resultados obtidos pelos autores, mesmo em uma cultura diferente da apresentada neste trabalho, corroboram com os resultados aqui apresentados, onde a menor disponibilidade hídrica afetou a condutância estomática da alface.

Ferreira *et al.* (2014), ao trabalharem com o polímero hidrogel, observaram que a utilização do gel no solo combinado com intervalos de irrigação de mais de um dia, manteve inalterada a condutância estomática quando comparado ao tratamento que recebia irrigação diariamente, atribuindo a capacidade de retenção do polímero, ao suprimento hídrico no período sem irrigação.

Arbona *et al.* (2005), observaram nos resultados do seu trabalho com o polímero hidrogel, que o uso do mesmo, reduz o efeito da seca em mudas de plantas cítricas, atribuindo que plantas com metabolismo C3, como o caso da alface, tem maior capacidade do reestabelecimento do *status* hídrico, na presença do polímero no solo quando comparado tratamentos sem o uso do mesmo. Os resultados obtidos pelos autores citados, confirmam os aqui apresentados, podendo assim inferir, que a presença do polímero no solo, na dosagem ideal, contribui para a manutenção do *status* hídrico da cultura, mantendo assim uma boa condutância estomática.

Valença *et al.* (2018), avaliando plantas de alface submetidas ao déficit hídrico, ao fim do ciclo do cultivo, observou resultados semelhantes aos aqui apresentados, onde, conforme o aumento da disponibilidade de água para a planta, maior foi sua condutância estomática, até um ponto de máxima, que no caso dos autores acima citados, se deu aos 120% da reposição da ET_{pc}.

Segundo Shao *et al.* (2008), o déficit hídrico desencadeia vários eventos fisiológicos na planta, como a redução do potencial hídrico na folha, ocasionando o fechamento estomático, conseqüentemente, diminuindo a condutância estomática. Melo *et al.* (2014), ao analisarem a qualidade de solos, em função do uso de polímeros hidroretentores, obtiveram como resposta, uma maior retenção de água nos solos em que o polímero foi aplicado, confirmando os resultados aqui expostos, onde a dose T2 demonstrou uma maior retenção de água para o solo em estudo, possibilitando assim, um melhor suprimento hídrico para a cultura da alface, ao fim do ciclo, onde apresentou maiores valores de condutância estomática.

A Tabela 10 é composta pelos resumos das análises de variância, da variável transpiração (*E*), avaliação realizada aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS) das alfaces. Observa-se que em todas as avaliações, apresentaram interação entre os tratamentos, exceto a AV0, que se apresentou significativa apenas para o tratamento com hidrogel. Ressalta-se que como as avaliações anteriores, buscou-se utilizar a mesma folha da planta, em todas as avaliações, para acompanhar a resposta na mesma durante todo o ciclo.

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para transpiração (g_s) da planta de alface aos 28, 40, 51 e 63 dias após a semeadura (DAS), AV0, AV1, AV2 e AV3, respectivamente. Fortaleza, Ceará 2017.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		E_{av_0}	E_{av_1}	E_{av_2}	E_{av_3}
Blocos	3	0.86584 ^{ns}	0.10796 ^{ns}	6.91875*	0.01596 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	1.00437 ^{ns}	5.70820**	3.43576 ^{ns}	0.84541 ^{ns}
Resíduo - (I)	9	0.26234	0.25080	1.62024	0.01456
Parcelas	15	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	0.93632*	1.57295**	2.69505**	3.26852**
Int. I x D	12	0.11861 ^{ns}	0.59530**	0.37889*	0.30613**
Resíduo - (D)	48	0.27419	0.11863	0.44949	0.01494
CV % (Intervalo)		12.62	7.70	22.51	2.11
CV % (Dose)		12.91	5.29	11.86	2.13
Total	79				

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Observa-se na Figura 23 a representação gráfica da interação dos tratamentos, para a variável transpiração nas avaliações AV0 28 DAS (A), AV1 40 DAS (B), AV2 51 DAS (C) e AV3 63 DAS (D). Conforme a Figura (A), o aumento das doses de hidrogel no solo, ocasionaram uma menor transpiração nas plantas. A redução nos valores de transpiração entre os tratamentos sem hidrogel (T0) e o com maior dose no solo (T4) foi de 13,83%, onde, possivelmente, pode ter sido ocasionado pela maior disponibilidade de água no solo, devido a maior retenção de água pelo polímero. O modelo de ajuste, seguiu o mesmo das demais variáveis, como polinomial quadrático, apresentando $R^2 = 0.9733$, mostrando assim, que o comportamento da reta está de acordo com os dados obtidos.

É possível observar na Figura (B), que a taxa de transpiração nas plantas, aumentou com a presença do hidrogel no solo, para os intervalos de irrigação I1 e I2, e diminuíram linearmente para os tratamentos com intervalos maiores, no caso, I3 e I4. O tratamento com intervalo de 2 dias entre irrigação, apresentou maiores médias de transpiração com a dose T1 (2g de hidrogel), já para as demais doses, houve um pequeno decréscimo, mas ainda assim, apresentaram maiores taxas de transpiração que o tratamento padrão.

A diferença percentual da transpiração no tratamento I2 foi de 10,26% da maior média (T1) para a menor média (T0). Já para o tratamento I1, a diferença foi de 12,24% entre

a maior média, obtida na combinação T2I1, para a menor média, que foi o tratamento padrão T0I1. O ajuste dos dados foi do tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,7799; 0,5420; 0,9809$ e $0,9664$ respectivamente.

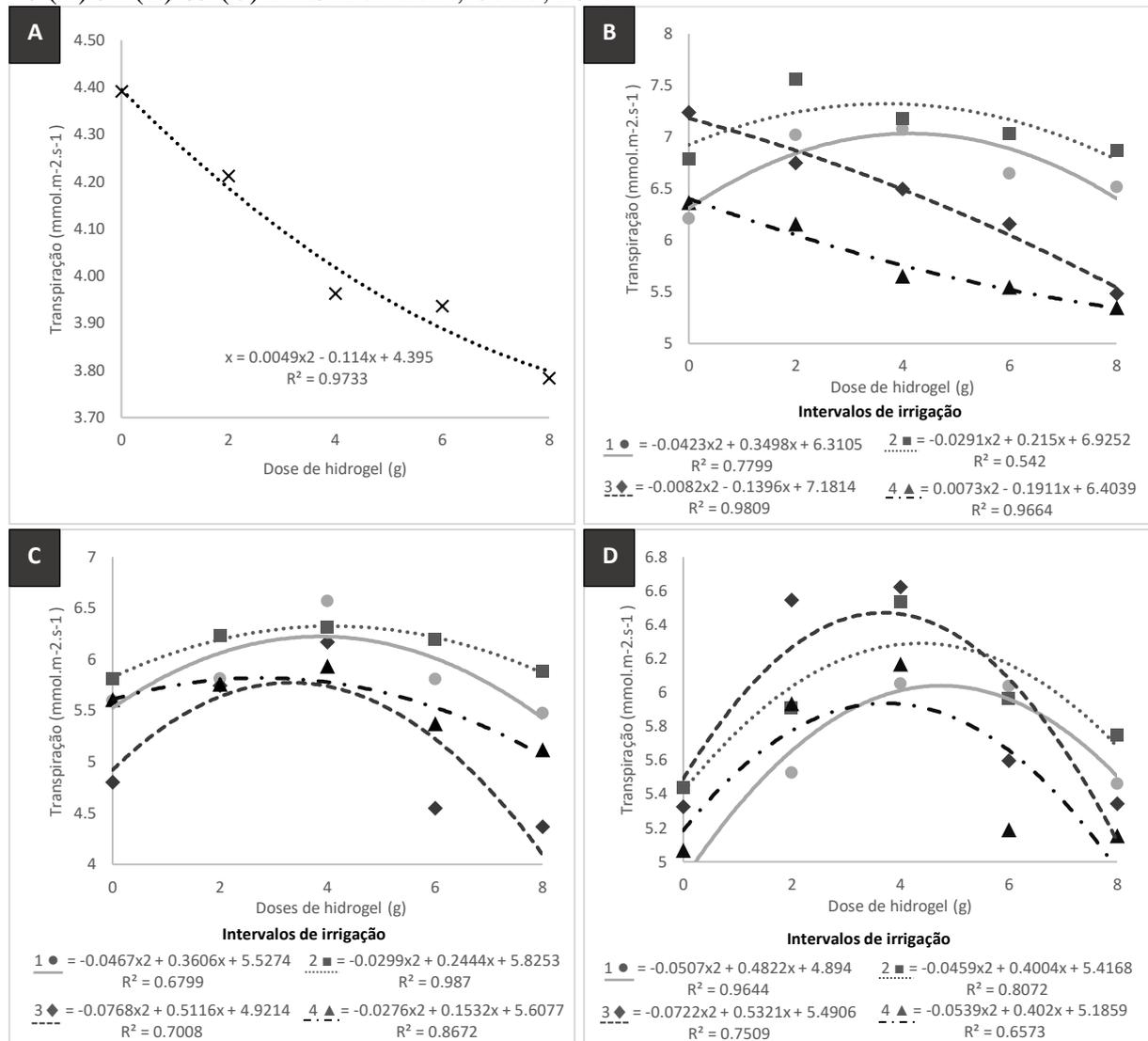
Na Figura (C), observa-se que a interação foi significativa, e mostrou um comportamento diferente nos intervalos de irrigação I3 e I4, quando comparados a avaliação anterior. Na avaliação aos 51 DAS, os resultados se ajustaram ao modelo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,6799; 0,9870; 0,7008$ e $0,8672$ respectivamente, onde todos os tratamentos obtiveram o mesmo comportamento, apresentando as maiores médias com o tratamento T2.

A combinação T2I1, foi a que mais se destacou, apresentando maiores níveis de transpiração, seguido do tratamento T2I2, onde apresentou uma média de 3,84% menor que o tratamento anteriormente citado. O tratamento T2I2, quando comparado ao tratamento padrão, apresentou uma média 11,39% maior.

Ao fim do ciclo, é possível observar que a taxa de transpiração da planta, foi maior com o uso da dosagem T2, que se visualiza na Figura (D). Nesta avaliação o tratamento I3, apresentou-se ligeiramente superior ao tratamento I2, com uma diferença de 1,33% a mais que a mesma. O ajuste dos dados seguiu o modelo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,9644; 0,8072; 0,7509$ e $0,6573$ respectivamente.

O tratamento padrão, foi o que apresentou menores taxas de transpiração nessa fase. É possível inferir, que o incremento de hidrogel no solo, com irrigação diária, aumenta a taxa de transpiração da planta até a dose T3. Já para os demais intervalos, o aumento ocorre apenas até o uso da dose T2 no solo. Pressupõe-se que o aumento da umidade no solo, conseqüentemente a disponibilidade hídrica, faz com que ocorra o aumento da transpiração da planta, o que explica o comportamento ascendente da curva do tratamento I1.

Figura 23 – Transpiração da planta de alface em função das doses de hidrogel utilizadas, aos 40 (A) 51 (B) 63 (C) DAS. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Como foi possível observar na variável anterior, o suprimento de água inadequado a cultura, ocasiona um fechamento estomático, o que reduz a transpiração, aumenta a temperatura da folha e diminui a capacidade de refrigeração (ARAÚJO, *et al.*, 2010).

Silva *et al.* (2013), também evidenciaram esses efeitos em outra cultura, observando maior transpiração da mesma, nos períodos de maior déficit. O uso do polímero no solo, ocasionou uma maior umidade e um maior suprimento hídrico nesses períodos, o que fez com que quanto maior sua disponibilidade no solo, menor a taxa de transpiração.

Pereira Filho *et al.*, (2017) atribui o aumento da transpiração na presença do polímero, devido o maior suprimento hídrico para a planta. Nos tratamentos com menor disponibilidade hídrica, menores doses de hidrogel, bem como maior intervalo de irrigação, a

planta tende a diminuir sua taxa transpiratória, para que se evite a perda de água do tecido vegetal, e a economia da água presente no solo (Fernandes, *et al.*, 2005).

Oliveira *et al.* (2002), verificaram com trabalho em campo, que o aumento da disponibilidade hídrica para as plantas, favorecem os processos fisiológicos, como a taxa de transpiração, que aumenta, conforme uma maior disponibilidade hídrica.

Mendonça *et al.* (2015), atribui o melhor suprimento hídrico da planta com déficit, a presença do polímero no solo. Segundo os autores, o hidrogel aumenta a capacidade de retenção de água no solo, como foi possível observarem no desenvolvimento da planta de alface, submetidas a diferentes níveis de irrigação, apresentando menores índices de transpiração, maior condutância estomática e maior produtividade.

Maggi *et al.* (2016), observaram em estudo com a alface, que a transpiração respondeu diretamente a temperatura da folha, que por sua vez, foi afetada pela condutância estomática. A transpiração em geral, aumentava com a temperatura, exceto nos casos de estresse hídrico, em que ocorria o fechamento estomático e revertia o processo.

Santana, Ribeiro e Mancin (2016), ao estudarem a evapotranspiração da cultura da alface e rúcula, observaram aos 30 DAT, respostas de transpiração médias entre 4 e 7 $\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para a cultura da alface, sob irrigação diária. Os resultados obtidos pelos autores, corroboram com os obtidos nesse trabalho, com uma pequena diferença, que pode ser explicada, devido a variação climática das diferentes regiões a qual os trabalhos foram desenvolvidos.

Oliveira *et al.* (2011) atribuem o efeito do estresse hídrico ou salino a redução da taxa de transpiração da cultura, como um processo adaptativo da planta, onde, com a diminuição da transpiração, ocorre a redução do carregamento de íons pelo xilema, gerando uma conservação de água no tecido da planta. Conforme o aumento da disponibilidade hídrica, maior o suprimento de água pela planta e conseqüentemente, melhor será seu processo transpiratório. Agaba *et al.* (2011), observaram em trabalho com o uso de hidrogel, a eficiência do polímero na manutenção da umidade do solo. Observando a redução de até 9 L de água durante o desenvolvimento da cultura estabelecida no experimento, em comparação ao tratamento que não utilizou o polímero no solo. Ao unir as informações citadas pelos autores acima, podemos inferir que os resultados aqui apresentados, corroboram com os supracitados, mostrando a eficiência do polímero na manutenção da umidade do solo, e conseqüentemente, melhorando a taxa de transpiração da cultura da alface.

Oliveira *et al.* (2002), em trabalho realizado com pupunheira, observou que o déficit hídrico afetou negativamente o processo de transpiração da planta, acompanhado da redução do potencial de água na folha. Como observado nas variáveis condutância estomática e taxa de

fotossíntese, a redução da disponibilidade hídrica, afeta diretamente os processos fisiológicos da planta, como forma de defesa para a redução da perda de água para o ambiente.

Bolzan Martins *et al.* (2008), ao analisarem mudas de *Eucalyptos* submetidas a deficiência hídrica, observaram como resposta, uma redução na condutância estomática, fotossíntese e taxa de transpiração da planta. Os autores atribuem essa redução, como resposta a falta de água no solo para a planta, onde a mesma usa esses mecanismos, afim de reduzir a perda de água, até que se estabeleça um novo suprimento hídrico.

Segundo Fellipe *et al.* (2016), o uso do hidrogel no solo, propiciou um aumento da umidade do solo, por um maior período sob intervalos de irrigação. Os mesmos autores, inferem que a habilidade do polímero em reter a água e libera-la gradativamente para as plantas, auxiliam na recuperação de alguns processos fisiológicos após a irrigação, principalmente em solos com drenagem natural elevada. As informações citadas acima, confirmam os resultados obtidos neste experimento, onde a capacidade de retenção de água do polímero hidrogel, manteve a umidade do solo adequada para a cultura da alface, mesmo com intervalos de irrigação superior a dois dias, proporcionando maiores taxas de transpiração, que corrobora com os resultados de condutância estomática e fotossíntese líquida apresentados anteriormente.

Na Tabela 11, observa-se o resumo estatístico, das análises de variância das avaliações realizadas após a retirada da planta do campo. Nota-se, que todas as variáveis apresentaram interação significativa entre os tratamentos, com exceção da Área foliar, que apresentou significância apenas para os tratamentos de forma isolada.

Observou-se nessa avaliação a Área foliar total média da planta, matéria seca e fresca total, o comprimento e peso da raiz, e a simulação de produtividade em kg/ha^{-1} obtida a partir dos tratamentos analisados.

Tabela 11 - Resumo da análise de variância para os dados de área foliar total (A_{foliar}), matéria fresca total (MFT), matéria seca total (MST), comprimento da raiz (C_{raiz}), peso da raiz (P_{raiz}) e produtividade média (Prod.) da alface cultivada sob diferentes intervalos de irrigação combinados com o uso de doses de hidrogel, aos 63 DAS. Fortaleza, Ceará 2018.

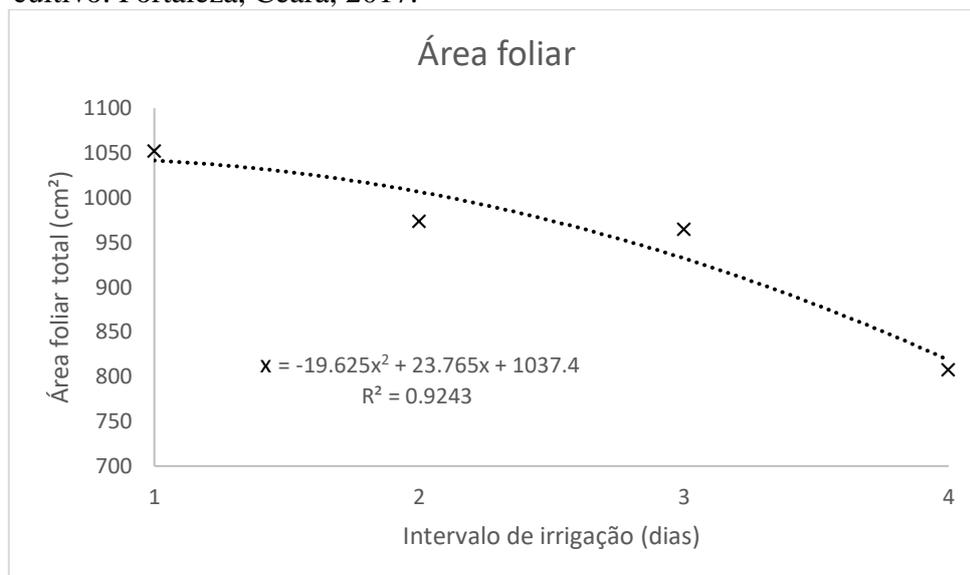
Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		A_{foliar}	MFT	MST	C_{raiz}	P_{raiz}	Prod.
Blocos	3	9132.23 ^{ns}	13.2252 ^{ns}	0.04499 ^{ns}	0.67554 ^{ns}	17.26026*	107124.3085 ^{ns}
Intervalo de Irrigação (I)	3	21052.3**	51.1112 ^{ns}	5.36541**	2.01987 ^{ns}	59.2250**	414001.0192 ^{ns}
Resíduo - (I)	9	2950.84	32.22966	0.02827	0.53698	3.80003	261951.28156
Parcelas	15	-	-	-	-	-	-
Dose de hidrogel (D)	4	35145.2**	342.283**	23.9353**	41.3701**	51.2761**	2772491.24**
Int. I x D	12	5968.46 ^{ns}	4.94973**	0.97805**	1.64577**	1.67602**	40092.8135**
Resíduo - (D)	48	7488.661	39.43053	0.02575	0.41056	8.51081	319387.32800
CV % (Intervalo)		5.72	10.04	3.44	5.12	11.77	10.04
CV % (Dose)		9.11	11.08	3.28	4.48	17.62	11.08
Total	79						

GL – Graus de liberdade; CV – Coeficientes de variação; ^{ns} – Não significativo, ** - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e * - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Observa-se na Figura 24, que assim como as demais variáveis analisadas, conforme houve um aumento do período de déficit hídrico, menor foi a área foliar total, resultados que corroboram com as análises de número de folhas por planta, que foram realizadas durante todo o ciclo. Pode-se inferir perante a isso, que conforme existe a limitação da disponibilidade hídrica, menor será sua produção de folhas.

Figura 24 – Área foliar total (A_{foliar}) da planta de alface em função dos intervalos de irrigação (I), conforme cada tratamento, ao fim do ciclo do cultivo. Fortaleza, Ceará, 2017.



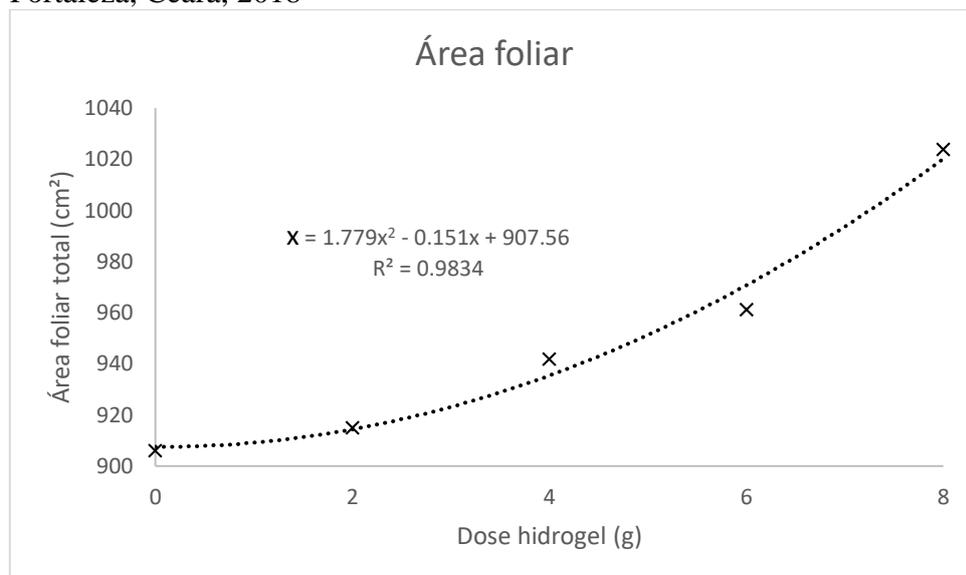
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Lima *et al.* (2009), em trabalho realizado com a cultura da alface, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, observou que a cultura tem uma redução da área foliar, quando submetidas a baixos índices de irrigação. Os autores encontraram uma maior área foliar, ao aplicarem uma lâmina de 129,3 mm de água no solo. Os autores atribuem a restrição hídrica, aos menores valores obtidos, devido ao final do cultivo o crescimento da cultura ser acentuado, e o estresse sofrido pela falta d'água, reduzir os processos fisiológicos da planta, diminuindo assim a expansão de suas folhas.

Bandeira *et al.* (2011), atribuem a redução foliar ao déficit hídrico, inferindo que a falta de água, influencia diretamente na temperatura foliar e condutância estomatal, diminuindo assim sua área foliar. As respostas obtidas pelos autores supracitados, confirmam os dados aqui apresentados, demonstrando que a menor disponibilidade hídrica, ocasionada pelo maior intervalo de irrigação, diminui acentuadamente a área foliar da cultura da alface.

Para o tratamento doses de hidrogel, observa-se na Figura 25, que conforme houve um acréscimo do polímero no solo, ocorreu um aumento da área foliar total da planta, corroborando com os resultados de número de folhas, realizados nas avaliações anteriores. Conforme observa-se, com a adição do polímero ao solo, foi proporcionado para a planta um maior nível de umidade no solo, o que colaborou para seu suprimento hídrico, durante o período de déficit, permitindo uma produção de área foliar 11,50% maior, que o tratamento que não utilizou o polímero no solo.

Figura 25 – Área foliar total (A_{foliar}) da planta de alface em função das doses de hidrogel (T), conforme cada tratamento, ao fim do ciclo do cultivo. Fortaleza, Ceará, 2018



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

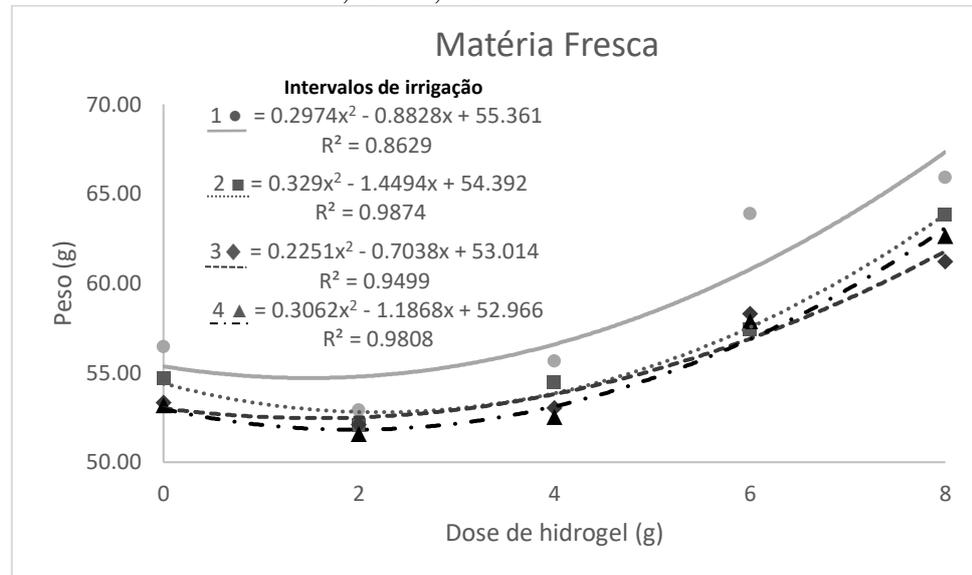
Camara *et al.* (2008), ao analisarem o desenvolvimento da área foliar do cafeeiro com uso de hidrogel, inferiram que o uso do polímero, em todas as dosagens utilizadas, gerou um aumento da área foliar, observando aumento mais acentuado na dose de 8g, mesma dose utilizada no tratamento T4 deste experimento. Os autores atribuem o aumento da área foliar, devido a maior disponibilidade hídrica fornecida pelo hidrogel, porém ressaltam, que o intervalo de irrigação, exerceu uma grande influencia no desenvolvimento do sistema radicular.

Carvalho *et al.* (2013), ao analisar frequências de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente no maracujazeiro amarelo, inferiu que a presença do polímero no solo, permitiu a irrigação com um intervalo maior, sem prejuízos para a área foliar da cultura, verificando um incremento na área foliar nas plantas que foram cultivadas com o uso do polímero. Os resultados apresentados pelos autores acima, corroboram com os obtidos neste experimento, onde o uso do gel no solo, contribuiu para um incremento na área foliar na cultura da alface.

Observa-se na Figura 26, que conforme o aumento da dose de hidrogel ao solo, maior foi o peso da massa fresca da planta, sendo o tratamento II, o que apresentou maiores médias, destacando-se sempre dos demais. O ajuste dos dados foi do tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,8629$; $0,9874$; $0,9499$ e $0,9808$ respectivamente. O tratamento T4I2, apresentou média superior ao tratamento padrão, apresentando uma diferença de 11,50%, mostrando-se eficiente para o aumento da massa fresca, parte comercializável da alface. Ressalta-se que o

peso da matéria fresca, foi obtido através da pesagem das folhas da alface, e não da cabeça completa.

Figura 26 – Matéria fresca total (MFT) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Dos Santos *et al.* (2015), em trabalho com uso de hidrogel na cultura da alface, observaram um aumento da MFT da cultura, com o uso da dose de até 16g por vaso para solo do tipo arenoso. Os autores atribuem esse aumento na massa fresca, devido a maior capacidade de retenção de água, nos vasos que continham a presença do polímero, onde o mesmo supriu de forma mais eficiente a necessidade hídrica da cultura.

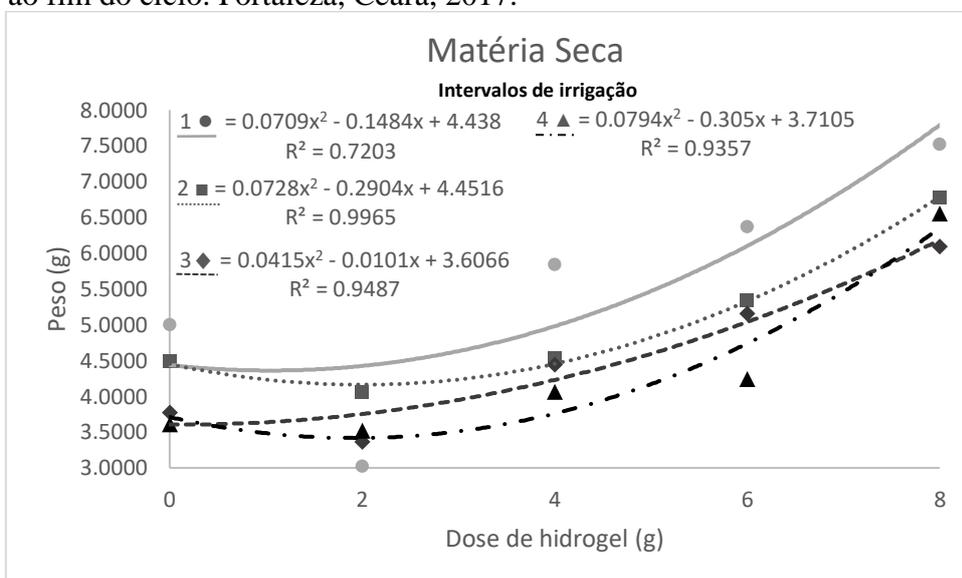
Araújo *et al.* (2010) observaram uma maior área foliar, em plantas de alface com um maior suprimento hídrico, os autores atribuíram esse fato, devido a deficiência hídrica afetar a emissão de novas folhas, para várias espécies vegetais, como a alface. Maggi *et al.* (2006), também observaram uma maior produção de fitomassa fresca para a cultura da alface, conforme houve uma maior disponibilidade hídrica para a cultura.

Os mesmos resultados foram encontrados por Vilas Boas *et al.* (2007), que ao submeter a cultura da alface a diferentes lâminas de irrigação, obtiveram maior teor de massa fresca na cultura, com o uso da lâmina de 120% da ET_{pc}. Os resultados apresentados pelos autores supracitados, corroboram com as respostas obtidas neste experimento, mostrando assim, a necessidade da cultura a um bom abastecimento hídrico, bem como a eficiência do hidrogel em manter a umidade no solo e o suprimento hídrico em situações adversas para a planta.

A variável matéria seca total apresentou comportamento semelhante a matéria fresca total, como se pode observar na Figura 27. Os dados obtiveram o mesmo ajuste da variável passada, sendo classificados como polinomial quadrático, com valores de $R^2 = 0,7203$; $0,9965$; $0,9487$ e $0,9357$ respectivamente. Conforme houve o aumento da dose de hidrogel disponível no solo, maior foi o peso seco médio da planta. Observou uma redução de peso médio de 91,48% da MFT para a MST.

Assim como na MFT, o tratamento I1 apresentou melhores resultados, com maior peso, seguido do tratamento I2, que com a combinação T4I2 apresentou média superior ao tratamento padrão, com uma produção de 26,29% maior que o tratamento T0I1, mostrando assim, sua eficiência na produção quando comparado ao cultivo tradicional da cultura da alface.

Figura 27 – Matéria seca total (MST) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo. Fortaleza, Ceará, 2017.



Dos Santos *et al.* (2015), assim como na MFT observaram melhor rendimento de massa seca, em plantas de alface com o incremento do gel no solo. Valença *et al.* (2018) atribuem os menores valores de MST aos tratamentos com menor disponibilidade hídrica, devido afetar a condutância estomática, que é um processo importante na fotossíntese, gerando assim uma menor produção de fitomassa seca, ao fim do ciclo do cultivo da alface.

Hafle *et al.* (2008) ao trabalharem com o maracujazeiro doce, utilizando doses de hidrogel, observaram que o polímero ajudou na manutenção da umidade do solo, melhorando diversos aspectos produtivos, entre eles a produção de fitomassa fresca, bem como um maior

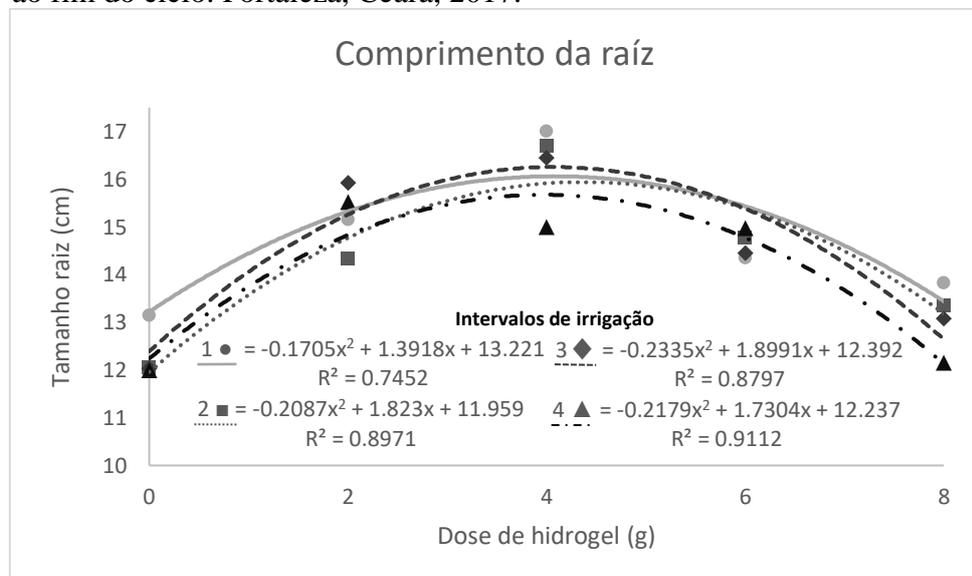
índice de massa seca na planta. Marques *et al.* (2013), ao testarem o uso do hidrogel como substituto na irrigação em mudas de café, observaram a eficiência do polímero na manutenção da umidade do solo, obtendo valores de massa seca da planta igual ou superiores aos tratamentos com irrigação regular.

Os resultados apresentados pelos autores supracitados, estão de acordo com os obtidos nesse experimento, confirmando assim a eficiência do uso do hidrogel no solo, para um melhor suprimento hídrico na cultura da alface, onde apresenta melhores desempenhos nas características agrônômicas, como maior produção de MFT e MST.

Na variável comprimento da raiz, observou-se comportamento semelhante a algumas das variáveis analisadas nas avaliações anteriores, como se pode observar na Figura 28. As maiores médias, foram encontradas no tratamento T2, em todas as combinações do tratamento intervalo de irrigação (I). O ajuste dos dados, foi do tipo polinomial quadrático, com $R^2 = 0,7452$; $0,8971$; $0,8797$ e $0,9112$ respectivamente.

O tratamento T2I1, foi o de maior destaque, apresentando média de 22,65% maior que o tratamento padrão. O tratamento T2I2, destacou-se apresentando médias 21,26% maiores que o tratamento padrão, mostrando que o sistema radicular com essa dosagem, tende a se aprofundar mais no solo.

Figura 28 – Comprimento da raiz (MST) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Marques *et al.* (2013) em trabalho com hidrogel em mudas de cafeeiro, observaram que o uso do polímero, induziu um maior enraizamento da planta quando as mesmas foram

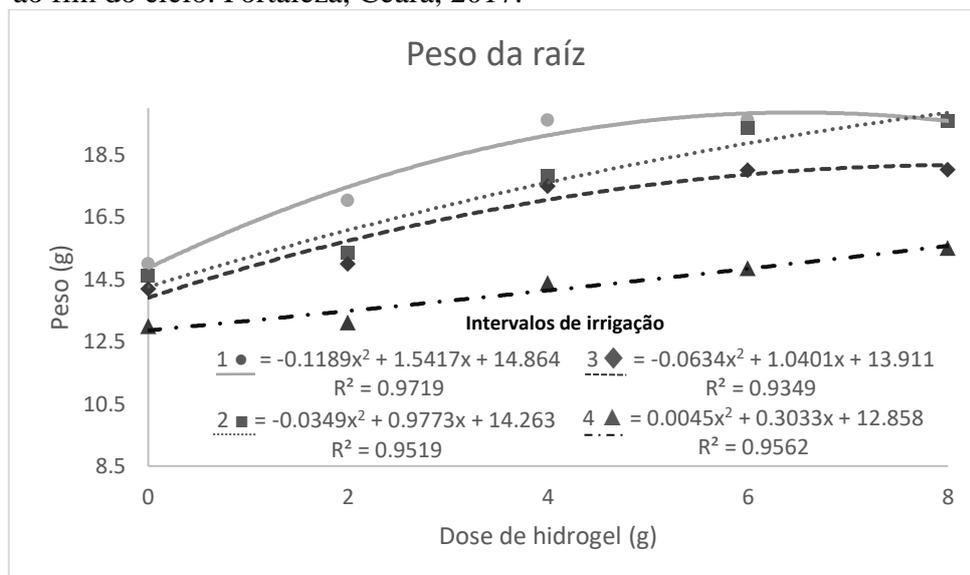
submetidas ao déficit hídrico, encontrando valores semelhantes e até maiores que os tratamentos com irrigação diária. Segundo Thomas (2008) o polímero tem a capacidade de melhorar o desenvolvimento da planta, pois induz o crescimento das raízes dentro de seus grânulos hidratados presentes no solo, possibilitando maior superfície de contato entre água, nutrientes e raiz.

Pinto *et al.* (2017) em trabalho realizado com uso de hidrogel na cultura do tomate cereja, obtiveram respostas com maior comprimento de raízes nas plantas submetidas ao déficit de até dois dias, utilizando uma dose de 2g de hidrogel no solo. Hafle *et al.* (2008), em resposta ao uso de hidrogel no solo, em cultivo de maracujazeiro amarelo, obtiveram um maior comprimento no tamanho das raízes, quando submetidos a doses de 4,5 g de hidrogel no solo. Os resultados obtidos pelos autores acima, estão de acordo com os aqui apresentados, mostrando a eficiência do polímero, no enraizamento da planta, quando submetidas ao déficit hídrico.

Observa-se na Figura 29, que conforme houve um aumento da dose de hidrogel no solo, maior foi o peso das raízes da planta. Mostrando que o polímero é eficiente no aumento da produção de raízes, mesmo as mesmas não se aprofundando tanto, como no caso da variável anterior, há uma produção de raízes laterais maior, quando se tem um incremento de hidrogel no solo.

O tratamento com intervalo de irrigação I2, mostrou-se eficiente, quando comparado ao tratamento padrão, apresentando maiores médias, conforme o incremento de hidrogel no solo. Com a dose T4, o mesmo produziu 23,38% a mais que o tratamento padrão. O ajuste dos dados foi do tipo polinomial quadrático, apresentando valores de $R^2 = 0,9719$; $0,9519$; $0,9349$ e $0,9562$ respectivamente.

Figura 29 – Peso da raiz (MST) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Dos Santos *et al.* (2015), observaram uma maior produção de massa fresca de raízes de alface, quando as mesmas foram submetidas a maiores dosagens de hidrogel no solo. Os autores atribuem a maior disponibilidade de água no solo, proporcionada pelo gel, como responsável pelo aumento da absorção de água pela planta, conseqüentemente aumentando a quantidade de raízes laterais.

Navroski *et al.* (2015) observaram maior produção na massa de raízes em mudas de *Eucalyptos*, quando as mesmas foram submetidas a doses do polímero hidrogel juntamente com o substrato. Os autores atribuem resultado, a mesma resposta obtida por Dos Santos *et al.* (2015), justificando a maior disponibilidade hídrica fornecida pelo gel, como responsável pela maior massa de raízes, devido a maior disponibilidade de água e nutrientes.

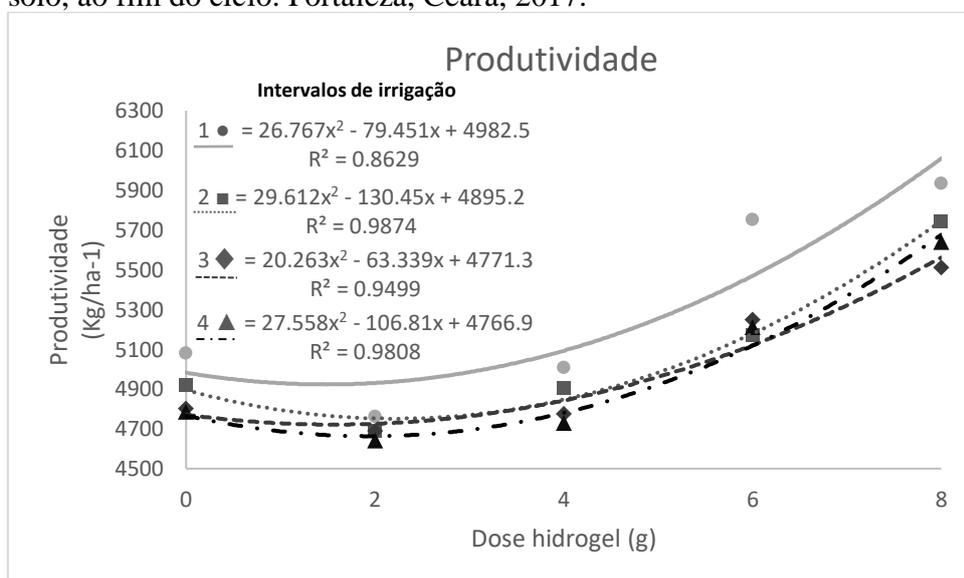
Agaba *et al.* (2011), observando as respostas do polímero hidroretentor no ciclo do milho, obteve como resposta uma maior produção de biomassa das raízes da planta, obtendo um crescimento de cerca de 2 a 2,3% quando comparado a tratamentos sem uso do gel no solo. Os autores atribuem esse feito, a uma maior eficiência do uso da água com o incremento do polímero no solo, possibilitando assim, um melhor suprimento hídrico para as culturas, e reduzindo efeitos negativos do déficit hídrico.

Os resultados aqui expostos, estão de acordo com os obtidos pelos autores supracitados, demonstrando assim, uma maior confiabilidade nos dados e inferindo o benefício do uso do polímero, no desenvolvimento de diversas culturas, dentre elas a alface.

Na Figura 30, observa-se a estimativa da produtividade média da cultura, em kg/ha^{-1} , que assim como a variável MFT, apresentou um comportamento crescente, conforme o incremento de hidrogel no solo, para todos os intervalos de irrigação, apresentando uma maior produtividade, com o uso da dose T4. O ajuste dos dados foi do tipo polinomial quadrático, apresentando $R^2 = 0,8629$; $0,9874$; $0,9499$ e $0,9808$ respectivamente.

O tratamento que mais se destacou, foi o tratamento T4I1, que apresentou uma produtividade média de $5.933,25 \text{ kg/ha}^{-1}$, uma produção $14,26\%$ maior que a produção do tratamento padrão. Caso o produtor priorize uma produção mais econômica, ele pode utilizar o tratamento T4I2, que terá uma produção $11,50\%$ maior que a do tratamento padrão, onde irá obter uma maior economia no momento da irrigação, visto que este tratamento possui um intervalo de irrigação de dois em dois dias.

Figura 30 – Produtividade média (kg/ha^{-1}) da planta de alface em resposta a combinação de diferentes intervalos de irrigação e doses de hidrogel no solo, ao fim do ciclo. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Mendonça *et al.* (2015) observaram aumento na produtividade da alface, quando as mesmas foram submetidas ao cultivo com uso do hidrogel no solo, os autores observaram aumentos de cerca de 25% quando comparados ao sistema de cultivo tradicional. Os autores também inferem a economia de cerca de 14% de água quando comparado ao sistema tradicional.

Pelegrin *et al.* (2017), em estudo da cultura da soja, inferem uma maior produção de grãos na cultura, quando a mesma foi conduzida com o uso de hidrogel no solo, atribuindo

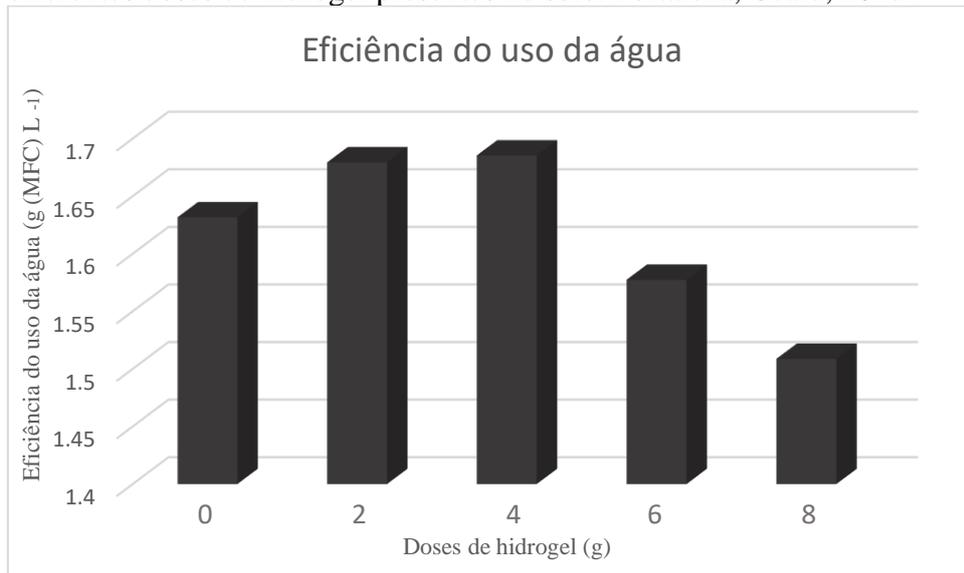
essa resposta em função do hidroretentor aumentar a disponibilidade hídrica, melhorando o desenvolvimento do sistema radicular e um incremento da parte aérea da planta.

Lima Junior *et al.* (2012), ao trabalharem com plantio de alface sob diferentes regimes hídricos, observaram que com a reposição da ET_{pc} a 98%, as plantas obtiveram uma maior produtividade, sendo essa decrescente conforme a restrição hídrica.

Os resultados obtidos pelos autores supracitados, corroboram com os dados aqui apresentados, demonstrando que o uso do hidrogel no solo, em doses ideais para cada cultura, resultam em uma melhoria em todas as características produtivas da planta, gerando ao fim do ciclo uma maior produtividade, mesmo em situações em que a cultura seja submetida ao déficit hídrico.

Na Figura 31, é possível observar a eficiência do uso da água ao final do ciclo da produção da alface. Esta variável não apresentou efeito significativo quando submetida aos testes estatísticos, porém observa-se matematicamente uma diferenciação na resposta da eficiência do uso da água, em relação as doses de hidrogel presentes no solo.

Figura 31 – Eficiência do uso da água, no cultivo da alface em respostas a diferentes doses de hidrogel presentes no solo. Fortaleza, Ceará, 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Observa-se que conforme o aumento da dose de hidrogel no solo, maior foi a eficiência do uso da água, até a dose T2 (4g). A dose em destaque, também foi responsável pela maior eficiência na maioria das variáveis analisadas nesse trabalho. Após a dosagem T2, observa-se um decréscimo na eficiência do uso da água pelas plantas.

Dos Santos *et al.* (2015) ao trabalharem com o polímero na cultura da alface, observaram resultados semelhantes, porém com uma maior eficiência de uso na dose de 16g. Os autores

atribuem estes resultados, a maior disponibilidade de água fornecida pelo polímero, bem como o trabalho ter sido desenvolvido em ambiente protegido, que por sua vez, proporciona um maior aproveitamento da água e nutrientes. A diferença entre a maior dose pode ser explicada, pelo fato dos autores trabalharem em um solo de textura arenosa, que possui uma maior drenagem natural, comparada com o solo utilizado nesse experimento.

Os resultados obtidos pelos autores, corroboram com os resultados apresentados nesse experimento. Aferindo assim, que o uso de hidrogel, contribui para uma melhor eficiência no uso da água pelas plantas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dose de 4 g foi a que apresentou maior viabilidade no solo em estudo, com melhores resultados em todas as variáveis, mostrando-se mais eficiente que a recomendação do fabricante, gerando um menor custo ao produtor.

O uso da dose de 4 g propiciou uma maior eficiência do uso da água pelas plantas, visto que as mesmas apresentaram melhores índices fotossintéticos nessa dosagem.

O uso do hidrogel proporcionou uma maior taxa de enraizamento na cultura, apresentando uma maior produção de fitomassa das raízes.

7 CONCLUSÃO

O uso do hidrogel influenciou no cultivo de alface possibilitando a obtenção de maiores produtividades para as maiores dosagens.

REFERÊNCIAS

- AGABA, H., LAWRENCE J. B. ORIKIRIZA, OBUA, J., KABASA, J.D., WORBES, M., HÜTTERMANN, A. Hydrogel amendment to sandy soil reduces irrigation frequency and improves the biomass of *Agrostis stolonifera*. **Agricultural Science**, v. 2, n. 4, pp. 544–550, 2011.
- AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK, K. A.; MARDAN, A.; AHAMD, M.; IQBAL, M. M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant soil environ**, v. 50 p. 463-469, 2004.
- ALBUQUERQUE FILHO, J. A. DE, DE LIMA, V. L., MENEZES, D., AZEVEDO, C. A., NETO, J. D., & DA SILVA JÚNIOR, J. G.. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação1. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 671-679, 2009.
- ANDRIOLO, J. L., ESPINDOLA GRIGOLETTO, M. C., & STEFANELLO OSMARI, M. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, 2003.
- AQUINO, A. B., AQUINO, B. F., HERNANDEZ, F. F. F., HOLANDA, F. J. M., FREIRE, J. M., CRISOSTOMO, L. A., ... & FERNANDEZ, V. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará. **Fortaleza: UFC**, 1993, 248p.
- ARAÚJO FILHO, J. A. Caatinga: agroecologia versus desertificação. **Ciência Hoje**, v. 30, n. 180, p. 44-45, 2002.
- ARAÚJO, S. A.C, MALDONADO VASQUEZ, H., CAMPOSTRINI, E., TORRES NETTO, A., BORGES DEMINICIS, B., & DA SILVA LIMA, E. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.) em estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v.32, n.1, p.1-7, 2010.
- ARAÚJO, S. M. S. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil; Questões Ambientais e possibilidades de Uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica – Revista Científica da FASETE**. V. 5. N. 5, 2011.
- ARAUJO, W. F, SOUZA, K. T. S. DE, VIANA, T.V.A, AZEVEDO, B.M., & OLIVEIRA, G.A. Rendimento e eficiência do uso da água pela alface em função da lâmina de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4, 2010.
- ARAUJO, W. L., DIAS, P. C., MORAES, G. A., CELIN, E. F., CUNHA, R. L., BARROS, R. S., & DAMATTA, F. M. Limitations to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 10, p. 884-890, 2008.
- ARBONA, V., IGLESIAS, D. J., JACAS, J., PRIMO-MILLO, E., TALON, M., & GÓMEZ-CADENAS, A. Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. **Plant and Soil**, v. 270, n. 1, p. 73-82, 2005.
- AZEVEDO, T. L. DE F, BERTONHA, A., GONÇALVES, A. C. A., DE FREITAS, P. S. L., REZENDE, R., & FRIZZONE, J. A. (2002). Níveis de polímero superabsorvente, frequências

de irrigação e crescimento de mudas de café. *Acta Scientiarum. Agronomy*, (2002), 24, 1239-1243.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; DALLACORT, R.; BERTONHA, L. C. Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de poliácridamida. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 28, n. 2, p. 287- 290, 2006.

BANDEIRA, G. R., PINTO, H. C. S., MAGALHÃES, P. S., ARAGÃO, C. A., QUEIROZ, S. O. P., SOUZA, E. R., & SEIDO, S. L. Manejo de irrigação para cultivo de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, 2011.

BELTRÃO, N. E. DE M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L. AZEVEDO, D. M. P. DE VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de LIMA, E. F. (Ed). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 37 - 61.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª Ed. Viçosa, Ed. UFV, 2006, 625p.

BEZERRA NETO, F.; ROCHA, R.C.C.; NEGREIROS, M.Z.; ROCHA, R.H.; QUEIROGA, R.C.F. Produtividade de alface em função de condições de sombreamento e temperatura e luminosidade elevadas. *Horticultura Brasileira*, v.23, n.2, p.189-192, abr-jun 2005.

BOLZAN MARTINS, F., STRECK, N. A., CORDEIRO DA SILVA, J., WILKER MORAIS, W., SUSIN, F., NAVROSKI, M. C., & VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, 2008.

BUTRINOWSKI, R. T., BUTRINOWSKI, I. T., SANTOS, E. L., PICOLOTTO, P. R., PICOLOTTO, R. A., & SANTOS, R. F. Water availability in initial development of seedlings in protected environment *Eucalyptus grandis*. *Acta Iguazu*, 2(3), 84–93, 2013.

CAMARA, GUILHERME R. *et al.* Desenvolvimento da área foliar do cafeeiro conilon vitória (clone v) submetido a diferentes doses de um hidroretentor e diferentes intervalos de irrigação. XII EPG - Encontro Latino Americano de Pós – Graduação, **Anais**, 2008.

CARVALHO, J. E. D., ZANELLA, F., MOTA, J. H., & LIMA, A. L. D. S. Cobertura morta do solo no cultivo de alface cv. Regina 2000, em Ji-Paraná/RO. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v29, p 935-939. 2005.

CARVALHO, R. P. D., CRUZ, M. D. C. M., & MARTINS, L. M. Irrigation frequency using hydro-absorbent polymer in seedling production of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.

CASTRO, A. S.; CAVALCANTE, A. M. B. Flores da caatinga. **Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**, 2011.

CHAVES, S. W. P., MEDEIROS, J., NEGREIROS, M., SILVA, A., & FREITAS, K. K. C. Rendimento de alface em função da cobertura do solo e frequência de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 17, p. 25-31, 2004.

CIRILO, J. A. O nordeste semi-árido: Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos avançados**. V. 22, n. 63, p. 61, 2008.

DALASTRA, Graciela Maiara *et al.* Características produtivas de cultivares de alface mimosa, conduzida sob diferentes níveis de sombreamento, no inverno. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 15-19, 2016.

DA LUZ, G. L., MEDEIROS, S. L. P., BORCIONI, E., LAJÚS, C. R., FERRAZZA, A. C., & VERONA, R. B. Ação dos intervalos entre irrigações no sistema radicular da alface em hidroponia. **Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América**, v. 42, n. 6, p. 370-374, 2017.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Tradução de H.R. Gheyi, J.E.C. Metri e F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 24).

DOS SANTOS, M. A. L., DOS SANTOS, D. P., DE MENEZES, S. M., LIMA, D. F., & DA SILVA VIEIRA, J. P. Produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L) em função das lâminas de irrigação e tipos de adubos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2016.

DOS SANTOS H. T., DE CARVALHO D. F., SOUZA C. F., MEDICI L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Revista Eng. Agrícola**, v. 35, n. 5, Jaboticabal, p.852-862, 2015.

DRANSKI, J. A., PINTO JUNIOR, A. S., CAMPAGNOLO, M. A., MALAVASI, U. C., & MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 5, 2013.

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA P. C. F.; OLIVEIRA, M. D. C.; OLIVEIRA, V. R.; ALBUQUERQUE, S. G.; NASCIMENTO, C. E. S.; CAVALCANTI, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. Semiárido para avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga. **Anais... EMBRAPA/CPATSA, UFPE e Conservation Internacional do Brasil**, Petrolina, 2000.

DUSI, D. M. Efeito da adição do polímero hidrorretentor na eficiência da adubação nitrogenada no crescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, em dois diferentes substratos, p. 93. **Dissertação** (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FELIPPE, D., CARLOS NAVROSKI, M., SAMPIETRO, J. A., FRIGOTTO, T., ALBUQUERQUE, J. A., MOTA, C. S., & PEREIRA, M. O. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 215-225, 2016.

- FERNANDES, D. A.; ARAUJO, M. M. V. ; CAMILI, E. C. . Formação de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. **Revista de Agricultura** (Piracicaba), v. 90, p. 229-236, 2015.
- FERREIRA, E. A., APARECIDA SILVA, V., APARECIDA SILVA, E., & DE REZENDE OLIVEIRA SILVEIRA, H. Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas de mudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, 2014.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.
- FLEXAS, J.; BOTA, J.; LORETO, F. *et al.*; Diffusive and Metabolic Limitations to Photosynthesis under Drought and Salinity in C3 Plants. **Plant Biology** 6 (2004): 269 – 279.
- GOTTO, R.; TIVELLI, S.W. (Org.). **Produção em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Editora UNESP, 1998. 319 p.
- HAFLE, O. M., M CRUZ, M. D. C., RAMOS, J. D., RAMOS, P. S., & SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 3, 2008.
- HENZ, G.; SUINAGA, F. A. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico**, 2009.
- HERMES, C. C., MEDEIROS, S. L. P., MANFRON, P. A., CARON, B., POMMER, S. F., & BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função de soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 269-275, 2001.
- HYDROPLAN-EB. **Hidrogel reduz a frequência de irrigação e potencializa o seu efeito**. Disponível em: <<http://www.grupopolifer.com.br/index.php?link=noticias/noticia.php&id=77>>. Acesso em: 28 fev. 2017.
- IDROBO, H. J., RODRÍGUEZ, A. M., & ORTÍZ, J. E. D. Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. **Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente**, n. 9, p. 33-37, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Áreas Especiais. **Cadastro de Municípios localizados na Região Semiárida do Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiarido.shtm?c=4>>. Acesso em 22 de fev. 2017.
- JALEEL, C. A., GOPI, R.; SANKAR, B.; GOMATHINAYAGA, M.; PANNEERSELVAM, R. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus Roseus* under drought stress. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 1, p. 42-47, 2008.
- KATO, Y.; OKAMI, M.; Root morphology, hydraulic conductivity and plant water relations of high-yielding rice grown under aerobic conditions. **Annals of Botany**, 2011.
- KIANI, S. P., MAURY, P., SARRAFI, A., & GRIEU, P. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. **Plant science**, v. 175, n. 4, p. 565-573, 2008.

KOUPAI, J. A.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. **Journal of plant nutrition**, v. 31, n. 2, p. 317-331, 2008.

KRAMER, Paul J.; BOYER, John S. **Water relations of plants and soils**. Academic press, 1995.

LIMA JÚNIOR, J. A. de; PEREIRA, G. M.; GEISENHOFF, L. O.; COSTA, G. G.; VILAS BOAS, R. C.; YURI, J. E. Efeito da irrigação sobre o efeito produtivo da alface americana, em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 8, p. 797-803, 2010.

LIMA JUNIOR, J. A.; PEREIRA, G. M. ; GEISENHOFF, L. O. ; VILAS BOAS, R. C. ; SILVA, W. G. ; SILVA, A.L.P. Produtividade da alface americana submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Semina. Ciências Agrárias**, v. 33, p. 2681-2688, 2012.

LIMA, D. F.; MENEZES, S. M.; SILVA, J. P. V.; ALVES, E. DA S.; SANTOS, D. P.; SANTOS, M. A. L. Análise de desenvolvimento da cultura da alface sob lâminas de água e diferentes tipos de adubação. **ANAIS 2º INOVAGRI International Meeting**. Fortaleza (CE), 2014.

LIMA, M. E. D., CARVALHO, D. F. D., SOUZA, A. P. D., GUERRA, J. G. M., & RIBEIRO, R. D. L. D. Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 06, p. 1503-1510, 2009.

LOPES, J. L. W.; SILVA, M. R.; SAAD, J. C. C.; ANGÉLICO, T. S. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de Eucalyptus Urograndis produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v.20, p.217-224, 2010.

LUDKE, I. **Produção Orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2009. 79p. Dissertação de Mestrado.

MAGALHÃES, A. S. G. Síntese e caracterização de hidrogéis superabsorventes à base de acrilamida e acrilato de sódio, p. 208. **Tese** (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MAGGI, M. F., KLAR, A. E., JADOSKI, C. J., & ANDRADE, A. R. S. Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, p. 415-427, 2006.

MALAVOLTA, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 208p.

MARQUES, P. A. A., & BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 53-64, 2011.

MARQUES, P. A. A., DE MELO, C. M. A., & MARTINEZ, E. H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, 2013.

MASHHADI-AKBAR-BOOJAR, M., HABIBI, D., MODARRES-SANAVY, S. A. M., SHIRANI-RAD, A. H., NOUR-MOHAMMADI, G., TOHIDI-MOGHADAM, H. R., & DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 243-250, 2009.

MASSACCI, A., S.M. NABIEV, L. PIETROSANTI, S.K. NEMATOV, T.N. CHERNIKOVA, K. THOR AND J. LEIPNER. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. **Plant Physiol. Biochem.**, 46: 189–195, 2008

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. Sinopse do censo demográfico para o semiárido brasileiro. **Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**. Campina Grande, PB. 2012.

MEIRELLES, L. Produção e comercialização de hortaliças orgânicas. **Horticultura**

MELO, D. V. M. D., ALMEIDA, B. G. D., SOUZA, E. R. D., SILVA, L. S., & JACOMINE, P. K. T. Structural quality of polyacrylamide-treated cohesive soils in the coastal tablelands of Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 476-485, 2014.

MELO, M. R. S. Lixiviação de nutrientes em lisímetros de drenagem na presença de um polímero hidroabsorvente, p. 79. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

MELO, M. R. S.; SILVA, E. F. F ; BARBOSA, R. F. . Lixiviação em lisímetro de drenagem na presença de um polímero hidrosorvente.. In: Workshop Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura Irrigada, 2007, Recife. **Anais**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007. p. 1-4.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R. ; PERES, J. G. ; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D.C.M. ; SOUZA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, p. 239-245, 2015.

MORAES, O.; BOTREL, T. A. ; DIAS, C. T. S. . Efeito do uso de polímero hidroretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia Rural**, v. 12, n.único, p. 73-80, 2001.

MORO, A. L., BROETTO, F., & MORO, E. Relação hídrica e teor de clorofila em dois cultivares de arroz submetido à deficiência hídrica e adubação silicatada. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 570, 2018.

MUSGRAVE, M.E. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight wheat cultivars. **Crop Sci.**,: 1314-1318, 1994.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, S. F.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento

inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467 - 476, 2015.

OLIVEIRA, F. D. A. DE, DE O, C., MARIA, J. S., DE MEDEIROS, J. F., MARACAJÁ, P. B., & DE OLIVEIRA, M. K. Desempenho de cultivares de alface submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 8, 2011.

OLIVEIRA, G. Q., BISCARO, G. A., JUNG, L. H., DE OLIVEIRA ARAÚJO, É., & VIEIRA FILHO, P. S. Fertirrigação nitrogenada e níveis de hidrogel para a cultura da alface irrigada por gotejamento. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 5, p. 456, 2014.

OLIVEIRA, M. A. J. D., BOVI, M. L. A., MACHADO, E. C., GOMES, M. M. D. A., HABERMANN, G., & RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agrícola**, p. 59-63, 2002.

PAIVA, A. S., FERNANDES, E. J., RODRIGUES, T. J., & TURCO, J. E. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, p. 161-169, 2005.

PELEGRIN, A. J. D., NARDINO, M., FERRARI, M., CARVALHO, I. R., SZARESKI, V. J., BELLE, R. & SOUZA, V. Q. D. Polímeros hidrotentores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p.

PELOSO, A. D. F., TATAGIBA, S. D., REIS, E. F. D., PEZZOPANE, J. E. M., & AMARAL, J. F. T. D. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. 2017.

PEREIRA, P. G.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L. M. G.; FRANÇA, S. Efeitos de diferentes níveis de déficit hídrico na fotossíntese e condutância foliar em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 53-62, 2003.

PINTO, L. E. V., DE MARIA, A. C. G., MARTINS, F. B., & PRADELA, V. A. Produção de mudas de tomate cereja com uso de polímero e diferentes regimes de reposição hídrica. **Colloquium Agrariae**, vol. 13, n. Especial, Jul – Dez, 2017, p. 143 - 149.

PINTRO, J. C., & FLORES, F. E. V. Efeito de diferentes níveis de disponibilidade de água do solo sobre o desenvolvimento de plantas jovens de erva-mate. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 21, p. 505-510, 1999.

POLYSACK INDÚSTRIAS Ltda. 2010, 19 de Janeiro 2017. Disponível em: <http://www.polysack.com.br>.

RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A.; MUNIZ, E. Síntese e caracterização de hidrogéis compostos a partir de copolímeros acrilamida-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.

ROVER, S; OLIVEIRA, J. L.B; NAGAOKA, M.P.T. Viabilidade econômica da implantação de sistema de cultivo de alface hidropônica. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 3, p. 169-179.

RYDER, E.J. **Lettuce, endive and chicory**. Wallingford: CAB Publishing: 1999. 208p. (Crop Production Science, 9).

SAAD, J. C. C.; LOPES, J. L. W.; SANTOS, T. A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. **Engenharia Agrícola**, v. 29, p. 404-411, 2009.

SANTANA, MÁRCIO JOSÉ DE; RIBEIRO, ALDERICO ALVES; MANCIN, CELSO APARECIDO. Evapotranspiração e coeficientes de cultura para a alface e rúcula cultivadas em Uberaba, MG. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, n. 2, p. 7-13, 2016.

SANTOS, H., CARVALHO, D. D., SOUZA, C. F., & MEDICI, L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 35, n. 5, p. 852-862, 2015.

SAYED, H. E., KIRKWOOD, R. C., & GRAHAM, N. B. The effects of a hydrogel polymer on the growth of certain horticultural crops under saline conditions. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 7, p. 891-899, 1991.

SHALHEVET, J. **Plants under salt and water stress**. In: FOWDEN, L.; MANSFIELD, T.; STODDART, J. **Plant adaptation to environmental stress**. London: Chapman & Hall, 1983. cap 7, p.133-54.

SHAO, H. B., CHU, L. Y., JALEEL, C. A., & ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes rendus biologiques**, v. 331, n. 3, p. 215-225, 2008.

SILVA, M. D. A., JIFON, J. L., DA SILVA, J. A. G., DOS SANTOS, C. M., & SHARMA, V. Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **The Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 1, p. 104-118, 2014.

SILVA, V. D. da; QUEIROZ, S. O. P. Manejo de água para produção da alface em ambiente protegido. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 184-199, 2013.

SILVA, V. F.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M. Z.; PEDROSA, J. F. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 183 - 187, nov. 2000.

SOARES, Tales Miler. Utilização de águas salobras no cultivo da alface em sistema hidropônico NFT como alternativa agrícola condizente ao semi-árido brasileiro. 2007. **Tese de Doutorado**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage**, v. 118, n. 06, p. 977-980, 1992.

TAHERI, H., SOLTANIMOHAMMADI, A., & ALEMZADEH ANSARI, N. Effects of superabsorbent polymer on the number and leaf area of lettuce under drought stress. **Journal of Water Science & Engineering**, v. 7, n. 15, p. 71-80, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2002. 690 p.

THOMAS, D.S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, v.255, n.3-4, p.1305-1314, 2008.

To water deficit. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, *First View*, 2013.

TOHIDI, M.H. R.; SHIRANI, R. A. H.; NOUR, M.; HABIBI, D.; MODARRES S. A. M.; MASHHADI M, A. B.; DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 243 - 250, 2009.

VALERIANO, T. T. B.; SANTANA, M. J. ; MACHADO, L. J. M. ; OLIVEIRA, A. F. . Alface americana cultivada em ambiente protegido submetida a doses de potássio e lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 21, p. 620-230, 2016.

VALENÇA, D. D. C., CARVALHO, D. F. D., REINERT, F., AZEVEDO, R. A., PINHO, C. F. D., e MEDICI, L. O. Automatically controlled deficit irrigation of lettuce in “organic potponics”. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 1, p. 52-59, 2018.

VALE, F. R. G.; CARVALHO, S. P.; PAIVA; L. C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós-plantio. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n. 1, p. 7-13, 2006.

VILAS BOAS, R. C., CARVALHO, J. D. A., GOMES, L. A., SOUZA, K. J., RODRIGUES, R. C., & SOUSA, A. M. D. U. Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2007.

ZANELLA F, LIMA A. L. S., SILVA JÚNIOR F. F., MACIEL S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciênc. Agrotecnol.** 32: 366-370, 2008.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E. M. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n.1, p.10 - 30, 2004.