



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Emanoel Messias Souza de Barros

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO PIMENTÃO VERMELHO
CULTIVADO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE DEPLEÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO

Petrolina

2018

EMANOEL MESSIAS SOUZA DE BARROS

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DO PIMENTÃO VERMELHO
CULTIVADO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE DEPLEÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Santurbano Gervásio
Co-orientador: Prof. Dr. Izaias da Silva Lima Neto

Petrolina

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Emanoel Messias Souza de Barros

DESEMPENHO AGRONÔMICO DO PIMENTÃO VERMELHO
CULTIVADO EM AMBIENTE PROTEGIDO SOB DIFERENTES
NÍVEIS DE DEPLEÇÃO DE ÁGUA NO SUBSTRATO

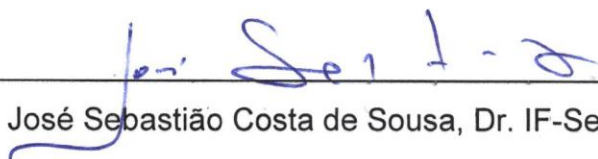
Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em
Agronomia – Produção Vegetal,
pela Universidade Federal do
Vale do São Francisco.

Aprovada em 22 de agosto de 2018.

Banca Examinadora



Eliezer Santurbano Gervásio, Dr. UNIVASF



José Sebastião Costa de Sousa, Dr. IF-Sertão-PE



Izaias da Silva Lima Neto, Dr. UNIVASF



Lígia Borges Marinho, Dr^a. UNEB

B277d Barros, Emanuel Messias Souza de
Desempenho agrônomo do pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato / Emanuel Messias Souza de Barros. – Petrolina, 2018. XIII, 86 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2018.
Orientador: Prof. Dr. Eliezer Santurbano Gervásio.

Referências.

1. Pimentão vermelho. 2. Déficit hídrico. 3. Cultivo em vaso. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco

CDD 641.35643

“Porque dele, e por ele, e para ele são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém!”

Romanos 11:36

*A minha família por todo o amor, zelo
pelo apoio em todos os momentos da minha vida.*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor e Autor da vida, que com a sua graça, imensurável e ousado amor me sustentou em todos os momentos ao longo desta caminhada. Ele compreendeu meus medos, minhas falhas e ansiedades e colocou no meu caminho pessoas de boa índole e me encheu de força quando eu caído estava. A ele meu primeiro e mais importante agradecimento.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco pelo oferecimento do programa, estrutura.

Ao do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Aos meus pais, Gilson Alves de Barros e Maria Raimunda de Souza Barros, por estarem sempre ao meu lado e me proporcionarem condições para estudar mesmo em meio a tantas dificuldades da vida pós-moderna. E também por me ensinar valores que somente se constroem no vínculo familiar e no dia a dia. Eu e minha querida irmã sabemos muito bem disso. Sem dúvida nenhuma, esta dissertação também é de vocês!

Aos meus tios e tias em especial a Raquel, Juci, Clenilda, Raí, Pedro, Koronha e Genival, pela disposição imutável em ajudar-me sem quaisquer mensurações de esforços e me dando conselhos que sem dúvida me encorajaram a seguir em frente.

Aos meus avós maternos Luiza Rodrigues e José Torquato que possuem um cuidado especial que vai além da minha capacidade de expressão. Sem vocês esse mestrado não teria sido possível!

A minha namorada Mirelle Carvalho, por toda a compreensão, companheirismo e apoio constante. Isso foi fundamental para mim. Imaginar um futuro contigo me fez continuar acreditando que os esforços, com fé em Deus, valerão a pena. Obrigado por suportar tantas ausências. Eu amo muito você!

A minha avó Santa Maria Alves de Barros (*in memoriam*) que deixou um legado inquestionável para todos nós e com sua voz mansa e cheia de

conhecimento me dizia sempre: “vai estudar pra ser gente né, meu ‘fii’... Pra ser um doutor das plantas.” Ah! Quanta saudade...

Ao professor Eliezer por me orientar, instruir e me guiar no caminho da ciência apresentando-me um manejo de irrigação inovador. Se fosse apenas isso eu já teria muitos motivos para agradecer, mas além da oportunidade de conhecimento, o senhor me brindou com uma amizade especial. Contigo eu reafirmei a certeza que ser estudante de pós-graduação é ser mais que um número em relatórios. O senhor confiou em mim e me incentivou, mesmo sabendo das minhas limitações. Muito obrigado por tudo, obrigado mesmo! Seu comprometimento singular com a pesquisa me motivou demais nessa jornada!

Ao meu co-orientador professor Izaias pelos aconselhamentos, paciência e capacidade de simplificação do complexo, o que torna mais prazeroso a execução das tarefas.

A Mariana Neto por toda a atenção, paciência e dedicação em ajudar.

Aos meus amigos de turma Rosi, Cleildes, Roberval, Maria Eugênia, Lorena, Iandra e Ana Paula por todos os momentos tristes e alegres que vivemos juntos. Certamente ficarão guardados para sempre! Vocês são muito especiais para mim.

A todos os amigos que fiz na Univasf, especialmente ao até então, bolsista e hoje engenheiro agrônomo Teógene Sá, pela imensa contribuição neste trabalho, pelas discussões intelectuais e pseudo-intelectuais, pelas risadas, desafios e companheirismo nesse projeto, mas acima de tudo pela amizade estabelecida. E a Sabrina Gomes que com toda a sua humildade e simplicidade me ajudou diversas vezes e estava sempre disponível.

RESUMO

O pimentão é geralmente cultivado em campo aberto, mas adapta-se bem ao cultivo protegido pelo melhor controle dos fatores climáticos, prevenção da entrada de pragas e facilidade na realização dos tratos culturais. O cultivo em substratos com uso da fertirrigação além de reduzir custo de produção, promove incremento de produtividade e qualidade dos frutos, visto que fornece às plantas quantidade de nutrientes adequada para cada estágio fenológico. A reposição de água e nutrientes de forma equilibrada é fundamental para obtenção de boas produções sendo imprescindíveis os conhecimentos sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura. Neste sentido, objetivou-se avaliar o desempenho do pimentão vermelho (*Capsicum annuum* L.), cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato de pó da casca de coco. O experimento foi conduzido no *campus* Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, no município de Petrolina-PE em ambiente protegido coberto com tela termorefletora tipo Aluminet (com 50% de sombreamento), e as laterais, revestidas com tela Chromatinet LENO Red. No interior do telado foram instalados uma estação meteorológica para o monitoramento das variáveis climáticas e seis lisímetros de pesagem com capacidade individual de 30 kg e com acionamento automático que permitiram o controle rigoroso da variação da massa e irrigações em escala horária. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram representados por seis níveis de depleção de água no substrato (2, 5, 10, 20, 30 e 40 kPa), e quantificados em função da curva de liberação de água. Cada parcela foi constituída por duas plantas cultivadas em vasos de seção circular com capacidade de 11 litros, preenchidos com substrato de pó da casca de coco devidamente lixiviado. O cultivo foi realizado num período de 8 meses (abril a novembro/2017). O sistema de irrigação foi por gotejamento automatizado utilizando-se a técnica de lisimetria de pesagem no monitoramento do consumo de água. A nutrição mineral das plantas foi realizada por meio de fertirrigação com solução nutritiva à 50% da dose recomendada por Goto e Rossi (1997) até a diferenciação dos tratamentos (35 DAT), e após a diferenciação até o final do ciclo adotou-se recomendação do United States Department of Agriculture (USDA) para pimentão em cultivo sem solo. Foram realizadas quatro aplicações de substâncias húmicas e fúlvicas ao longo do ciclo e, semanalmente, realizaram-se adubações foliares à base de cálcio e boro. Foram avaliadas as seguintes variáveis: produção total por planta (kg planta^{-1}), produtividade total e comercial (t ha^{-1}), número de frutos por planta, massa média do fruto (g), eficiência no uso da água (kg m^{-3}), comprimento e diâmetro médio do fruto (cm), relação comprimento/diâmetro, espessura da polpa (mm), sólidos solúveis (°brix). As plantas foram tutoradas utilizando-se o sistema vertical tipo holandês e conduzidas com quatro hastes por planta (1-2-4). Os frutos foram classificados de acordo com o padrão comercial. Para o número de frutos por planta, produção total, produtividade total e comercial e eficiência no uso da água foram ajustadas regressões lineares decrescentes, sendo a tensão de 2 kPa, a que proporcionou os melhores resultados. A massa média dos frutos não foi influenciada pelos tratamentos. As tensões correspondentes à água disponível em substrato à base de pó da casca de coco podem ser utilizadas como indicativo do momento de irrigar no cultivo de pimentão vermelho em vaso, sendo a tensão de 2 kPa a mais indicada.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L.; pó da casca de coco; EUA; lisimetria de pesagem

ABSTRACT

Chili is generally cultivated in the open field, but it adapts itself well to crop protection by better control of climatic factors, prevention of plague infestation and ease of cultivation. The cultivation in substrates using of fertirrigation beyond in addition to reduce production cost, promotes an increase of productivity and fruit quality, as it provides the plants with adequate nutrients for each phenological stage. The replacement of water and nutrients in a balanced way is fundamental to obtain good yields, and knowledge about the development and productivity of the crop is essential. The objective of this study was to evaluate the performance of red pepper (*Capsicum annuum* L.) Grown in protected environment under different levels of water depletion in the coconut shell powder substrate. The experiment was carried on in Agricultural Sciences campus of the Universidade Federal do Vale do São Francisco, in the country of Petrolina, Pernambuco, in a protected environment covered with an aluminet-type thermo-reflective screen (50% shading), and the sides covered with Chromatinet LENO Red. A meteorological station was set up to monitor climatic variables and six weighing lysimeters with individual capacity of 30 kg and with automatic activation that allowed the strict control of mass variation and irrigations on an hourly scale. The experimental design was randomized blocks with six treatments and six replicates. The treatments were represented by six levels of water depletion in the substrate (2, 5, 10, 20, 30 and 40 kPa), and quantified as a function of the water release curve. Each portion consisted of two plants cultivated inside of an 11 circular section liter box, filled with a powder substrate of the properly leached coconut shell. The cultivation was carried out over a period of 8 months (April to November/2017). The irrigation system was automated drip irrigation using the weighing lysimetry technique in the monitoring of water consumption. The mineral nutrition of the plants was carried on by means of fertigation with nutrient solution at 50% of the dose recommended by Goto and Rossi (1997) until the differentiation of the treatments (35 DAT), and after the differentiation until the end of the cycle the recommendation was adopted of the United States Department of Agriculture (USDA) for sweet peppers under no-till cultivation. Humic and fulvics substances were applied throughout of cicle, and Week by week it was made a ferillizing process to the leaves by using calcium and boro's nutrients. The following variables were evaluated: total production per plant (kg plant^{-1}), total and commercial productivity (t ha^{-1}), number of fruits per plant, average fruit mass (g), water use efficiency Kg m^{-3}), fruit length and diameter (cm), length / diameter ratio, pulp thickness (mm), soluble solids ($^{\circ}$ brix). The plants were tutored using the vertical system type Dutch and conducted with four stems per plant (1-2-4). The fruits were classified according to the commercial standard. For the number of fruits per plant, total production, total and commercial productivity and water use efficiency, decreasing linear regressions were adjusted, being the tension of 2 kPa, which provided the best results. The mean mass of the fruits was not influenced by the treatments. The tensions corresponding to the available water in coconut shell powder substrate can be used as indicative of the moment of irrigation in the cultivation of potted red pepper, with a tension of 2 kPa being the most indicated.

Key-words: coconut shell powder; *Capsicum annuum* L.; EUA; weighing lysimetry

Lista de figuras

Figura 1 - Localização geográfica do município de Petrolina no estado de Pernambuco.....	31
Figura 2 - Temperatura média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar durante o ciclo de cultivo do pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina-PE, 2018.	32
Figura 3 - Estrutura do ambiente protegido (telado) para o cultivo em vaso de pimentão vermelho no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina, 2018.....	33
Figura 4 - Disposição dos vasos de acordo com o delineamento experimental.	35
Figura 5 - a) Vista interna do sistema de irrigação; b) Gotejadores tipo flecha.	37
Figura 6 - a) Extrator de solução, sensor de umidade, temperatura e condutividade elétrica; b) coleta de amostra e leitura direta no condutivímetro.	38
Figura 7 - Vista geral do painel de controle utilizado na lisimetria de pesagem em experimento no cultivo do pimentão vermelho em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.....	41
Figura 8 - Esquema de condução da poda no cultivo em vaso de pimentão no Vale do Submédio São Francisco. a) Critério 1; b) Critério 2 e c) Critério 3	44
Figura 9 - Número de frutos por planta (NF) de pimentão vermelho em função dos níveis de depleção de água no substrato e períodos de colheita no ciclo de cultivo do pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina-PE, 2018.....	58
Figura 10 - Produção total (A), Produtividade (B), Eficiência no Uso da Água (C) e (D) Eficiência no uso da água acumulada (kg m^{-3}) do pimentão Margarita sob cultivo protegido e substrato de pó da casca de coco em Petrolina-PE, 2018.	62
Figura 11 - Classificação de frutos de pimentão vermelho cultivado em pó da casca de coco sob diferentes tensões de água, em cultivo protegido no Vale do Submédio São Francisco, 2018.	625

CORREÇÕES DISSERTAÇÃO-19.11.2018.doc - _Toc531258382

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tolerância à salinidade das culturas e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo encontrados na literatura (A)1 e encontrados em pesquisa (B)2.	27
Tabela 2 - Solução nutritiva utilizada na fertirrigação de pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco até os 35 DAT.	47
Tabela 3 - Requerimento de macronutrientes para cultura do pimentão sob cultivo em substrato (USDA).	47
Tabela 4 - Solução-estoque de micronutrientes utilizada na fertirrigação de pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco (Goto e Rossi, 1997).	47
Tabela 5 - Número de irrigações e volume de água aplicado no ciclo de cultivo do pimentão vermelho em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina, 2018.	52
Tabela 6 - Volume aplicado, volume drenado, pH e Condutividade elétrica da solução lixiviada nos lisímetros ao longo do ciclo do pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.	53
Tabela 7 - Nutrientes aplicados durante o ciclo completo da cultura do pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.	54
Tabela 8 - Análise de variância para número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MMF), espessura da polpa (EP), comprimento médio de frutos (CM), diâmetro médio de frutos (DM), relação diâmetro e comprimento (CM/DM) e sólidos solúveis (SS) em função da tensão de água no substrato e períodos de colheita do pimentão vermelho no município de Petrolina-PE, 2018.	57
Tabela 9 - Massa média de fruto (g), espessura da polpa (mm), comprimento médio de fruto (cm), diâmetro médio de fruto (cm) e relação comprimento/diâmetro (cm) de pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido e substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.	60

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	14
2.0 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Cultivo do pimentão	17
2.2 Cultivo em ambiente protegido	18
2.3 Cultivo em vaso e substrato orgânico	21
2.4 Manejo da irrigação de cultivos em vaso	22
2.5 Nutrição mineral e fertirrigação	24
2.6 Monitoramento da solução.....	26
2.7 Salinidade em ambiente protegido.....	28
2.8 Eficiência no Uso da Água.....	29
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 Local do experimento.....	30
3.2 Características climáticas da região do experimento.....	31
3.3 Caracterização da Cultivar (<i>Capsicum annuum</i> L., 'Margarita').....	32
3.4 Sistema de cultivo	33
3.5 Delineamento experimental	34
3.6 Caracterização do substrato	35
3.7 Sistema de irrigação	37
3.8 Extratores de solução	38
3.9 Manejo da irrigação	39
3.10 Condução das plantas	43
3.11 Nutrição das plantas	45
3.12 Controle fitossanitário	48
3.13 Monitoramento das variáveis meteorológicas	48
3.14 Colheita.....	48
3.15 Variáveis analisadas	49
3.15.1 Produção total por planta.....	49
3.15.2 Produtividade total e comercial.....	49
3.15.3 Número de frutos por planta	49
3.15.4 Classificação dos frutos	49
3.15.5 Comprimento e diâmetro médio dos frutos.....	50

3.15.6 Relação comprimento/diâmetro do fruto	50
3.15.7 Eficiência no uso da água	50
3.15.8 Espessura da polpa	50
3.15.9 Sólidos Solúveis.....	50
3.2 Análise estatística	51
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
5.0 CONCLUSÕES GERAIS.....	68
6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
7.0 APÊNDICE A	82
APÊNDICE B	84
APÊNDICE C	86

1.0 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios para a agricultura é o de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis, que possam produzir alimentos em quantidade e qualidade suficientes sem afetar negativamente os recursos do solo e do ambiente.

Das hortaliças cultivadas em ambiente protegido, o pimentão é a que mais se adaptou a esta condição de cultivo, situando-se entre as cinco que apresentam maior área cultivada no Brasil e em diversos países do mundo, devido à grande produtividade e qualidade dos frutos que pode ser alcançada nessas condições (LORENTZ et al., 2005). Embora o cultivo de hortaliças nestes ambientes seja bastante difundido no Brasil, ainda nota-se a necessidade de estabelecer manejos eficientes para diversos cultivos, épocas e regiões do país.

Para que se tenha resultados otimizados, a cultura necessita do uso da tecnologia relacionada ao manejo da irrigação, adubação e tratos culturais para que a sua exploração seja viável. O cultivo em ambiente protegido acaba minimizando os efeitos da variabilidade ambiental e melhora o desenvolvimento da cultura, pois, permite o controle de fatores climáticos, diminui a incidência de pragas e doenças e favorece o crescimento das plantas.

Todavia, a escassez de informações completas sobre parâmetros de manejo de irrigação em ambientes protegidos são sérios indicadores da existência de lacunas de resultados de pesquisa e da falta de sistematização das informações existentes.

O uso intensivo do solo em ambientes protegidos, tem provocado a salinização destes, em função do manejo inadequado da fertirrigação e o agravamento de problemas com patógenos do solo, motivado pelo monocultivo ou ao cultivo de plantas da mesma família.

Nas últimas décadas, o sistema de produção de oleráceas tem adotado várias tecnologias visando otimizar a produtividade e homogeneizar a oferta (REZENDE et al., 2005). Dentre elas cita-se: o cultivo em vaso para reduzir a ocorrência de nematoides e permitir maior controle de onde a planta irá se desenvolver; a fertirrigação que permite atender a demanda nutricional da

cultura de forma parcelada e o uso de técnicas que proporcionam o monitoramento do solo com tomada de decisões rápidas, como é o caso dos extratores de solução do solo. Todas essas tecnologias permitem, desde que empregadas de forma correta, o uso eficiente da água de irrigação e nutrientes e, conseqüentemente, maior retorno financeiro.

O sistema de cultivo em vaso com substrato orgânico da casca de coco é uma ótima estratégia para reduzir os impactos ambientais gerados tanto pelas agroindústrias quanto pelo comércio do fruto em seu estado natural, contudo existe limitação de desenvolvimento do sistema radicular quando comparado ao cultivo em solo, devido ao reduzido volume de exploração. Logo, o sucesso está intimamente ligado à otimização do manejo da irrigação e nutrição.

Em ambientes protegidos artificialmente modificados em todos os sentidos o manejo da irrigação deve ser diferente, por constituir a única fonte hídrica disponível para as culturas. A irrigação, quando realizada corretamente, além de assegurar ganhos em produtividade e melhor qualidade de frutos, favorece a menor ocorrência de doenças, maior eficiência no uso de nutrientes pelas plantas e, geralmente, possibilita a otimização do uso da água e de energia elétrica, por ocasião da redução do consumo destes.

A lisimetria de pesagem é considerada a técnica mais indicada para o cultivo protegido, pois permite a automação do sistema de irrigação e a coleta de dados em escala horária (GERVÁSIO e MELO JÚNIOR, 2014), além de ser o método mais preciso no suprimento da demanda hídrica da planta (CAMPECHE et al., 2011).

Neste contexto, torna-se necessário, portanto, estudos e posterior aplicação de técnicas que otimizem a prática da irrigação estabelecendo parâmetros relacionados ao momento e a quantidade correta a ser irrigada de forma a suprir as necessidades hídricas da cultura, sem comprometer seu desempenho agrônomo, evitando assim impactos negativos causados pela utilização indevida de técnicas impróprias para ambientes protegidos, que são geralmente praticadas por negligência, imperícia, por economia e/ou descapitalização do recurso financeiro, ou até mesmo associado ao baixo nível de informação dos irrigantes (MAROUELLI et al., 2010), culminando na pouca atenção à preservação e sustentabilidade dos recursos naturais.

Objetivou-se avaliar a eficiência de uso da água do pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido e substrato de pó da casca do coco verde no Vale do Submédio São Francisco. Avaliar o efeito de níveis de depleção de água no substrato sobre a produtividade do pimentão vermelho, visando definir critérios técnicos que viabilizem o manejo racional da irrigação e fertirrigação no modelo de cultivo proposto.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultivo do pimentão

A produção mundial de pimentão e pimentas no ano de 2014 teve como principais regiões produtoras a Ásia (67,3%), as Américas (13,3%) e a África (10%). A China destaca-se como maior produtor, seguida pelo México, Turquia e Indonésia (FAOSTAT, 2017).

A olericultura desempenha importante papel sócio econômico no Brasil, fornecendo alimento e gerando emprego e renda à população. Segundo estimativa da Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas em 2012, considerando 18 espécies hortícolas, o volume total produzido foi de 19,62 milhões de toneladas, com uma área cultivada de 656 mil hectares e gerando dois milhões de empregos diretos. No ano de 2012, o valor da produção de pimentão foi de R\$ 567,00 milhões, sendo R\$ 1.132,10 e R\$ 2.012,30 milhões no atacado e varejo, respectivamente (ABCSEM, 2014).

O pimentão (*Capsicum annum* L.) é uma cultura que possui rápido retorno de investimento, pois a produção inicia-se em curto período de tempo, favorecendo amplamente seu cultivo por pequenos e médios produtores em vários estados do Brasil, com destaque para SP e MG (MARCUSSE & VILLAS BÔAS 2003a & SILVA, 2012). A região do Nordeste também configura importante fatia na produção nacional.

A olerícola é o 25º produto mais comercializado na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), que é a maior central de abastecimento de frutas, legumes, verduras, flores, entre outros, da América Latina. Em 2017 foram comercializadas 45.886,97 toneladas de pimentão. Tendo como principais tipos o verde, amarelo e vermelho.

A planta pertence à família das solanáceas, é de origem tropical, termófila. Segundo Fontes (2005), a temperatura ideal para germinação está entre 25 °C a 30 °C, para o desenvolvimento vegetativo entre 25 °C e 27 °C durante o dia e 20 °C e 21 °C durante a noite. Para Bergamin Filho et al (1995) e Zatarim e colaboradores (2005), no cultivo protegido recomenda-se temperatura noturna de 20 °C e diurna entre 27°C e 30°C.

Devido a cultura apresentar destaque no mercado, têm-se investindo mais em tecnologia, tais como: sementes híbridas resistentes a doenças e sistemas de irrigação com maior eficiência na aplicação tanto de água quanto de adubos via fertirrigação (ARAGÃO et al., 2011).

A produção da olerícola no Vale do Submédio São Francisco é caracterizada pela exploração de um número limitado de variedades, sendo rotineira a utilização de sementes “F2”. As plantas não são tutoradas e o cultivo ainda é predominantemente a céu aberto, provocando, assim, diversos infortúnios à plantação como por exemplo: danos físicos aos frutos e maior possibilidade de ataque de pragas e doenças, resultando no baixo valor agregado do produto.

2.2 Cultivo em ambiente protegido

Sabe-se que até o ano de 2030 será necessário aumentar a produtividade mundial de alimentos em 60% para suprir a população que somará 8,5 bilhões de pessoas. Nesta perspectiva o cultivo de hortaliças em vaso e em ambiente protegido configura-se como uma excelente alternativa para atenuação da problemática em tela.

Nas últimas duas décadas (1990 e 2000), a adoção do cultivo protegido se expandiu rapidamente pelo mundo. Na década de 1990, estimativas indicavam uma área de 716 mil hectares com estufas; em 2010, já eram 3,7 milhões de hectares (também com estufas). A maior parte desses plantios é de hortaliças, e a China concentra a maior área de cultivos protegidos – em 2010, eram 3,3 milhões de hectares de estufa. Naquele país, a propósito, a produtividade das hortaliças em estufas é o dobro da realizada em campo aberto (CEPEA, 2014).

O plantio de hortaliças em ambiente protegido representa apenas 2% do total de hortaliças produzidas no Brasil, mas apresentando grande expansão nos últimos anos, devido às vantagens em relação ao cultivo a céu aberto. Estima-se que, em cultivo protegido, o ganho mínimo de produtividade é de 40% em comparação com o cultivo a céu aberto. Isso acontece devido não só a maior concentração das plantas e à utilização de área sob cobertura plástica, mas também ao ambiente propício para as plantas. A própria proteção oferecida pela estrutura elimina muitos fatores de risco, como pragas e

doenças que infestariam a lavoura desprotegida (CULTIVO EM AMBIENTE PROTEGIDO..., 2015).

A utilização de ambiente protegido no Brasil, principalmente para a produção de plantas ornamentais e hortícolas, é crescente devido à maior proteção quanto aos fenômenos climáticos (geadas, excesso de chuvas, diminuição da temperatura noturna, proteção do solo contra a lixiviação e redução dos custos com fertilizantes e agrotóxicos). Nesses ambientes as colheitas excedem as que se obtêm a céu aberto (CARRIJO et al., 2004). De acordo com Oliveira et al. (1992), a produtividade nesses ambientes excede significativamente as obtidas em campo, sendo até três vezes maior, visto que não sofrem influência de fatores climáticos negativos que ocorrem nos cultivos a céu aberto.

O cultivo de hortaliças em ambiente protegido está em contínua expansão no Brasil (ANDRADE et al., 2011). Diversos são os fatores que levam a isso: a possibilidade de produção nos períodos de entressafra, o aumento da produtividade e rentabilidade da atividade agrícola e maior proteção contra as adversidades dos fenômenos meteorológicos, como o excesso de chuvas, chuva de granizo, ventos fortes, excesso de radiação, entre outros (ANDRIOLO, 2002; VÁSQUEZ et al., 2005; ANDRADE et al., 2011; REIS et al., 2012; SANTI et al., 2013).

Segundo Reis et al. (2009), o cultivo em ambiente protegido diminui o número de irrigações em relação ao sistema de campo aberto, pois reduz a velocidade do vento e a incidência da radiação solar, que é a fonte básica da evaporação da água. Reis et al. (2013) afirmam que esse sistema fornece proteção às plantas contra temperaturas elevadas e alta intensidade de radiação solar durante seu ciclo, logo, afetando-o, pois influencia no seu crescimento, desenvolvimento e produção; assim, devido à absorção e reflexão do material de cobertura fornecida pela estrutura do ambiente protegido, esses fatores são menores do que observado externamente.

O tipo de material, filme plástico ou tela de sombreamento, utilizado na cobertura da estrutura do ambiente protegido condiciona os níveis de radiação no seu interior e tem influência direta no crescimento e desenvolvimento da planta (PEREIRA, 2015). Outro fator de influência é o posicionamento da estrutura no terreno; a instalação da estrutura orientada no sentido Leste-

Oeste tende receber menos radiação solar quando comparada à estrutura no sentido Norte-Sul (TERUEL, 2010; SILVA et al., 2014).

Na modalidade de ambiente protegido coberto por filme plástico, a principal implicação é a alteração no balanço de radiação e energia, bem como a diminuição da demanda evapotranspiratória devido à disponibilidade de radiação solar. Além disso, a fração da radiação solar difusa é maior que em campo aberto, devido ao efeito de difusão da radiação pela própria cobertura, desta forma, atinge o dossel vegetal com maior eficiência, desde que não haja deposição de poeira sobre a cobertura. Do oposto, a cobertura tende a reduzir a luminosidade no interior da estrutura e assim, reduz a disponibilidade de radiação para as plantas (SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2012).

Ambiente protegido com tela de sombreamento é muito utilizado para atenuar o excesso da radiação solar e promover uma mudança na qualidade espectral da luz transmitida pela cobertura. Existem no mercado diversos tipos de telas de sombreamento, nas mais variadas cores e com diferentes tipos de malhas, que conferem níveis de sombreamento variados às culturas.

Segundo Elad et al. (2007), as telas são projetadas para modificar a radiação incidente em relação ao espectro e a dispersão. Conforme a cor da tela é possível modificar os padrões de crescimento das culturas, e gerar mudanças em várias características anatômicas, morfofisiológicas e bioquímicas das plantas (BRANT et al., 2009; MACEDO et al., 2011). Trabalhos têm demonstrado que para diversas espécies cultivadas sob tela de sombreamento de cor vermelha, em relação às telas azul e preta, as plantas apresentam maiores taxas de crescimento (OREN-SHAMIR et al., 2001).

Em função das condições climáticas adversas (alta incidência de radiação solar e elevadas temperaturas), a região do Submédio do Vale do São Francisco apesar de ter uma grande capacidade de produção agrícola, enfrenta limitações em relação ao cultivo de olerícolas, principalmente no segundo semestre (ARAQUAM, 2013), época em que as condições climáticas adversas se intensificam. Nesse sentido, a fim de oferecer uma alternativa para produção nessa região, Rocha (2007) propôs a utilização de telas de sombreamento nos cultivos, para reduzir a intensidade da energia radiante e otimizar a sua distribuição, de modo que as necessidades das plantas fossem atendidas e

assim contribuir para o melhor desempenho, quando comparada com o cultivo a céu aberto.

2.3 Cultivo em vaso e substrato orgânico

De um modo geral, observa-se que a crescente demanda por pimentão no país tem ampliado seu cultivo em ambiente protegido, devido à maior segurança na produção, redução de perdas e, conseqüentemente, aumento do rendimento e da qualidade dos frutos. Entretanto, o pimentão é suscetível a vários estresses fitossanitários, incluindo os nematóides. Dentre as medidas de controle, a resistência genética tem sido apontada como uma alternativa viável.

Todavia, atualmente, há pouca disponibilidade no mercado cultivares de pimentão resistentes aos nematoides predominantes no Vale do Submédio São Francisco (*Meloidogyne mayaguensis*), o que provoca uma intensa mudança de áreas de cultivo, ou a necessidade de tratamento de solo com produtos altamente tóxicos, causando grandes impactos ambientais. Uma alternativa que viabiliza o cultivo de pimentão em solo salinizado ou infestado com agentes fitopatogênicos é o cultivo em vasos, sacos (“bags”) e calhas preenchidos com substratos.

O uso de substratos pode proporcionar maior eficiência dos fatores de produção quando comparado ao cultivo em solo (MARCHIZELE et al., 2003). Assim, verifica-se que existe uma gradual substituição do cultivo de hortaliças em solo para o cultivo em substrato orgânico.

O cultivo em substratos com a utilização de fertirrigação promove o incremento de produtividade e da qualidade dos frutos produzidos, por fornecer às plantas quantidade de nutrientes adequada para cada estágio de desenvolvimento da cultura (CHARLO et al., 2009).

Nesse contexto, é importante ressaltar que a região do Vale do Submédio São Francisco possui áreas expressivas de produção de coco anão (*Cocus nucifera* L.), com produção voltada tanto para agroindústria quanto para o comércio varejista *in natura*, o que tem gerado enorme volume de resíduos de casca. Esse material, quando triturado, peneirado e devidamente lavado, apresenta propriedades físico-hídricas que o caracteriza como um excelente substrato orgânico para ser utilizado no cultivo de plantas, e sua inserção na

produção de hortaliças representa, em grande parte, a solução de problemas ambientais urbanos, bem como de limitações agrônômicas impostas por estresses bióticos e/ou abióticos nos sistemas agrícolas, além de movimentar a economia regional.

2.4 Manejo da irrigação de cultivos em vaso

Segundo dados da ANA (2017), o Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo. Os líderes mundiais são a China e a Índia, com cerca de 70 milhões de hectares (Mha) cada, seguidos dos EUA (26,7 Mha), do Paquistão (20,0 Mha) e do Irã (8,7 Mha). O Brasil aparece no grupo de países que possui área entre 4 e 7 Mha, que inclui Tailândia, México, Indonésia, Turquia, Bangladesh, Vietnã, Uzbequistão, Itália e Espanha. Entretanto, a irrigação no nosso País é considerada pequena frente ao potencial estimado, à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica.

A escassez de água e a sua disponibilidade para utilização nos diversos setores demandantes têm causado grandes discussões sobre as mais diversas formas de economia. Segundo Marouelli et.al (2010) a preocupação com o uso eficiente da água na agricultura irrigada cresce proporcionalmente com o aumento da escassez de água de boa qualidade, agravando a competição entre os diversos setores que dela dependem.

O manejo da irrigação de forma racional promove o uso criterioso dos recursos hídricos disponíveis, com o objetivo de maximizar a produtividade das culturas com eficiência no uso racional da água, da energia, dos fertilizantes e outros insumos utilizados na produção agrícola, sempre considerando os aspectos sociais e ambientais de cada região (ALBUQUERQUE, 2010; BERNARDO et al., 2013).

O melhor momento de irrigar e a quantidade de água que se deve irrigar depende de conhecimentos das necessidades hídricas da cultura, além das características do solo na capacidade de armazenamento de água. Para determinar o tempo de aplicação da quantidade necessária deve considerar as características de infiltração de água no solo e a intensidade de aplicação dos emissores (FRIZZONE et al., 2015).

De acordo com Lemaire et al. (1989) a irrigação dos cultivos em vasos, quando comparada aos cultivos em solo, apresenta as seguintes particularidades: elevadas necessidades instantâneas de água por unidade de massa radicular; reduzido volume de substrato disponível para a planta; existência de uma parede impermeável na base do substrato e importância relativa dos fenômenos de advecção. Essas especificidades implicam em risco de estresse hídrico, o qual deve ser prevenido com um maior controle da irrigação.

O manejo da irrigação pode ser realizado via planta, via solo, através de métodos e instrumentos que determinam a umidade do solo, como o gravimétrico, lisimetria, sonda de nêutrons, reflectometria no domínio do tempo (TDR), blocos de gesso, tensiômetros e via clima, repondo a demanda atmosférica do dia, calculadas através de equações matemáticas e dados climáticos. O manejo pode ainda ser realizado pela associação destes três métodos supracitados (BERNARDO et al., 2013; MAROUELLI et al., 2014).

Perez Lopes et al. (2013) afirmam que os lisímetros de pesagem acabam se destacando por sua precisão e facilidade operacional. Conseqüentemente, essa é uma técnica que pode ser utilizada no cultivo em vaso tendo como base o estabelecimento dos limites de máxima capacidade retenção de água e do início da irrigação, isso faz com que as plantas se mantenham sob condições ideais de umidade. Nesse contexto, tal técnica permite que exista uma automação para que se obtenha as medidas em escala horária.

A lisimetria de pesagem é um método que permite determinar a evapotranspiração de referência ou de uma cultura (ET_c) de forma direta. É considerado o método mais eficiente de medição desde que sejam instalados corretamente, permitem a determinação em períodos curtos (ET ou ET_c horária e diária). Contudo, sua principal desvantagem está no alto custo e necessidade de mão de obra especializada tanto na montagem como na operação (CARVALHO e OLIVEIRA, 2012; BERNARDO et al., 2013).

O lisímetro de pesagem é considerado pela maioria da comunidade científica o melhor equipamento para aferir com precisão a evapotranspiração de referência da cultura, assim como a calibragem dos modelos de estimativa dessas variáveis (CAMPECHE et al., 2011).

Aboukhaled et al. (1982) e Howell et al. (1991) consideram lisímetros de pesagem como um dos melhores equipamentos disponíveis para medir com acurácia o consumo de água das culturas. Milner (2002) afirma que a pesagem de recipientes é uma excelente alternativa no manejo da irrigação em substratos, permitindo determinar “in situ” o consumo de água ao longo do dia.

Para Gervásio e Melo Júnior (2014), a lisimetria de pesagem se apresenta como uma excelente alternativa para monitoramento do consumo de água para plantas cultivadas em vaso. Após estabelecidos os limites de máxima capacidade de retenção de água no recipiente (capacidade de “*container*”) e de início da irrigação (massa crítica), esse monitoramento permitiu manter as plantas em condições ideais de umidade para o seu desenvolvimento. Além disso, esse método possibilita administrar com efetividade a taxa de lixiviação, para prevenir o acúmulo de sais no sistema.

Na atual conjectura de crise hídrica, faz-se necessário o manejo de irrigação para que o uso nas atividades agrícolas seja suportado pelas fontes fornecedoras desse recurso, possibilitando a viabilidade do uso em diferentes setores de produção monitorando a quantidade e qualidade dos recursos hídricos e eficiência do uso da água (FRIZZONE, 2007; SANTOS JUNIOR et al., 2015).

2.5 Nutrição mineral e fertirrigação

Dentre os principais fatores de cultivo e produção de hortaliças, seja em campo ou ambiente protegido está a nutrição mineral, pois reflete diretamente no metabolismo vegetal, crescimento, produtividade e qualidade do produto final (MARCUSSEI et al., 2004).

Cada nutriente tem seu papel específico no metabolismo das plantas e podem advir desequilíbrios fisiológicos quando um deles não está em quantidade necessária à planta ou quando ocorre interação negativa entre os nutrientes (EPSTEIN e BLOOM, 2006).

A fertirrigação, consiste na técnica de fornecer à planta, via sistema de irrigação, quantidades parceladas de nutrientes na forma líquida, sendo a água o meio condutor. É empregada em sistemas de irrigação localizada, cultivo protegido e proporciona uma série de vantagens tais como: incremento de

produtividade, melhor uso e aproveitamento do sistema de irrigação, economia de mão de obra, fertilizantes e melhor eficiência de seu uso (quando administrado corretamente), pelo fato do fertilizante ser aplicado na área de atividade radicular (VILLAS BÔAS et al., 2002; CARRIJO, 2004; OLIVEIRA & VILLAS BÔAS, 2008; TRANI et al., 2011).

A prática da fertirrigação permite manter a disponibilidade de água e de nutrientes próxima dos valores considerados ótimos ao crescimento e à produtividade da cultura. Sendo assim, a quantidade de nutrientes, parcelada ou não, deve ajustar-se às necessidades da cultura ao longo das fases de desenvolvimento. O manejo da água deve evitar variações bruscas do potencial matricial do substrato, especialmente nos períodos de forte demanda evaporativa da atmosfera (ANDRIOLO et al., 1997).

Para que a fertirrigação seja eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase do ciclo da cultura, o que determina a concentração de fertilizantes na água de irrigação; por sua vez, esta concentração deve ser suficiente para proporcionar a absorção dos nutrientes nas quantidades requeridas pelas plantas, sem causar o acúmulo de fertilizantes no solo, o que poderia resultar em salinização e, conseqüentemente, na redução da produtividade. Para isto, é necessário que se conheça a quantidade de água a ser aplicada em cada irrigação, a qual pode ser determinada com exatidão pela lisimetria de pesagem.

Muito embora existam muitos trabalhos de pesquisa publicados no Brasil sobre fertirrigação de hortaliças as informações não chegam com a velocidade necessária, principalmente para os horticultores que utilizam a irrigação por gotejamento que terminam por fazer uso de fórmulas e procedimentos desenvolvidos por consultores, nacionais ou estrangeiros, e empresas de fertilizantes ou produtos agrícolas que, muitas vezes, não atendem às necessidades das culturas (SILVA et al., 1999).

A fertirrigação tem-se mostrado mais eficiente no fornecimento de nutrientes com vantagens sobre a forma tradicional. Segundo Faquin (1994), a despeito do grande aumento no consumo de adubos foliares no país, não se encontram na literatura brasileira pesquisas conclusivas que dêem respaldo agrônômico e econômico, justificando o aumento do uso dos adubos foliares.

Com maior facilidade de alterar as dosagens aplicadas, a fertirrigação permite adequações rápidas das doses de aplicação conforme a necessidade da cultura, pois a demanda nutricional varia com o estágio de desenvolvimento da planta (ABRAHÃO, 2015). Tal medida pode refletir maior produtividade e qualidade dos frutos.

A fim de desenvolver ferramentas que permitam a obtenção de informações mais rápidas e precisas sobre a situação atual do solo e necessidade nutricional das plantas nas condições locais de cultivo, desenvolveram-se formas de manejo, que associadas à análise foliar, podem auxiliar a realização de ajustes no programa de adubação (ANDRADE, 2012).

Dentre os vários tipos de manejo que podem ser adotados como parâmetro de monitoramento e tomada de decisões na técnica de fertirrigar destacam-se: marcha de acúmulo de nutrientes, controle de condutividade elétrica e concentração de íons específicos na solução do solo.

Assim, como demonstrado por Oliveira (2012) e Oliveira et al. (2013), que testaram doses de nutrientes e manejos de fertirrigação em pimentão sob cultivo protegido, cada manejo tem suas vantagens e desvantagens e observando os dados obtidos nas pesquisas, ficou claro que é complexa a aplicação simultânea dos três tipos de manejo, sendo necessário, a adoção dos que mais se adaptem às condições de cultivo, de condução, disponibilidade de material, equipamentos e/ou restrições econômicas.

É recomendado num programa de fertirrigação o monitoramento da solução do solo para verificar a quantidade de nutrientes disponíveis, a quantidade de sais e a necessidade de ajuste nas adubações.

2.6 Monitoramento da solução

A extração da solução do solo por intermédio de cápsulas porosas em umidades próximas à máxima capacidade de retenção é de fácil execução. Levando em consideração que os poros da cápsula do extrator se assemelham muito aos poros do solo e que o fluxo dos íons no solo é devido, sobretudo, ao processo de difusão que seria o movimento de íons devido ao gradiente de atividade e ao processo de transferência de massa que seria o movimento de íons arrastados pelo fluxo de água. Além disso, estes equipamentos podem ser

recomendados para quantificar íons específicos solúveis na solução do solo como nitrato e potássio, podendo ser utilizado para controlar e monitorar a quantidade destes fertilizantes, lançando mão de instrumentos portáteis de medição rápida no campo, evitando a contaminação ambiental.

O uso de extratores a vácuo que são compostos por um tubo de PVC com cápsula porosa em uma das extremidades e, na outra, uma cortiça que permite a formação de vácuo e passagem dos microtubos, os quais são utilizados para realização de vácuo e dreno da solução extraída (WOLT, 1994). Devido aos bons resultados, são bastante indicados para monitoramento do cultivo protegido (DIAS et al., 2003).

Outras vantagens do uso dos extratores de solução é que a solução encontra-se em umidade equivalente ao momento em que a solução do solo é absorvida pela planta e os solutos dissolvidos serão os mesmos, a amostragem é sistemática, verdadeiramente pontual e não destrutiva, a aferição da condutividade é praticamente instantânea podendo ser automatizada com equipamentos extremamente disponíveis e simples, e tal método de medida da CE pode ser utilizado sem calibração prévia (MEDEIROS et al., 2010).

Em diferentes faixas de condutividade, cada cultura apresenta sua tolerância relativa à salinidade (VILLAS BÔAS et al., 2007). Esta, é variável em função do genótipo, fatores edafoclimáticos e fontes de salinização (OLIVEIRA et al., 2012) (Tabela 1).

Tabela 1 - Tolerância à salinidade das culturas e seu rendimento potencial em função da salinidade do solo encontrados na literatura (A)¹ e encontrados em pesquisa (B)².

Culturas	Rendimento Potencial ³ (100%)	
	(A)	(B)
	CEes (dS m ⁻¹ a 25 ^o C)	
Tomateiro (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	2,5	3,01
Pepino (<i>Cucumis sativas</i>)	2,5	4,08
Pimentão (<i>Capsicum annum</i>)	1,5	3,58
Alface (<i>Lactuca sativa</i>)	1,3	2,48

¹ Fonte: Maas & Hoffman (1977)

² Fonte: Eloi (2007); Medeiros (2007); Silva (2002); Dias (2005)

³ CEes, significa salinidade da zona radicular medida em condutividade elétrica no extrato de saturação do solo

2.7 Salinidade em ambiente protegido

Solos com altas concentrações de sais representam um fator limitante para a agricultura e as plantas cultivadas nestes tipos de solo apresentam crescimento reduzido e comprometimento da produtividade. Segundo informações da FAO (2005) estima-se que dos 250 milhões de hectares irrigados no mundo, aproximadamente 50% já apresentem problemas de salinização e que 10 milhões de hectares sejam abandonados anualmente, em virtude desse problema. Ainda de acordo com a FAO (2015), 33% dos solos do mundo estão degradados, e a salinização está entre os principais problemas.

A acumulação de sais no solo reduz o rendimento das culturas e pode eliminar completamente a produção vegetal. Salinidade induzida por humanos afeta um número estimado de 760.000 quilômetros quadrados de terra em todo o mundo - uma área maior do que toda a terra arável no Brasil (FAO, 2015). No país, a área mais afetada pelo problema é o Nordeste, geralmente provocada por irrigação em áreas impróprias.

Nas regiões áridas e semiáridas do mundo, como em extensas áreas da região Nordeste, as condições edafoclimáticas potencializam os riscos de ocorrência deste fenômeno. Na região do Submédio São Francisco, as condições edafoclimáticas favorecem a ocorrência de salinização de solos que podem ter origem natural (salinização primária) ou podem sobrevir do manejo inadequado do sistema água-solo-planta pelo homem (salinização secundária).

A perda de solos produtivos prejudica gravemente a produção de alimentos e a segurança alimentar, amplifica a volatilidade dos preços dos alimentos e, potencialmente, mergulha milhões de pessoas à fome e à pobreza. Paralelamente, o presente cenário também abre novos horizontes para pesquisas relacionadas à produção de hortaliças em outros meios que não o solo. É neste íntere que o cultivo em vaso toma força e também oferece evidências de sucesso quando os fatores que cercam os diversos manejos envolvidos são bem administrados.

O déficit hídrico, o estresse térmico e choque térmicos, salinidade, entre outros estresses sofridos pela planta, são os principais fatores que restringem o

crescimento vegetal, de forma que a biomassa ou as produtividades agrônômicas no final da estação não refletem o potencial genético das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2013).

2.8 Eficiência no Uso da Água

A reposição de água no solo, em quantidades adequadas é decisiva para uma boa produção (SALOMÃO et al., 2014). A quantidade de água influencia nas características morfofisiológicas do pimentão. Para Teodoro et al. (1993), o número de flores e frutos e a massa média dos frutos são menores quando há déficit de água no solo.

Considerando a atual preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos e o seu alto custo em determinadas situações, a busca pelo aumento da eficiência no uso da água pelas culturas tem sido motivo de preocupação pela pesquisa, extensão e produtores rurais, uma vez que este componente da produção cada vez mais ocupa importante parcela nos custos de produção.

Segundo Reichardt e Timm (2004), cerca de 98% do volume de água absorvida pela planta passa por ela perdendo-se para a atmosfera, através da transpiração. No entanto, este fluxo é necessário para o desenvolvimento da planta, devendo por isso ser mantido os limites de umidade dentro do ótimo para as mesmas. A absorção contínua de água é essencial ao crescimento e desenvolvimento vegetativo, pois a maioria das plantas em clima tropical chega a perder mais do que seu peso em água, por dia, em certas condições (PIMENTEL, 1998). Portanto a lâmina de água aplicada combinada às propriedades físicas do solo influenciam no potencial da água, aeração e a resistência mecânica, os quais tem relação direta com a produção.

Em regiões onde a água se constitui o principal fator limitante, é essencial buscar a máxima produção por unidade de água aplicada, adequando a irrigação aos períodos críticos de déficit de água tais como: germinação, floração e enchimento dos grãos ou formação dos frutos (BERNARDO, 1995). De acordo com o autor, a razão entre a água evapotranspirada pela cultura e a aplicada pela irrigação deve aproximar-se de 1,0, para que se tenha máxima eficiência de uso e aplicação de água. A

eficiência de utilização de água para o rendimento de pimentão fresco varia de 1,5 a 3,0 kg m⁻³ (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

Antony e Singandhupe (2004) avaliando a influência da irrigação por gotejamento e superfície, no crescimento, rendimento e eficiência no uso da água (EUA) pela cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) var. Califórnia Wonder, concluíram que o acúmulo de matéria seca total pela planta e o rendimento da cultura aumentaram com o aumento da lâmina aplicada em ambos os sistemas de irrigação, sugerindo a necessidade de mais pesquisa com irrigação nesta cultura visando identificar a necessidade hídrica da mesma, além de sistemas de irrigação e manejos que permitam aumentar a EUA.

Para produzir uma tonelada de grãos são necessárias mil (1.000) toneladas de água. Países com menos água ou que não querem ou não podem arcar com este tipo de produção, preferem comprar grãos no exterior, transferindo o custo ambiental para os países produtores. É neste sentido que se fala que “exportar grãos é exportar água” (BROWN, 2003).

A eficiência do uso de água pelas plantas é normalmente definida como sendo a produção comercial por unidade de água efetivamente utilizada pela cultura na forma de evapotranspiração (JENSEN, 2007). Assim, todas as estratégias e práticas de cultivo capazes de aumentar a produtividade da cultura e/ou reduzir a ETc podem ser utilizadas para aumentar a eficiência do uso de água pelas plantas.

O aumento de produtividade pode ser atingido, por exemplo, com a simples escolha de uma cultivar mais produtiva ou adaptada às condições locais de cultivo, além da melhoria das práticas de cultivo, como a adequação do espaçamento entre plantas, dos tratamentos fitossanitários, da irrigação e da adubação.

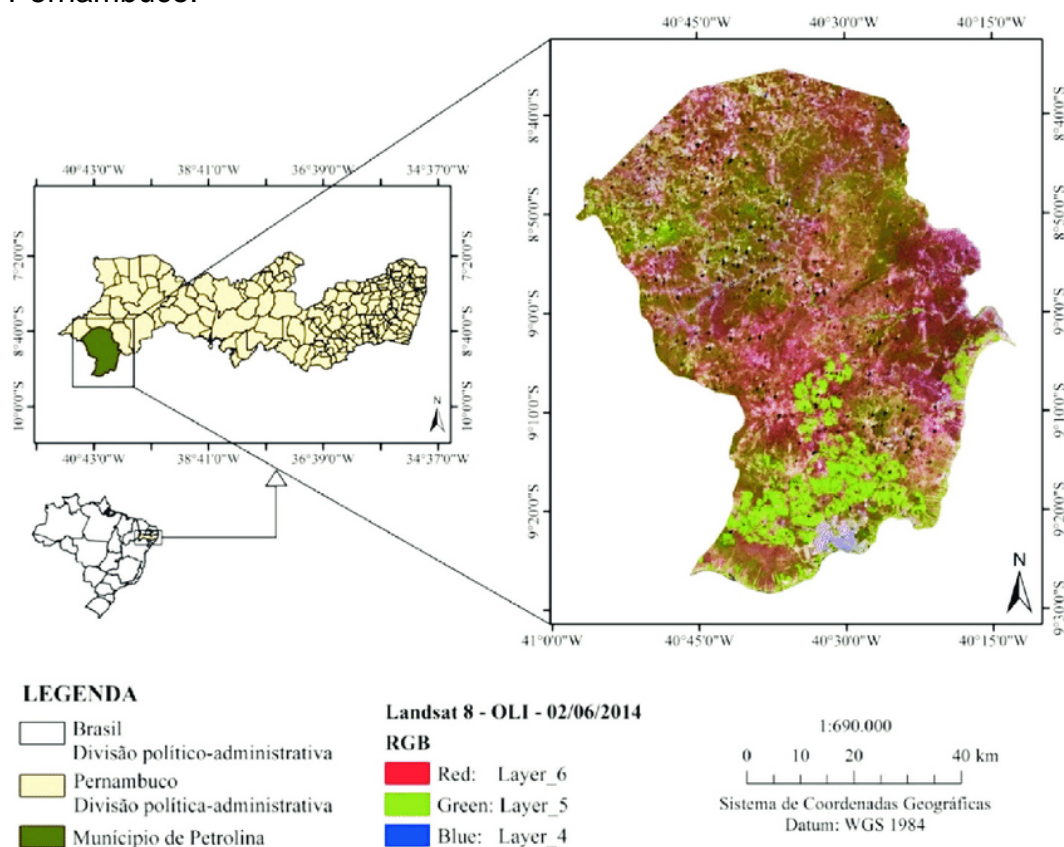
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no setor de produção vegetal da Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias, entre os meses de abril e novembro de 2017, no município de Petrolina-PE (Figura 1), situado na região do Submédio do Vale do São

Francisco. A área experimental tem como coordenadas geográficas 9°19'21.07"S de latitude e 40°32'44.01"W de longitude sendo localizada a 348 metros de altitude.

Figura 1 - Localização geográfica do município de Petrolina no estado de Pernambuco.

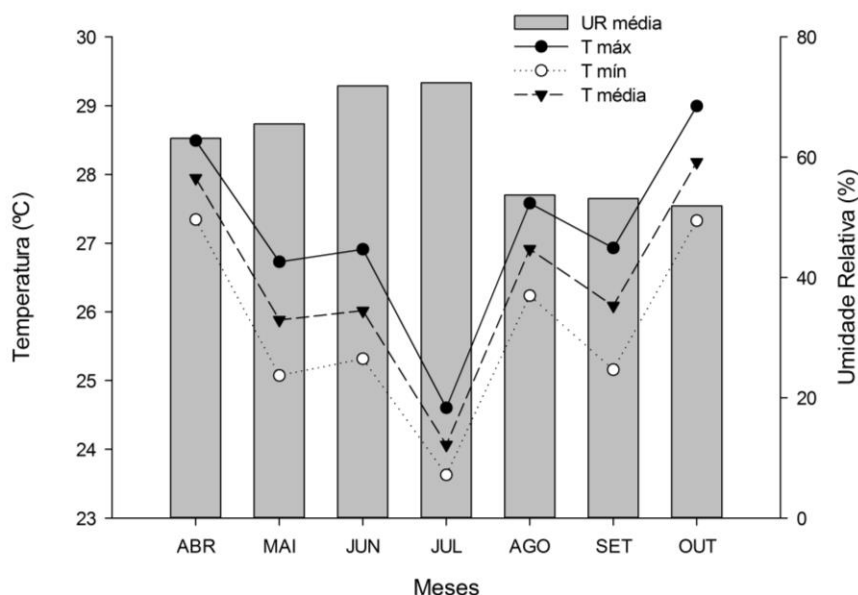


Fonte: IBGE, 2014

3.2 Características climáticas da região do experimento

O clima da região, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo BSh, isto é, semiárido seco e muito quente. Os valores anuais dos elementos climatológicos de umidade relativa média do ar e insolação total são, respectivamente, 58,0% e 2.845 h (BRASIL, 1992). As temperaturas médias mensais máximas e mínimas são 34,0 °C e 22,1°C, respectivamente, e precipitação média anual de 549 mm (TEIXEIRA, 2010). Os dados climáticos do ambiente protegido, no período de estudo, estão apresentados na Figura 2 e foram coletados pela estação meteorológica situada dentro do ambiente protegido.

Figura 2 - Temperatura média, máxima e mínima e Umidade Relativa do ar durante o ciclo de cultivo do pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina-PE, 2018.



3.3 Caracterização da Cultivar (*Capsicum annuum* L., 'Margarita')

O híbrido 'Margarita' foi selecionado para ser avaliado e verificar sua resposta aos tratamentos, por possuir características genóticas desejáveis de resistência à certos tipos vírus (TMV, PMMV, STIP), algumas bactérias (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* raças 1, 2 e 3), nematóides (*Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria*) e também por ser mais uma opção de cultivo entre os produtores da região.

Desenvolvido pela empresa Syngenta, a planta pode ser cultivada o ano inteiro, possui alto vigor e internódios curtos, produz frutos retangulares com 3 a 4 lóculos; de coloração verde/vermelho intenso e brilhante; parede grossa (6-10 mm) (SYNGENTA, 2017).

As mudas do híbrido foram enxertadas em pimenta Gold e adquiridas na empresa Hidroceres. O transplântio ocorreu quando as plantas estavam com aproximadamente 0,15 m de altura, momento em que possuíam entre 7 e 8 folhas definitivas.

3.4 Sistema de cultivo

O ambiente experimental foi construído sobre relevo plano na orientação leste-oeste e possuía dimensões de 16,00 m de comprimento por 7,00 m de largura e 2,50 m de altura (pé-direito). A parte superior (cobertura) do telado era de tela termorefletora Aluminet com 50% de sombreamento, auxiliando no controle da temperatura no interior da estrutura (mais baixa durante o dia e mais alta durante a noite), além de contribuir para o aumento da quantidade de luz difusa que chega à planta e visando reduzir a incidência de insetos, como também proporcionar maior Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA), utilizou-se nas laterais a tela fotoconversora Chromatinet LENO Red também com 50% de sombreamento (Figura 3).

Figura 3 - Estrutura do ambiente protegido (telado) para o cultivo em vaso de pimentão vermelho no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina, 2018.



O sistema de cultivo adotado foi sem solo, utilizando-se substrato orgânico como meio de sustentação das plantas. Foram utilizados vasos de seção circular com capacidade volumétrica de 11 litros. Estes foram devidamente preenchidos com pó da casca de coco até atingir uma massa de 4,00 kg.

Os vasos foram dispostos em fileiras duplas com espaçamentos de 0,80 m entre fileiras simples, 0,90 m entre fileiras duplas e 0,50 m entre plantas na fileira, totalizando oito fileiras contendo 23 vasos em cada uma delas e uma densidade equivalente a 23.529 plantas por hectare.

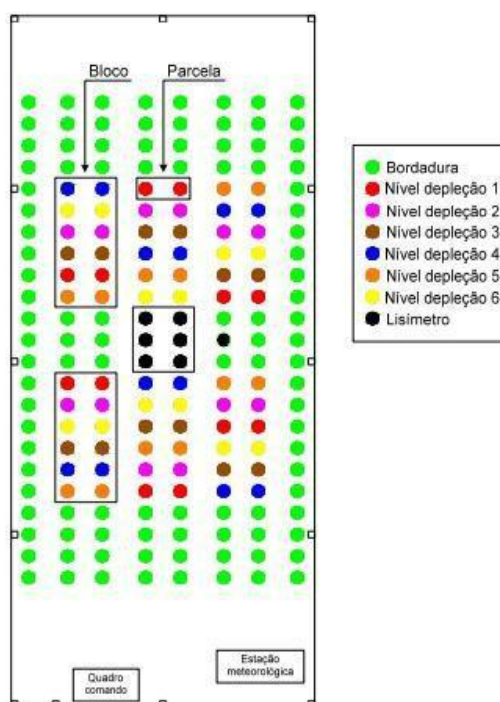
Para tutoramento das plantas foi adotado o sistema em espaldeira vertical, com alceamento em fio de arame galvanizado ovalado rígido, sendo cinco arames dispostos na horizontal, onde os quatro primeiros foram espaçados a cada 0,30 m até o último o qual tinha 0,40 m. Os arames foram sustentados por estacas de eucalipto tratado (tutores) com 3,00 m de altura, as quais foram enterradas a 1,00 m de profundidade, e diâmetro de sete centímetros, sendo cada linha de cultivo composta por quatro estacas, exceto as linhas que continham os lisímetros, onde foram utilizadas seis estacas, devido ao sistema de tutoramento destes serem individualizados. O alceamento foi realizado com o auxílio de um alicate alceador tão logo o ramo chegasse a cada arame instalado acima dos mesmos.

Algumas das vantagens desse sistema de condução é a melhor ventilação, sanidade da cultura, floração mais regular e facilidade na colheita dos frutos, além de evitar quebra excessiva dos ramos devido ao desenvolvimento dos frutos.

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis tratamentos e seis repetições, totalizando 36 parcelas experimentais, sendo cada parcela composta por duas plantas (Figura 4). Os tratamentos foram compostos por seis níveis de depleção de água no substrato (2, 5, 10, 20, 30 e 40 kPa). Para a avaliação da qualidade dos frutos, adicionou-se mais um fator de estudo, diferentes períodos de colheita (83 aos 119, 128 aos 155 e 163 aos 213 DAT), formando, portanto, um arranjo em parcelas subdividas no tempo.

Figura 4 - Disposição dos vasos de acordo com o delineamento experimental.



3.6 Caracterização do substrato

O substrato orgânico utilizado no cultivo foi o pó da casca de coco. Após o processamento mecânico da casca (separação de fibra longa da fibra curta), a fibra curta foi peneirada obtendo-se partículas inferiores a 4 mm. Em seguida, mediu-se com aparelho Hanna modelo Combo - HI 98130 os valores de pH (6,5) e condutividade elétrica, a qual apresentou valor superior a 14 dS m^{-1} . Sabendo-se que tal concentração extrapola o limite tolerável de salinidade pela cultura que é $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ sem prejuízo de produtividade, procedeu-se a lixiviação do material por meio de lavagens sucessivas com água bruta. Foi utilizado recipiente plástico com capacidade volumétrica de 2 mil litros e realizadas vinte e oito lavagens com água bruta para reduzir a condutividade elétrica do substrato, obtendo-se ao final desse processo o valor de $0,07 \text{ dS m}^{-1}$ e pH (6,22), valores considerados adequados para iniciar o experimento.

Além do processo de lixiviação, o substrato foi caracterizado quanto aos aspectos físico-hídricos, determinando-se os seguintes parâmetros: densidade (166 kg m^{-3}); porosidade ($0,82 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$); curva de liberação de água do substrato para as tensões de 2, 5, 10, 20, 30 e 40 kPa,

correspondendo respectivamente às umidades volumétricas ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) de: 0,35; 0,28; 0,27; 0,26; 0,22 e 0,21.

A porosidade e densidade foram obtidas a partir do preenchimento de um recipiente de volume conhecido com substrato seco. Este por sua vez, passou por três ciclos de saturação por capilaridade (de modo que todo o ar presente no material fosse expulso e os espaços vazios ocupados por água). Ao final do último ciclo, procedeu-se a pesagem do recipiente para obtenção da massa do substrato na condição de saturação. Em seguida, o substrato foi seco em estufa de circulação forçada à temperatura de 65 °C durante um período de 72 horas. A partir daí calculou-se a densidade, efetuando a divisão da massa seca pelo volume total e a porosidade, a qual é igual à umidade (na base de volume) na condição de saturação.

Amostras secas do substrato foram colocadas em 5 funis de Haines compondo cinco repetições na mesa de tensão de 0,10 a 1,00 m (1 a 10 kPa), estes foram saturados com água destilada, vedados com papel plástico transparente e furados com a ponta de alfinete para que a pressão atmosférica atuasse na amostra e assim promovesse a drenagem destes. Quando identificado o cessamento da drenagem as amostras foram pesadas em balança digital de precisão de 0,01 g e a diferença de massa quantificada para então chegar no valor de densidade para cada tensão. Para obtenção da curva de umidade nos demais pontos (20, 30, 40 kPa) foi utilizado o extrator de Richards e as amostras foram submetidas a diferentes pressões para obtenção da curva de liberação de água do substrato.

A umidade na capacidade de container de um substrato pode ser obtida experimentalmente, visto que o valor de 1 kPa, estabelecido como referência na literatura, pode variar em função das dimensões do vaso. Nesse sentido, optou-se por determiná-la experimentalmente utilizando-se a seguinte metodologia: vasos preenchidos com substrato e contendo registros para controle da drenagem foram submetidos a saturação com água. Em seguida, foram cobertos com sacola plástica para evitar perdas de água por evaporação. Posteriormente, os registros foram abertos para a ocorrência de drenagem livre. Depois de cessada a drenagem, os vasos foram pesados individualmente e a massa média do conjunto (recipiente, registro e substrato úmido) foi considerado como sendo a massa da capacidade de container. Para a

obtenção da massa seca e determinação da umidade na capacidade de container, o substrato contido no vaso foi seco em estufa de circulação forçada à temperatura de 65 °C.

3.7 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação foi composto por um filtro de disco de 120 mesh, um registro de esfera, dois reservatórios de 1 m³ cada, sete motobombas centrífugas monofásico independentes (uma para cada nível de depleção de água e outra para atender as plantas de bordadura), marca Dancor, modelo CAM-2 com sucção e recalque de 3/4", e potência nominal no eixo de 0,1 cv, trabalhando afogadas, sete filtros de tela e um hidrômetro na saída de cada bomba. Foram utilizados sete hidrômetros de 3/4", marca FAE Alfa, modelo mnf classe B, para quantificação do volume de água aplicado ao longo do experimento, além de tubos e conexões de PVC (Policloreto de Vinila). As linhas de derivação foram compostas por tubos de PVC DN 20 mm e as linhas laterais de polietileno DN 16 mm PN 30, cujo *layout* contemplou a distribuição de todas as linhas em todas as fileiras de plantas, tornando possível, desta forma, conectar os microtubos de 8 mm em cada vaso, sendo estes fixados em estaca plástica, conforme delineamento experimental (Figura 5a).

Foi utilizado o método de irrigação localizada e o sistema de irrigação por gotejamento, provido de botões gotejadores autocompensantes modelo PCJ da empresa Netafim, de vazão nominal de 2,0 L h⁻¹, acoplado a quatro gotejadores tipo flecha, dispostos nos quatro quadrantes de cada vaso, no intuito de promover melhor distribuição da água no vaso (Figura 5b).

Figura 5 - a) Vista interna do sistema de irrigação; **b)** Gotejadores tipo flecha.



Todos os lisímetros de pesagem foram calibrados com o auxílio de uma balança de precisão obtendo-se as equações de regressão. Os parâmetros das equações lineares obtidos foram embarcados no circuito eletrônico por ocasião da configuração do sistema de automação.

3.8 Extratores de solução

Os extratores são equipamentos utilizados para extrair amostras de solução do solo ou substratos para medições diretas de CE (condutividade elétrica) pH, micro e macro nutrientes. O emprego deste método é de caráter prático, rápido e preciso, pois orienta quanto ao uso correto nas dosagens de fertilizantes.

A solução para monitoramento dos parâmetros de pH e CE foi obtida com o auxílio de extratores de solução de cápsula porosa. Utilizou-se um total de quatro extratores nos tratamentos de 2, 5, 30 e 40 kPa, os quais serviam como parâmetros para os tratamentos nas tensões intermediárias. Cada extrator era composto de um tubo de PVC (32 mm de diâmetro), conectado, na extremidade inferior, a uma cápsula de cerâmica porosa; o corpo possuía um tê (que derivava um registro para a lateral), um nípel que se conectava ao CAP e ao outro registro superior. O registro lateral permitia a entrada da pressão atmosférica no equipamento, e o registro superior servia para aplicação de vácuo e posterior sucção da solução. Os equipamentos foram instalados a uma profundidade próxima a 0,07 m da base do vaso. Instalou-se também sensores de umidade, temperatura, pH e de condutividade elétrica à uma distância entre 0,02 e 0,03 m da cápsula porosa (Figura 6). Ao todo, foram realizadas 28 coletas de solução durante o ciclo de cultivo.

Figura 6 - **a)** Extrator de solução, sensor de umidade, temperatura e condutividade elétrica; **b)** coleta de amostra e leitura direta no condutivímetro.



3.9 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação foi realizado a partir de diferentes indicativos do momento de irrigar (tensões). Estes corresponderam a níveis de depleção de água no substrato, os quais foram monitorados durante o experimento através da lisimetria de pesagem. Os níveis de depleção de água no substrato, representados por variações de armazenamento de água, foram quantificados em função da curva de liberação de água do pó da casca de coco permitindo estabelecer os seis tratamentos avaliados no experimento: três dentro da região de disponibilidade de água para as plantas (2, 5 e 10 kPa) e três em uma região de restrição hídrica (20, 30 e 40 kPa).

Considerando a massa e a umidade na capacidade de container, determinados experimentalmente, como também, a umidade correspondente a cada tensão (tratamento), foi definido a massa crítica de cada nível de depleção de água no substrato (Eq. 1).

$$\text{Nível } i: M_{\text{CRIT}(i)} = M_{\text{cc}} - (\theta_{\text{cc}} - \theta_i) \cdot V_v \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \quad (1)$$

sendo:

M_{CRIT} = Massa crítica do vaso referente ao nível i de depleção de água no substrato, kg;

M_{cc} = Massa da capacidade de container, kg;

θ_{cc} = Umidade volumétrica retida no substrato na capacidade de container, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

θ_i = Umidade volumétrica retida no substrato à tensão correspondente ao nível i de depleção, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

V_v = Volume do vaso, m^3 ;

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ = Densidade da água, kg m^{-3} .

As massas críticas apresentadas anteriormente indicaram o momento de início das irrigações de cada nível de depleção de água, ou seja, quando os lisímetros registraram tais massas, o sistema de irrigação foi acionado. Considerando a massa específica da água (solução nutritiva) igual a 1000 kg m^{-3} , pôde-se obter a massa de água a ser repostada ao substrato em cada nível de consumo, por evento de irrigação (Eq. 2).

$$m_{a_i} = M_{\text{cc}} - M_{\text{CRIT}(i)} \quad (2)$$

sendo:

m_{a_i} = massa de água a ser repostada ao substrato referente ao nível i de depleção de água no substrato, kg;

M_{CC} = Massa da capacidade de container, kg;

$M_{CRIT(i)}$ = Massa crítica do vaso referente ao nível i de depleção de água no substrato, kg.

Para evitar o acúmulo de sais no substrato, foi considerado nas irrigações o requerimento de lixiviação (Eq. 3).

$$RL = \frac{CE_a}{2 \cdot \max CE_e} \quad (3)$$

sendo:

RL = requerimento de lixiviação, decimal;

CE_a = condutividade elétrica da solução nutritiva, $dS\ m^{-1}$;

$\max CE_e$ = condutividade elétrica do extrato saturado do solo, para a qual a redução do rendimento do pimentão é de 100%, $dS\ m^{-1}$.

Desta forma, a massa de água a ser aplicada ao vaso em cada nível de depleção, por evento de irrigação, foi definida de acordo com a Equação 4.

$$m_{API} = \frac{m_{ai}}{(1 - RL) \cdot UE} \quad (4)$$

sendo:

m_{API} = massa de água a ser aplicada ao vaso em cada nível i de depleção de água no substrato, kg;

m_{ai} = massa de água a ser reposta ao substrato referente a cada nível i de depleção de água no substrato, kg;

RL = requerimento de lixiviação real, decimal;

UE = coeficiente de uniformidade de emissão, decimal.

A partir da metodologia apresentada para o manejo da irrigação, foi possível calcular a massa superior do sistema (vaso-substrato-planta), em cada nível de depleção de água, que indicou o momento do desligamento do sistema de irrigação (Eq. 5).

$$M_{SUPi} = M_{CRIT(i)} + m_{API} \quad (5)$$

sendo:

M_{SUPi} = massa superior do vaso referente ao nível i de depleção de água no substrato, kg;

$M_{CRIT(i)}$ = massa crítica do vaso referente ao nível i de depleção de água no substrato, kg;

m_{API} = massa de água a ser aplicada ao vaso em cada nível i de depleção de água no substrato, kg.

A uniformidade de distribuição de água (U.E) foi obtido através da equação 6 e superou 96% para todos os tratamentos.

$$UE = \frac{\bar{q}_{25}}{Q} \cdot 100 \quad (6)$$

sendo:

UE = Uniformidade de emissão (%);

\bar{q}_{25} = Média de 25% das menores vazões ($L h^{-1}$);

q = Média de todas as vazões ($L h^{-1}$).

Os valores de massa crítica e massa superior de cada nível de depleção de água foram configurados no sistema de automação (Figura 7), permitindo que as irrigações fossem realizadas automaticamente e de forma independente por meio do monitoramento dos seis lisímetros de pesagem. O *datalogger* armazenava as informações de massa dos seis lisímetros em intervalos de 5 minutos, sendo assim possível obter o número de irrigações e verificar os momentos de maior consumo de água pelas plantas. Hidrômetros instalados na entrada da rede hidráulica de cada tratamento permitiram a quantificação do volume de água aplicado e estimativa da quantidade de nutrientes aplicados. Os seis disjuntores registraram o consumo de energia de cada tratamento ao longo do ciclo.

Figura 7 - Vista geral do painel de controle utilizado na lisimetria de pesagem em experimento no cultivo do pimentão vermelho em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.



Com base na metodologia supracitada obtiveram-se as massas de água a serem repostas (requeridas) em cada tratamento e as massas de água a serem aplicadas em cada irrigação. Estas, por sua vez, foram fixas ao longo do experimento, ou seja, a partir da definição dos tratamentos o volume de água aplicado permaneceu o mesmo durante todo o ciclo, variando apenas a frequência com que as irrigações foram realizadas.

No intuito de garantir o estabelecimento da muda, como também, a formação da arquitetura e definição das hastes produtivas, a diferenciação dos tratamentos foi realizada somente aos 35 dias após o transplântio (DAT). Antes do estabelecimento dos tratamentos, as plantas foram mantidas em condições ideais de fornecimento de água e nutrientes, sendo a umidade do substrato mantida sempre próxima à capacidade de container. Desta forma, as irrigações ocorriam mediante o consumo mínimo de água pela planta (200 g). Esse monitoramento foi possível devido a lisimetria de pesagem com acionamento automático permitir o fornecimento de água e nutrientes mediante variações mínimas de umidade no substrato.

Com o desenvolvimento das plantas foi necessária a realização de reajustes de massa, sendo a massa do sistema (vaso-planta-estrutura de tutoramento) alterado ao decorrer do ciclo da cultura. Foram realizadas 20 redefinições que ocorreram tanto por ocasião de poda e colheita (onde era subtraído a massa vegetativa do material podado e dos frutos colhidos), quanto pelo ganho de matéria fresca pela planta por consequência da absorção de nutrientes e seu desenvolvimento. Todos os reajustes foram realizados baseado no critério individual de crescimento e desenvolvimento de cada planta (tratamento), utilizando-se alternadamente água e solução nutritiva.

A verificação em campo da massa na capacidade de container referente a cada nível de depleção foi realizada de acordo com a seguinte metodologia: após o evento de uma irrigação, com o auxílio de regador, foram aplicados dois litros de água ou solução nutritiva (conforme alternância) em cada vaso dos lisímetros. Com os drenos abertos os vasos ficaram em drenagem livre e no momento que a mesma cessou, foi verificado a massa na capacidade de container emitida pelo lisímetro e informada no display do controlador fixado no painel da central de comando, imediatamente foi feita a reprogramação da

nova massa em cada controlador. Como a massa de água requerida para cada tratamento foi fixa durante todo o ciclo da cultura, esta foi subtraída da massa da capacidade de container recém encontrada, obtendo-se assim a nova massa crítica (ou massa limite). Portanto, desta forma, o sistema estava novamente reprogramado o mais próximo da realidade.

Para um melhor monitoramento do sistema, foram instalados em cada vaso do conjunto lisimétrico sensores eletrônicos calibrados modelo EC 500 da Decagon, os quais foram posicionados em um dos quadrantes do vaso (entre dois pontos de emissão de água), na profundidade de 0,08 m. Esses sensores forneceram dados de umidade, de temperatura e de condutividade elétrica, num intervalo de 15 minutos, auxiliando na interpretação das informações coletadas via extratores de solução. Assim, ambos contribuíram para a rápida tomada de decisão quanto ao acompanhamento da dinâmica hídrica e físico-química do substrato.

A solução drenada pelos vasos do lisímetro foi coletada diariamente, em horário estabelecido, ao longo do ciclo. Para isso utilizou-se *becker* de plástico, proveta, condutivímetro/peagâmetro, marca Hanna, modelo Combo - HI 98130 e pisseta com água deionizada para lavagem das sondas do equipamento eletrônico. Após a coleta em cada vaso, foi realizado registro dos valores de volume drenado, pH e condutividade elétrica. Essas informações permitiram o acompanhamento geral do balanço de sais e verificação da eficiência do requerimento de lixiviação adotado.

3.10 Condução das plantas

A cultura do pimentão apresenta como característica a emissão de uma flor à cada bifurcação (nó). Contudo, as flores emitidas pelas primeiras bifurcações atuam como dreno, isso ocorre por que a planta ainda não possui uma boa estrutura vegetativa (reserva) que possibilite a formação de frutos de qualidade. Desta forma, seguindo recomendação de Goto e Rossi (1997), foi realizada a remoção de todos os brotos laterais, inclusive folhas, existentes abaixo da primeira bifurcação. Também foi retirada a primeira flor que surge na primeira divisão do caule de todos os ramos, com o intuito de aumentar a

massa média dos frutos mediante a translocação e partição de assimilados aos frutos posicionados na região mais acima nas hastes.

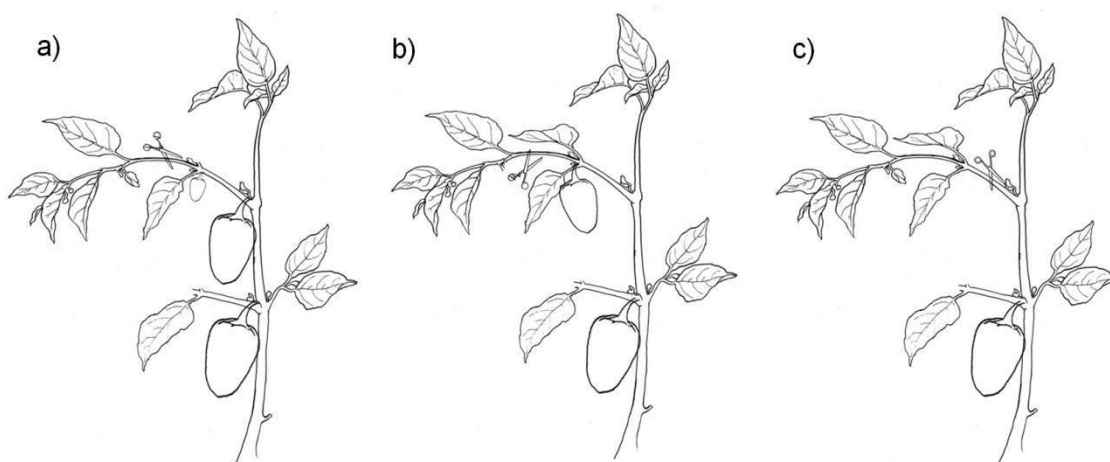
As plantas foram conduzidas no sistema de taça (1-2-4), mantendo-se quatro hastes mediante podas constantes de acordo com metodologia proposta por Gavilán et al. (2002), com adaptações. As podas foram realizadas de acordo com os seguintes critérios:

Critério 1 – Desenvolvimento do fruto da haste principal e do ramo secundário. Neste caso realizou-se a poda do ramo secundário e remoção do fruto no momento em que este estivesse no início do desenvolvimento, aproveitando a folha emitida junto ao mesmo (Figura 8a);

Critério 2 – Aborto do fruto da haste principal e desenvolvimento do fruto no primeiro nó do ramo secundário. Este fruto era aproveitado como substituto do fruto não desenvolvido na haste principal e após início do seu desenvolvimento era realizada a poda do ramo secundário, deixando apenas a folha emitida junto ao fruto (Figura 8b);

Critério 3 – Aborto dos frutos emitidos na haste principal e do primeiro nó do ramo secundário. Neste caso era eliminado todo o ramo secundário (Figura 8c).

Figura 8 - Esquema de condução da poda no cultivo em vaso de pimentão no Vale do Submédio São Francisco. **a)** Critério 1; **b)** Critério 2 e **c)** Critério 3



Fonte: Souza, 2017.

3.11 Nutrição das plantas

A nutrição mineral das plantas foi realizada com base em duas recomendações. Até os 35 DAT (momento da diferenciação dos tratamentos), adotou-se a recomendação de macronutrientes de Goto & Rossi (1997) utilizando apenas 50% desta (Tabela 2). A partir dos 36 DAT até o final do ciclo do cultivo, foram realizadas fertirrigações adotando-se recomendação geral da USDA (*United States Department Agriculture*) também a 50% para macronutrientes no cultivo de pimentão em substrato após o primeiro florescimento (Tabela 3), mantendo para tal as mesmas fontes de nutrientes.

O motivo para adotar metade da recomendação em ambos os casos fundamenta-se no trabalho realizado por Souza (2017), no qual identificou excesso de podridão apical, também conhecida como podridão estilar, podridão apical ou fundo preto, causada pela deficiência de cálcio por consequência da salinização do substrato quando seguiu a recomendação integral e de forma contínua de Goto & Rossi (1997). A tomada de decisão para fertirrigar pela recomendação USDA (50% da dosagem), está relacionada com a distribuição mais equitativa dos nutrientes ao longo do ciclo fenológico da cultura e ainda para atender uma condutividade não superior à $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ nos tanques de solução nutritiva.

Contudo a recomendação da USDA (50% da dosagem) para o elemento cálcio não pôde ser atendida com as fontes utilizadas. Diante disso, para complementar a quantidade deste nutriente na solução nutritiva, adicionou-se 200 ml do produto comercial Folimax[®] de modo a preservar as relações entre os nutrientes com as fontes já estabelecidas incrementando tão somente o elemento cálcio.

O preparo de cada solução nutritiva consistiu na aferição dos parâmetros de pH e C.E em dois momentos: após o enchimento de cada tanque com água bruta oriunda do Rio São Francisco (qualidade C1S1), e após adicionado todas as fontes de nutrientes (macro e micronutrientes). Este monitoramento permitiu observar o balanço dos parâmetros de pH e condutividade elétrica no decorrer do ciclo da cultura. As medições foram realizadas com aparelho devidamente calibrado da marca Hanna, modelo Combo - HI 98130. A dissolução dos

adubos foi feita de forma manual com o auxílio de um tubo de PVC de 60 mm de diâmetro e 1,3 m de comprimento.

Cada tanque de solução nutritiva correspondia ao volume aproximado de 1 m³ e foram preparados alternadamente ao longo do ciclo, de modo que a solução não ficasse muitos dias sem ser utilizada, embora os tanques permanecessem fechados. Como não havia régua de graduação nestes, o volume da solução nutritiva pode ter sofrido, eventualmente, alguma oscilação tanto para mais quanto para menos.

Para evitar acúmulo excessivo de sais no substrato, aos 99 DAT o requerimento de lixiviação foi mudado de 10 para 20%. Com isso o volume drenado obviamente aumentou, carreando mais sais. Além disso, foram realizadas reduções de 25% da recomendação de macronutrientes adotada (USDA 50%) para fontes sólidas durante 15 dias (83 aos 98 DAT). Ou seja, neste período foi fornecido apenas 1/4 da recomendação integral USDA. Procedeu-se ainda, cinco interrupções no fornecimento de macronutrientes (fontes sólidas) ao longo do ciclo de cultivo do pimentão vermelho, as quais ocorreram dos 64 aos 82 DAT, dos 128 aos 148 DAT, dos 174 aos 182 DAT, e dos 191 aos 205 DAT, totalizando 60 dias irrigando apenas com água, micronutrientes (Tabela 4) e cálcio na forma líquida na dosagem de 452 ml para 1 m³ de água. Desta maneira, os sais eram monitorados tanto na entrada (tanque de solução) quanto na saída (extratores de solução, sensores elétricos e volume drenado nos lisímetros), este procedimento permitiu ajustes fundamentais no manejo nutricional das plantas e na identificação da situação da salinidade em diversos momentos.

Outra forma de controlar a salinidade foi a utilização de ácidos húmicos e fúlvicos, onde foram realizadas quatro aplicações, num intervalo de 50 dias entre estas, com o produto comercial KS100 diluído em 8 litros de água e aplicado 40 ml por vaso de forma manual, no intuito de promover efeito positivo no crescimento e alongamento do sistema radicular (influenciando processos de absorção de nutrientes e conseqüentemente, ganho em produtividade na parte aérea), seja pelo aumento das ramificações laterais ou pelo incremento de sua biomassa.

Segundo Çimirin et al. (2010), a aplicação de ácido húmico em um estresse salino moderado (8mM) em plântulas do cultivar Demre de pimenta,

resultou em um maior crescimento radicular, avaliado pela massa fresca e seca da raiz. Além disso, houve um incremento no conteúdo de N, P, K, Ca, S, Fe, Mn, Zn e Cu no meristema apical.

Também foram feitas aplicações foliares à base de cálcio do produto *Pitstop Plus*, como estratégia de complementação à nutrição mineral, quando identificado a necessidade, devido a absorção via foliar ser mais rápida.

Tabela 2 - Solução nutritiva utilizada na fertirrigação de pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco até os 35 DAT.

Fertilizante	Quantidade para 1.000 L de solução
Nitrato de cálcio	325 g
Nitrato de potássio	250 g
Fosfato monopotássico (MKP)	85 g
Sulfato de magnésio (hepta-hidratado)	125 g
Nitrato de magnésio	25 g
Ferro – EDTA*	1 L
Solução estoque de micronutrientes	150 mL

* Substituído por Ferro – EDDHA (63 g).

Tabela 3 - Requerimento de macronutrientes para cultura do pimentão sob cultivo em substrato (USDA).

Nutriente	Concentração de Nutrientes (ppm = mg / l)
	Após o primeiro florescimento
N	160
P	50
K	200
Ca	190
Mg	48
S	65

Foi adicionado 200 ml de fertilizante líquido à base de cálcio (Folimax[®]) na concentração de 15,0%, 210,00 g/L, para atingir a recomendação.

Tabela 4 - Solução-estoque de micronutrientes utilizada na fertirrigação de pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco (Goto e Rossi, 1997).

Fertilizante	Quantidade para 1 L de solução estoque
Ácido bórico	16,70 g
Cloreto de manganês*	15,00 g
Cloreto de cobre	96 mL
Óxido de molibdênio**	0,33 g
Sulfato de zinco	2,62 g

*Substituído pelo produto Brodoacre, Mn 12ml para 10L

**Substituído por Molibdato de amônio (0,4 g).

3.12 Controle fitossanitário

No manejo fitossanitário foram utilizadas diferentes técnicas de controle sendo: controle genético, com o uso do híbrido Margarita, o qual apresenta resistência TMV, PMMV, STIP; controle cultural, com a eliminação de plantas daninhas hospedeiras de insetos-pragas e fitopatógenos presentes no entorno do ambiente protegido; controle comportamental, por meio da disposição de armadilhas adesivas de coloração amarela dentro do ambiente protegido; controle físico, com a utilização de tela fotoconversora; controle mecânico, no qual se efetuou a remoção de folhas que apresentaram estruturas de fitopatógenos; e por fim, o controle químico mediante a constatação visual do agente, inseto ou patógeno (apêndice A).

3.13 Monitoramento das variáveis meteorológicas

Foi instalada uma estação meteorológica marca Davis, modelo *Vantage Pro2* dentro do ambiente protegido para o monitoramento das variáveis meteorológicas. A estação coletou dados de: temperatura média, máxima e mínima (°C); umidade relativa do ar (%); precipitação pluviométrica (mm); radiação solar ($W m^{-2}$); velocidade ($m s^{-1}$) e direção do vento durante todo o ciclo da cultura, com coletas a cada minuto e armazenadas num intervalo de tempo de 15 minutos. Todavia, por algum motivo não identificado a estação não registrou informações entre 114 e 133 DAT, 162 e 169 DAT e dos 197 aos 213 DAT.

3.14 Colheita

A primeira colheita foi realizada aos 83 dias após o transplante e as demais semanalmente num total de dezoito colheitas as quais foram organizadas em três períodos: 1º período (frutos do nó 3 ao nó 9, dos 83 aos 119 DAT; 2º período (frutos do nó 10 ao nó 16, entre 128 e 155 DAT) e por fim, 3º período (frutos do nó 17 ao nó 30, colhidos a partir dos 163 aos 213 DAT), perfazendo quatro meses de colheita. Tomou-se o cuidado de colher apenas os frutos em estado característico de maturação (80%) da coloração característica do híbrido, considerando também o tamanho acima de 5 cm de comprimento. De acordo com a Portaria N°. 85 5 de 27/11/75 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011), o fruto deve

apresentar comprimento mínimo de 5 cm para ser classificado dentro dos padrões de comercialização.

Os frutos colhidos foram acondicionados em sacos de papel individualizados e identificados de acordo com o tratamento e suas respectivas repetições. Logo em seguida foram avaliados no laboratório de Irrigação e Drenagem da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, quanto à massa, comprimento, diâmetro, espessura de polpa e sólidos solúveis.

3.15 Variáveis analisadas

3.15.1 Produção total por planta

Os frutos foram devidamente pesados em balança semianalítica (0,01 g) de forma individualizada, obtendo-se assim, a massa respectiva de cada fruto e a partir do somatório destes, pôde-se obter a produção total por planta.

3.15.2 Produtividade total e comercial

Levando-se em consideração o espaçamento em fileira dupla utilizado para disposição dos vasos no ambiente protegido e densidade de 23.529 plantas por hectare, pôde-se obter a produtividade total e comercial em toneladas por hectare. Para estimativa da produtividade comercial desconsiderou-se os frutos que apresentaram defeitos graves de acordo com as normas de classificação de frutos de pimentão (SÃO PAULO, 2009).

3.15.3 Número de frutos por planta

Foi contabilizado o número de frutos colhidos por planta. Estes, por sua vez, foram identificados de acordo com o tratamento e respectivo nó (gema) de origem da planta. Alguns tratamentos apresentaram até trinta e dois nós nas quatro ramificações principais.

3.15.4 Classificação dos frutos

Os frutos foram classificados conforme o padrão comercial, em classe e subclasse, de acordo com o comprimento e diâmetro do fruto, respectivamente; e em categorias, as quais representam a qualidade dos frutos de acordo com limites de tolerância a defeitos, podendo ser Extra, Categoria I, II e III (SÃO PAULO, 2009).

3.15.5 Comprimento e diâmetro médio dos frutos

O comprimento e diâmetro dos frutos foram obtidos com o auxílio de uma régua fixa em uma bancada, onde os frutos eram dispostos.

3.15.6 Relação comprimento/diâmetro do fruto

A relação comprimento/diâmetro foi obtida a partir da divisão entre o comprimento e diâmetro médio dos frutos de cada planta componente da parcela. Essa medida é utilizada como um indicativo do formato do fruto, sendo quanto mais próximo de um mais quadrado o fruto.

3.15.7 Eficiência no uso da água

A Eficiência no Uso da Água (EUA) foi obtida a partir do quociente entre a produção total e o volume de água aplicado, sendo expressa em quilograma por metro cúbico.

3.15.8 Espessura da polpa

A espessura da polpa foi obtida com o auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm). Foi realizado um corte transversal na região que compreende o terço médio superior do fruto, local onde foi aferida a espessura da polpa em duas regiões, na de maior e menor espessura, obtendo-se assim uma média mais representativa.

3.15.9 Sólidos Solúveis

O teor de Sólidos Solúveis (SS) foi obtido a partir do macerado em almofariz de 5 g da polpa do fruto. A partir do suco obtido, foi quantificado o teor de sólidos solúveis (°brix) em um refratômetro analógico modelo RT – 30 ATC.

3.2 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de homogeneidade das variâncias (Bartlett) e normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk), com o objetivo de verificar as pressuposições da análise de variância. Foi realizada a análise de variância, para identificar a existência de diferença estatística entre os tratamentos e efetuada análise de regressão polinomial ao nível de 5% de significância.

As análises estatísticas foram realizadas no software estatístico R, versão 3.5.0 (R CORE TEAM, 2018), pacote *ExpDes.pt*, versão 1.1.2 (FERREIRA, CAVALCANTI e NOGUEIRA, 2013) e pacote *Agricolae*, versão 1.2-8 (MENDIBURU, 2017).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume de água aplicado entre os tratamentos foi semelhante, todavia, o número de irrigações realizadas foi bastante divergente (Tabela 5). Esse fato ocorreu devido os tratamentos de menores tensões estarem muito próximos da capacidade de container, culminando desta maneira em irrigações mais frequentes mediante o consumo mínimo de água do substrato.

Nota-se que o número de irrigações até a 5^a semana (antes da diferenciação dos tratamentos) foi bastante elevado para todos os tratamentos, sendo a umidade do substrato mantida sempre próxima à capacidade de container. Desta forma, as irrigações ocorriam mediante o consumo mínimo de água pela planta (200 g). A diferença estava relacionada com a fisiologia do desenvolvimento de cada planta até os 35 DAT. A partir da sexta semana os tratamentos foram diferenciados, modificando assim o suprimento hídrico.

É possível observar que os tratamentos de menor tensão tiveram maior frequência de irrigação. O tratamento de 2 kPa, por exemplo, apresentou em média 3 eventos de irrigação por dia. Por outro lado, conforme o aumento de tensão (demais tratamentos) houve diminuição no número de irrigações semanais, sendo que no tratamento de maior estresse (40 kPa) as irrigações ocorreram a cada 3 dias, aproximadamente, culminando numa diferença de 44,3% para o tratamento de maior frequência (2 kPa). Em substratos orgânicos, diferentemente do solo, quando submetidos a baixas tensões, boa parte da água retida é retirada facilmente.

Tabela 5 - Número de irrigações e volume de água aplicado no ciclo de cultivo do pimentão vermelho em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina, 2018.

SEMANA	DAT	Tratamento (kPa)						Tratamento (kPa)					
		2	5	10	20	30	40	2	5	10	20	30	40
1 ^a	(0-7 DAT)	25	20	12	19	25	19	5,0	4,0	2,4	3,8	5,0	3,8
2 ^a	(8-14 DAT)	30	23	17	16	27	18	6,0	4,6	3,4	3,2	5,4	3,6
3 ^a	(15-21 DAT)	29	20	14	16	27	13	5,8	4,0	2,8	3,2	5,4	2,6
4 ^a	(22-28 DAT)	31	24	20	25	33	23	6,2	4,8	4,0	5,0	6,6	4,6
5 ^a	(29-35 DAT)	43	37	28	34	45	34	8,6	7,4	5,6	6,8	9,0	6,8
*6 ^a	(36-42 DAT)	11	7	6	7	5	5	6,8	8,7	9,6	10,9	10,6	8,7
7 ^a	(43-49 DAT)	10	6	4	4	4	3	7,6	8,7	6,4	7,2	8,4	6,5
8 ^a	(50-56 DAT)	12	7	6	5	3	4	9,1	10,1	9,6	9,1	6,3	8,7
9 ^a	(57-63 DAT)	11	8	7	8	4	5	8,3	11,6	11,2	14,5	8,4	10,9
10 ^a	(64-70 DAT)	13	7	6	7	5	4	9,8	10,1	9,6	12,7	10,6	8,7
11 ^a	(71-77 DAT)	10	7	5	6	3	3	7,6	10,1	8	10,9	6,3	6,5
12 ^a	(78-84 DAT)	11	6	5	5	4	4	8,3	8,7	8	9,1	8,4	8,7
13 ^a	(85-91 DAT)	11	7	6	5	4	3	8,3	10,1	9,6	9,1	8,4	6,5
14 ^a	(92-98 DAT)	10	5	4	6	3	3	7,6	7,2	6,4	10,9	6,3	6,5
15 ^a	(99-105 DAT)	14	8	5	7	4	4	12,4	13,9	9,3	14,8	9,8	10,1
16 ^a	(106-112 DAT)	11	7	6	5	4	3	9,7	11,9	11,2	10,6	9,8	7,6
17 ^a	(113-119 DAT)	11	7	4	6	4	4	9,7	10,2	7,4	12,7	9,8	10,1
18 ^a	(120-126 DAT)	16	9	6	7	6	5	14,2	15,3	11,2	14,8	14,7	12,7
19 ^a	(127-133 DAT)	15	7	7	7	5	6	13,3	11,9	13,0	14,8	12,3	15,2
20 ^a	(134-140 DAT)	16	9	7	8	5	5	14,2	15,3	13,0	16,9	12,3	12,7
21 ^a	(141-147 DAT)	14	8	7	6	5	5	12,4	13,6	13,0	12,7	12,3	12,7
22 ^a	(148-154 DAT)	15	7	6	6	5	5	13,3	11,9	11,2	12,7	12,3	12,7
23 ^a	(155-161 DAT)	10	7	5	6	3	3	8,9	11,9	9,3	12,7	7,3	7,6
24 ^a	(162-168 DAT)	14	8	8	7	5	5	12,4	13,6	14,9	14,8	12,3	12,7
25 ^a	(169-175 DAT)	16	9	7	7	6	6	14,2	15,3	13,0	14,8	14,7	15,2
26 ^a	(176-182 DAT)	20	11	9	8	7	6	17,8	18,7	16,8	16,9	17,2	15,2
27 ^a	(183-189 DAT)	19	11	9	7	7	7	16,9	18,7	16,8	14,8	17,2	17,7
28 ^a	(190-196 DAT)	22	12	9	7	7	7	19,5	20,4	16,8	14,8	17,2	17,7
29 ^a	(197-203 DAT)	19	10	9	8	7	7	16,9	17	16,8	16,9	17,2	17,7
30 ^a	(204-210 DAT)	20	10	7	8	7	7	17,8	17	13,0	16,9	17,2	17,7
31 ^a	(211-213 DAT)	7	4	3	3	3	3	6,2	6,8	5,6	7,3	7,3	7,6
TOTAL		516	327	254	276	282	229	335,8	353,4	309,7	356,2	327	317,1

O número de irrigações foi maior entre a vigésima quinta e trigésima semana, principalmente no tratamento de menor tensão. Isso pode ser

justificado pelo fato de neste período terem sido registradas elevadas temperaturas (31,17 °C) e baixa umidade relativa do ar (45,34%). Assim, devido à maior demanda atmosférica, associado ao fato de as plantas estarem com alto vigor vegetativo e sem restrição hídrica, a evapotranspiração aumentou e, conseqüentemente, as irrigações também passaram a ser mais frequentes.

O tratamento 4 (20 kPa) recebeu volume de água ligeiramente superior aos demais tratamentos. Isso provavelmente aconteceu devido à algum tipo de problema nas células de carga do lisímetro ou até mesmo por desajustes em algum dos componentes eletrônicos no painel de controle, assim, este tratamento algumas vezes acionou a irrigação um pouco antes de atingir a massa crítica determinada e parou pouco depois de chegar na massa limite. Percebeu-se ainda alguns “bugs” no display do painel e logo em seguida a sua desconfiguração e reinicialização automática.

O volume final de água aplicado durante todo o ciclo de cultivo do pimentão vermelho não foi afetado na mesma proporção da frequência de irrigação, visto que a medida em que eleva-se o nível de depleção de água no substrato (tensões) também aumenta-se o volume de água a ser aplicado em cada irrigação, assim elas passam a ser menos frequentes, resultando então numa ponderação do volume de água aplicado e no volume drenado pelos lisímetros (Tabela 6).

Tabela 6 - Volume aplicado, volume drenado, pH e Condutividade elétrica da solução lixiviada nos lisímetros ao longo do ciclo do pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.

Tensão (kPa)	Volume aplicado (L)	Volume drenado (L)	pH	CE (dS m ⁻¹)
2	335,83	77,60	5,78	1,61
5	353,45	109,30	5,75	1,49
10	309,78	72,10	5,36	1,40
20	356,20	108,20	5,79	1,44
30	327,00	97,70	4,52	1,98
40	317,19	80,10	4,52	1,06

Uma vez quantificado o volume de água aplicado, tornou-se possível também fazer a estimativa da quantidade de nutrientes aplicados em cada tratamento através da fertirrigação (Tabela 7).

Tabela 7 - Nutrientes aplicados durante o ciclo completo da cultura do pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido sob diferentes níveis de depleção de água no substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.

Nutrientes (g planta ⁻¹)	Tratamento (kPa)					
	2	5	10	20	30	40
Nitrogênio	23,370	24,613	21,125	25,226	22,777	21,767
Fósforo	9,311	9,808	8,413	10,053	9,073	8,669
Potássio	14,343	15,098	12,978	15,470	13,982	13,368
Cálcio	13,008	13,702	11,753	14,044	12,676	12,112
Magnésio	6,457	6,802	5,835	6,971	6,293	6,013
Enxofre	2,896	3,051	2,617	3,127	2,823	2,697
Boro	0,0736	0,0749	0,0652	0,0761	0,0684	0,0634
Cobre	0,0083	0,0085	0,0069	0,0088	0,0079	0,0069
Cloro	0,1398	0,1451	0,1235	0,1474	0,1325	0,1248
Ferro	0,6145	0,6363	0,5418	0,6482	0,5807	0,5468
Manganês	0,1012	0,1043	0,0892	0,1064	0,0956	0,0901
Molibdênio	0,0046	0,0047	0,0043	0,0049	0,0044	0,0040
Zinco	0,0129	0,0133	0,0111	0,0137	0,0123	0,0119

Além da menor absorção de água, o déficit hídrico na planta também reduz a assimilação de sais minerais. Entretanto, no presente trabalho, não foi observado sintomas de deficiência nutricional nas plantas, exceto para o elemento cálcio, que provocou o surgimento de alguns frutos comerciais com podridão apical, porém com pouca severidade.

O substrato do pó da casca de coco apresenta elevada Capacidade de Troca de Cátions (CTC), tanto pela sua natureza e estrutura física, quanto em função da prática de fertirrigação contínua.

A difícil aquisição do pó da casca de coco e a quantidade de água utilizada para redução dos sais durante seu processamento com a finalidade de obtenção do substrato, despertam a importância do reuso desta água e também revela a necessidade de identificação de substratos com características semelhantes no cultivo em sistema de hidroponia fechada, com mecanismos de verificação em tempo real dos níveis de cada nutriente na

solução nutritiva circulante, no intuito de evitar elevada condutividade elétrica pelo acúmulo excessivo dos sais, visto que a concentração destes pode aumentar o potencial osmótico da solução e conseqüentemente, diminuir a absorção de cálcio pelas raízes, causando deficiências e perdas de produtividade (SOUZA, 2017).

Além do criterioso controle da irrigação e da aplicação de nutrientes, o uso de ácidos húmicos e fúlvicos também indicam ter contribuído para melhor absorção dos sais, incremento na biomassa da parte aérea e na qualidade dos frutos, visto que os tratamentos apresentaram alto vigor vegetativo e não houve aparecimento de podridões apicais severas (aquelas que tornam o fruto não comercializável). De acordo com o modelo proposto por Ouni et al. (2014), o benefício da aplicação de substâncias húmicas em solos salinos ocorre pela presença de Ca, Mg e K em sua composição. Esses sais mantêm os sítios de troca catiônica ativos, agregando-se com outros elementos. De certa forma, o sódio se tornou mais diluído e possivelmente foi perdido por lixiviação e agregado formado entre as substâncias húmicas e os nutrientes, tornaram-nos mais disponíveis para as plantas.

Um dos principais benefícios percebido da aplicação dos ácidos húmicos e fúlvicos, além do crescimento do sistema radicular, foi o incremento na biomassa da parte aérea, corroborando com estudos realizados por Mora et al. (2010) que relaciona o fato à ativação das enzimas ATPases bombeadoras de prótons presentes na membrana celular, que proporcionam maior troca de íons e, assim, maior absorção de nutrientes, como nitratos, os quais favorecem o crescimento vegetativo. Estas evidências também foram encontradas em trabalhos com milho (CANELLAS et al., 2002; QUAGGIOTTI et al., 2004; ZANDONADI et al., 2007) e pepino (PINTON et al., 1999; AGUIRRE et al., 2009).

Muito embora o estresse hídrico seja apontado como um dos fatores que contribuem para a ocorrência de podridão apical, no presente trabalho não foi detectado diferença entre os tratamentos de menor (2 kPa) e maior (40 kPa) tensão. Por outro lado, o estresse salino a partir de 1,5 dS m⁻¹, desencadeou sintomas iniciais de podridão apical principalmente em frutos jovens (3 a 4 cm) não fazendo distinção entre tratamentos, corroborando com estudo realizado

por Souza (2017) na cultura do pimentão amarelo que apresentou perdas de produtividade conforme elevação dos níveis de sais no substrato.

A podridão apical ou estilar, geralmente ocorreu nas primeiras semanas após a antese e assim como outros sintomas de carência nutricional, é a exteriorização de uma sequência de eventos que ocorrem em nível molecular e celular, que se iniciou há dias. Entretanto, ao contrário de muitos sintomas, como clorose, nanismo, manchas, nos quais não há morte de tecidos, uma vez desencadeado o processo da podridão apical, não há mais como revertê-lo, devendo-se agir preventivamente.

A identificação do momento ideal de intervir no suprimento de nutrientes permitiu a obtenção de frutos com boas características mercadológicas, sem defeitos graves, firmes, de boa aparência e estatisticamente sem danos de podridão apical, pelo fato da partição e alocação do cálcio ser feita de maneira uniforme, comprovando o que Lurie (2009) afirmou sobre o cálcio ser um nutriente especialmente regulador da qualidade do fruto por conferir a manutenção da firmeza. Também por desempenhar papel na formação e estrutura das paredes celulares e membranas, a maior concentração de cálcio está nessas estruturas celulares, devido ao grande número de sítios de ligação e transporte restrito no citoplasma para esse nutriente (KADIR 2004; VITTI et al., 2006).

A importância de ter fornecido cálcio na medida da sua absorção pelas plantas assegurou grande avanço, pois os mecanismos responsáveis pela deficiência de cálcio no desenvolvimento de frutos estão entre os mais complexos. Isso por que o nível total de cálcio no tecido não pode ser usado para prever o desenvolvimento da podridão, e frutos com níveis ideais ou até mesmo maiores de cálcio total podem ter maior incidência de podridão apical (CASTRO, 1980, NONAMI et al., 1995). Em frutos de tomate, por exemplo, a podridão apical é considerada como um distúrbio de deficiência deste nutriente, tem sido estudada há mais de 100 anos e os mecanismos que o desencadeiam ainda não são bem compreendidos (HO e WHITE, 2005), ocasionando perdas em produtividade.

Nos tratamentos de maiores tensões observou-se redução na produtividade, demonstrando está associado ao conteúdo de água no

substrato, ratificando com Medeiros et al. (2010), que afirma que o teor de água no solo está entre os principais fatores que afetam a produtividade das hortaliças, pois a água é requerida como parte integrante dos frutos, exercendo papel preponderante no transporte de nutrientes entre outras funções metabólicas para o desenvolvimento das plantas. Assim, a produtividade está diretamente relacionada com número de frutos e a massa média destes, portanto, quanto menor forem estas variáveis, menor será o rendimento da cultura por unidade de área.

De acordo com a análise de variância houve interação entre os fatores estudados (tensões e períodos de colheita) apenas para a variável número de frutos. A massa média do fruto, comprimento médio e diâmetro médio do fruto foram influenciados significativamente pelas tensões aplicadas no substrato. Isso mostra que o momento de irrigar influencia diretamente no desempenho em termos de produtividade e qualidade da cultura do pimentão vermelho. O período não influenciou no teor de sólidos solúveis (Tabela 8).

Tabela 8 - Análise de variância para número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MMF), espessura da polpa (EP), comprimento médio de frutos (CM), diâmetro médio de frutos (DM), relação diâmetro e comprimento (CM/DM) e sólidos solúveis (SS) em função da tensão de água no substrato e períodos de colheita do pimentão vermelho no município de Petrolina-PE, 2018.

Fonte de Variação	Grau de liberdade	F _c						
		NF	MMF	EP	CM	DM	CM/DM	SS
Tensão (T)	5	5,33*	4,38*	2,32 ^{NS}	3,15*	3,30*	0,39 ^{NS}	1,16 ^{NS}
Bloco	5	1,8 ^{NS}	0,88 ^{NS}	13,80*	0,94 ^{NS}	1,70 ^{NS}	1,37 ^{NS}	4,72*
Erro (a)	25	-	-	-	-	-	-	-
Período(P)	2	22,42*	199,71*	34,22*	36,09*	138,19*	66,03*	1,23 ^{NS}
T x P	10	3,84*	1,98 ^{NS}	0,49 ^{NS}	1,09 ^{NS}	1,78 ^{NS}	1,71 ^{NS}	0,42 ^{NS}
Erro (b)	60	-	-	-	-	-	-	-

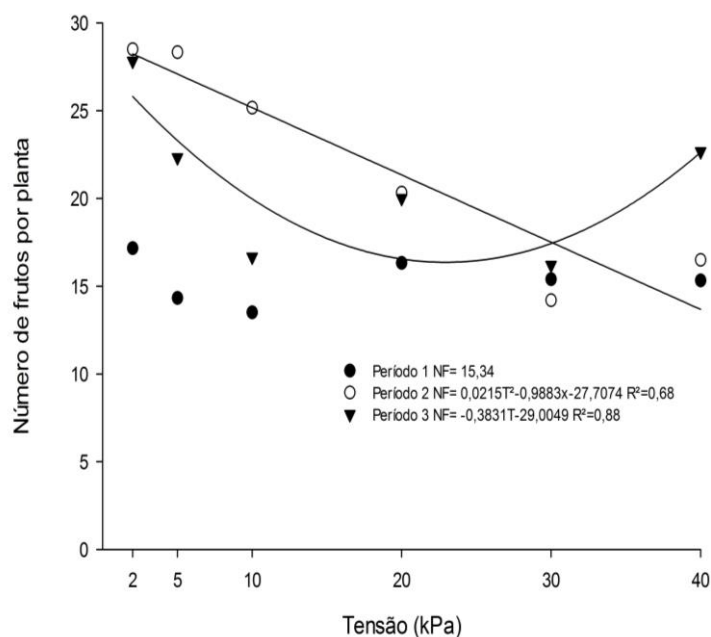
*Significativo à 5% de probabilidade pelo teste F. ns= não significativo.

Não houve diferença estatística entre as tensões aplicadas no primeiro período de colheita para o número de frutos por planta. Pode-se observar que o número de frutos diminuiu com o aumento da tensão no segundo período de colheita, no entanto, observou-se um comportamento quadrático no terceiro período (Tabela 10). Esses resultados corroboram com os encontrados por

Sezen et al. (2011) em que o pimentão submetido à déficit hídrico pelo sistema de irrigação de gotejamento, com menor frequência de irrigação, resultou em menor número de frutos. De maneira semelhante, Santana et al. (2004) verificaram que a maior quantidade de frutos é obtida nas menores tensões de água no solo, em cultivo em vaso, apresentando um efeito linear decrescente em função do aumento da tensão.

O número de frutos não diferiu entre os períodos 2 e 3, sendo superiores e diferindo do primeiro período, nas tensões 2 e 5 kPa. Na tensão de 10 kPa o segundo período apresentou número de frutos superior aos demais períodos, a saber, 25,17 frutos por planta. A quantidade de frutos por planta foi semelhante entre os três períodos de colheita nas tensões 20 e 30 kPa, já na tensão de 40 kPa o terceiro período de colheita foi superior com 22,67 frutos por planta, sendo estatisticamente semelhante ao segundo período (16,50 frutos) e este assemelhando-se ao primeiro período de colheita com 15,33 frutos por planta (Figura 9).

Figura 9 - Número de frutos por planta (NF) de pimentão vermelho em função dos níveis de depleção de água no substrato e períodos de colheita no ciclo de cultivo do pimentão vermelho cultivado em vaso no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina-PE, 2018.



Gadissa e Chemedda (2009), avaliaram níveis de irrigação na cultura do pimentão (50; 75 e 100% da ETc) em Bako, Etiópia, e observaram que maiores rendimentos e número de frutos foram obtidos irrigando-se com 100% da lâmina e que a redução em 50% desta, promove redução de até 48,3% do rendimento da cultura. A variação no presente trabalho foi de 13% do volume.

Frizzone et al. (2011) avaliando a produtividade de pimentão amarelo Marengo Hy, em cultivo protegido, sob diferentes potenciais de água no solo, obtiveram maior número de frutos por planta (11,2) na tensão de -15 kPa e para esta, o número de frutos foi superior na primeira colheita realizada (4,1).

O estresse hídrico em plantas de pimentão durante a fase inicial de frutificação pode restringir a translocação de nutrientes para os frutos e é uma das principais causas do aborto das flores (SEZEN et al. 2006; KENG, 1981).

O aumento do número de frutos é o fator mais importante para o aumento do rendimento na cultura do pimentão e quando o déficit hídrico do solo na zona radicular aumenta há perda da turgidez e redução do crescimento do fruto (SEZEN et al., 2011). Desse modo, o escasso pegamento de flor em função do estresse hídrico diminuiu o número de frutos por planta.

Em estudos realizados por Frizzone et al. (2001), com o híbrido Marengo HY, foi observado a mesma tendência de decréscimo para a variável número de frutos com aumento do módulo do potencial da água no solo. Silva et al. (2005), avaliando a produtividade de pimentão amarelo em hidroponia, obtiveram 31,25 frutos por planta com o cultivar matador, estando de acordo com os dados observados nesse trabalho.

Na tabela 9 estão apresentados valores de massa média, comprimento e diâmetro dos frutos. Para estas variáveis foi ajustada regressão linear decrescente. Desempenho semelhante para estas mesmas variáveis foi observado por Souza (2017) em experimento com pimentão amarelo cultivado sob diferentes níveis de depleção de água em substrato de pó de casca de coco.

Do mesmo modo, irrigações mais frequentes promoveram aumento da massa média de frutos, conforme verificado por Sezen, Yazar e Eker (2006). Frizzone et al. (2009) obtiveram efeito linear decrescente para as variáveis comprimento e diâmetro de frutos cultivados em diferentes potenciais mátricos

no solo em ambiente protegido, para a cultivar Marengo Hy, em São Manuel, São Paulo.

Essa redução na relação ocorre a medida que vai aumentando a tensão de água no solo e pode ser atribuída ao estresse hídrico, o qual reduz a pressão de turgor e volume das células, fechamento estomático e diminuição do processo fotossintético, o que causa, portanto, redução da expansão celular (TAIZ et al., 2017).

Tabela 9 - Massa média de fruto (g), espessura da polpa (mm), comprimento médio de fruto (cm), diâmetro médio de fruto (cm) e relação comprimento/diâmetro (cm) de pimentão vermelho cultivado em ambiente protegido e substrato no Vale do Submédio São Francisco, 2018.

Períodos de colheita	MMF (g)	EP (mm)	CM (cm)	DM (cm)	CM/DM (cm)
1 ^o	168,61±6,23 a	4,81±0,34 c	12,64±0,05 a	7,67±0,16 a	1,65±0,02 b
2 ^o	154,37±4,63 b	5,90±0,08 a	11,67±0,08 b	7,47±0,12 b	1,56±0,03 c
3 ^o	115,07±5,42 c	5,28±0,12 b	11,43±0,12 b	6,59±0,13 c	1,73±0,02 a
CV (%)	8,06	10,59	5,38	4,04	3,87

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O primeiro período de colheita (83 aos 119 DAT), foi estatisticamente superior aos demais períodos pelo teste de Tukey a 5% de significância para a massa média, comprimento e diâmetro dos frutos (Tabela 10). A espessura da polpa foi superior no segundo período avaliado (128 aos 155 DAT), sendo a relação comprimento/diâmetro superior no terceiro período de colheita (163 aos 213 DAT).

Os valores superiores de massa média, comprimento e diâmetro encontrados no primeiro período de colheita podem ser atribuídos ao menor número de frutos obtidos nessa época (média de 15,34 frutos), fato relacionado à maior relação fonte/dreno promovida pela menor quantidade de frutos, resultando na formação de frutos de melhor qualidade (SOUZA, 2017).

No entanto, a relação comprimento/diâmetro foi maior no terceiro período de colheita, com valores variando de 1,65 a 1,73 entre o primeiro e o último período de colheita. Estes valores encontrados podem ser devido às menores reservas da planta por se tratar do último período do experimento.

A característica da cultivar é apresentar frutos tipo retangular, ou seja, quanto mais próxima de 1 for a relação comprimento/diâmetro, mais quadrados serão os frutos (CHARLO et al., 2009) e quanto mais cônico ou retangular, mais distante de 1 (HACHMANN et al., 2017).

A espessura da polpa, embora tenha sido superior no segundo período de colheita, apresentou-se abaixo do padrão estimado pela empresa detentora da patente do híbrido que situa-se entre 6 e 10 mm. Todavia, o valor máximo observado no segundo período de colheita assemelha-se aos encontrados por Factor et al. (2008) para a mesma cultivar, em cultivo com diferentes substratos e substâncias nutritivas em sistema de hidroponia aberta e cultivo protegido.

Foram ajustadas regressões lineares decrescentes para produção e produtividade estimada em função dos níveis de depleção de água no substrato (Figura 10), observando que ambas decrescem com o aumento da tensão de água.

Tal fato pode ser devido a maior flutuação dos teores de água no solo provocada pelo aumento de tensão, promovendo intervalos maiores de irrigação e submetendo as plantas à estresses mais acentuados ao atingir o limite de tensão máximo para então serem submetidas à irrigação (LIU et al., 2012). Além disso, o aumento do estresse hídrico desencadeia ajustes fisiológicos nas plantas, como o fechamento estomático e, conseqüentemente, redução no processo fotossintético, comprometendo a alocação de fotoassimilados para os frutos considerados drenos e seu desenvolvimento (TAIZ et al., 2017).

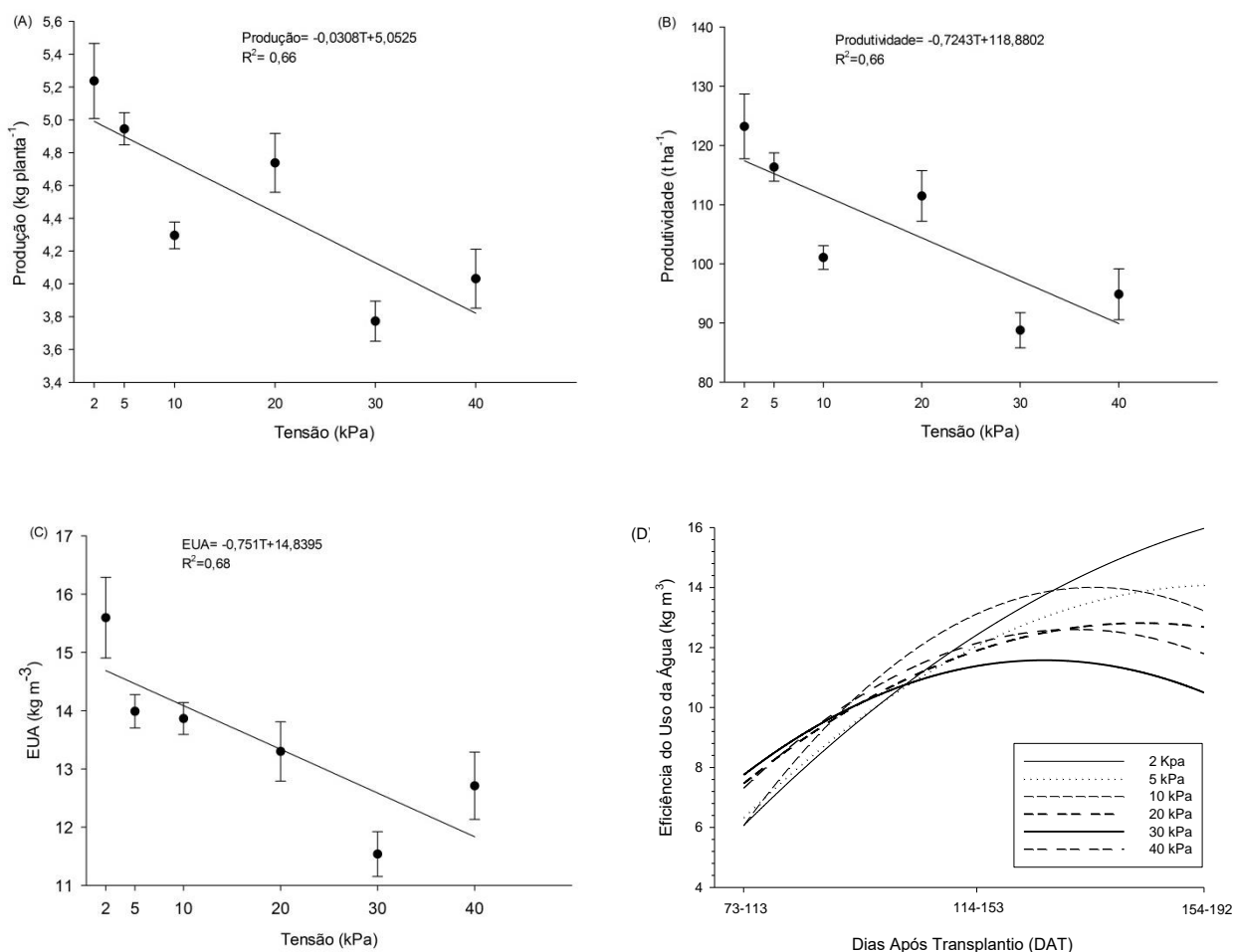
Liu et al. (2012) obtiveram produtividades variando de 33,3 a 29,6 t ha⁻¹ nas tensões de 10 e 50 kPa, respectivamente, em experimento de campo, testando cinco tensões de água no solo, estando esses valores inferiores aos obtidos no presente estudo no intervalo de tensões testados. Considerando a densidade de plantas o presente trabalho alcançou produtividade de 122,35 t ha⁻¹ para o tratamento de 2 kPa.

Os altos índices de produtividade obtidos neste trabalho (Figura 10b) estão bastante relacionados à alta frequência de irrigação e ao monitoramento constante do parâmetro de condutividade elétrica via sensores elétricos e extratores de solução, os quais serviram como indicativo fundamental na decisão da manutenção, diminuição da dose ou corte total no fornecimento da

solução nutritiva de macronutrientes durante um dado período. Dessa forma evitou-se a salinização do substrato e o consequente estresse salino.

Arelado a tudo isso está a combinação das telas de sombreamento que serviram de barreira e filtro reduzindo a incidência direta dos raios solares, dada a necessidade de menor fluxo de energia radiante da espécie o que resultou na redução da temperatura interna. Essa menor incidência de energia solar contribuiu tanto para diminuir os efeitos extremos da radiação, principalmente no que se refere aos estresses térmicos como é o caso da fotorrespiração no qual há consumo oxigênio (O_2) e produção dióxido de carbono (CO_2) através da degradação de compostos intermediários do ciclo de Calvin, quanto para proporcionar melhores microclima mais favorável, aumentando a produtividade da cultura (FILGUEIRA, 2003). Importante ressaltar que mesmo os tratamentos de maior tensão tiveram produtividades bastantes significativas, dado a combinação de fatores e metodologia adotada.

Figura 10 - Produção total (A), Produtividade (B), Eficiência no Uso da Água (C) e (D) Eficiência no uso da água acumulada ($kg\ m^{-3}$) do pimentão Margarita sob cultivo protegido e substrato de pó da casca de coco em Petrolina-PE, 2018.



A produção total decresceu com a tensão de água no substrato (Figura 10a). A máxima produção por planta foi obtida no tratamento 2 kPa, sendo 5,24 kg planta⁻¹. Em trabalho desenvolvido por Lima et al. (2012) em ambiente protegido, verificou-se o aumento da produção de frutos por planta mediante o aumento da lâmina de água aplicada, obtendo produção máxima de 1,71 kg planta⁻¹ para pimentão Konan R e 1,27 kg planta⁻¹ para Magali R, sendo para este último ajustado modelo linear decrescente.

Charlo (2009) e Souza (2017) trabalhando com o híbrido Eppo, cultivado em vaso e ambiente protegido, obtiveram resultados inferiores aos observados neste trabalho, com produção de 4,12 kg e 2,26 kg planta⁻¹ respectivamente.

O uso eficiente da água de irrigação é a chave para a sustentabilidade e rentabilidade da cultura. O manejo adequado e a qualidade da água de irrigação são de fundamental importância para a obtenção de alta produtividade, qualidade, redução de custos e ao uso racional da água.

A eficiência no uso da água (EUA) reduziu conforme aumentaram as tensões de água no substrato (Figura 10c), apresentando valor máximo na menor tensão aplicada de 15,6 kg m⁻³ e a maior tensão apresentando uma eficiência de uso da água de 12,7 kg m⁻³. Estes valores encontram-se superiores aos encontrados por Flores (2014) que obteve 5,2 kg m⁻³ para o híbrido Magali no manejo de irrigação por tensiometria (30 kPa), e Souza (2017) em experimento com pimentão amarelo em ambiente protegido e pó da casca de coco, também utilizando lisimetria de pesagem, sendo 9,71 seguida por 9,57 e 9,33 kg m⁻³ para os tratamentos de 2, 5 e 10 kPa, respectivamente.

Para modelar o desempenho da eficiência do uso da água no tempo, calculou-se a EUA com a produção total acumulada até aos 113 DAT, 153 DAT e 192 DAT (Figura 10d). Observa-se que os tratamentos 2 kPa e 5 kPa são mais eficientes no uso da água, e aos 192 DAT apresentaram 15,97 kg m⁻³ e 14,9 kg m⁻³. Portanto, no tempo, as menores tensões são mais eficientes no uso da água. Souza et al. (2017), trabalhando com pimentão amarelo Eppo e substrato a base de pó da casca de coco, obteve máxima eficiência para a mesma tensão, embora numericamente inferior à encontrada neste trabalho.

Para todos os níveis de depleção, as eficiências no uso da água (EUA) encontradas foram superiores aos valores de 1,5 a 3,0 kg m⁻³ de água,

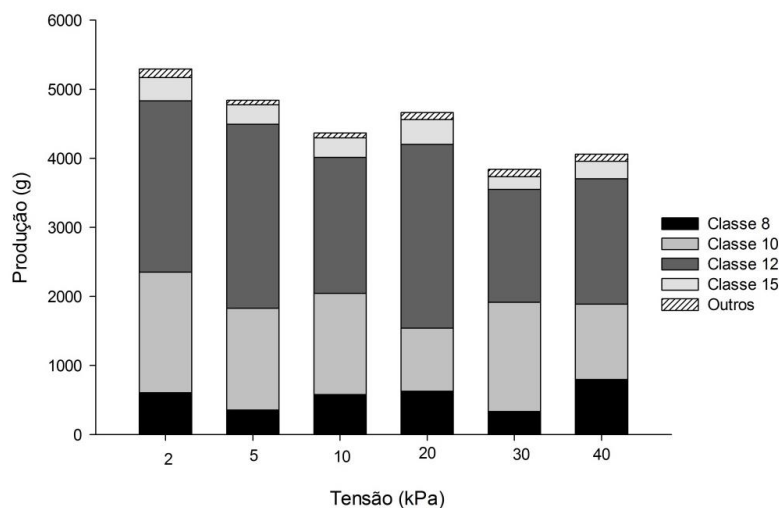
sugeridos por Doorenbos e Kassam (1994) e Albuquerque (2010) o qual encontrou EUA máximas de 3,5 a 4,5 kg m⁻³.

Nos tratamentos 20 kPa, 30 kPa e 40 kPa, a eficiência do uso da água é crescente até os 153 DAT e depois tende a diminuir, chegando a 12,68 kg m⁻³, 10,5 kg m⁻³ e 11,79 kg m⁻³ aos 192 DAT, respectivamente. Nesses tratamentos, o volume de água aplicado após 153 DAT não é refletido em produção, assim, a EUA acumulada caracteriza-se como um indicador na definição do final do ciclo produtivo. Logo, no modelo de cultivo adotado, nestas tensões e para esta variável, aconselha-se interromper o ciclo aos 153 DAT. Todavia, o comportamento mercadológico associado aos custos de manutenção precisa ser levado em consideração para tal decisão. Segundo, Frizzone e Andrade Júnior (2005), a determinação da viabilidade econômica de um sistema produtivo deve ser levada em consideração para a adoção ou não de novas práticas tecnológicas. Para a realização da análise do benefício/custo é necessário determinar a produtividade e os respectivos custos de produção de atividade tecnológica.

Em relação a classificação dos frutos colhidos, a produção total correspondeu à produção comercial, visto que os defeitos encontrados foram classificados como leve (SÃO PAULO, 2009). Observou-se a predominância de frutos pertencentes à classe 12, a qual corresponde a frutos com comprimento médio de 12,1 a 15 cm, em todos os tratamentos, sendo este padrão o que apresenta melhor comercialização no mercado da hortaliça. Os frutos da classe 12 corresponderam à: 49,91; 55,11; 45,18; 57,08; 42,67 e 44,75% das produções dos tratamentos 2, 5, 10, 20, 30 e 40 kPa, respectivamente, mostrando que os níveis de depleção testados foram eficientes em manter o padrão dos frutos e expressão genética dessa cultivar.

No entanto, também foram obtidos frutos pertencentes à outras classes (Figura 11), com destaque para a classe 10, que corresponde a frutos com comprimento de 10,1 a 12 cm, representando: 32,93; 30,39; 33,57; 19,59; 41,08 e 26,85% nos tratamentos de 2, 5, 10, 20, 30 e 40 kPa, respectivamente, mostrando dessa forma, que o aumento da tensão diminui a massa de frutos da classe 10.

Figura 11 - Classificação de frutos de pimentão vermelho cultivado em pó da casca de coco sob diferentes tensões de água, em cultivo protegido no Vale do Submédio São Francisco/Petrolina, 2018.



A obtenção de classes de melhor aceitação comercial neste trabalho está relacionada, dentre outros fatores, ao uso das telas de cobertura, uma vez que o aparelho fotossintético das plantas fez melhor aproveitamento do espectro de luz que adentrava no interior do ambiente, aumentando a massa foliar provavelmente pela maior formação de parênquima lacunoso nas folhas, caule e também nos frutos. Corroborando com Kendrick e Frankland (1981), os quais afirmam que plantas cultivadas em condições de alta disponibilidade de radiação solar apresentam menor porte e redução da área foliar do que as cultivadas em ambientes de radiação reduzida.

A utilização das telas representou grande avanço neste trabalho, visto que dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima é aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação das máximas produtividades. Aliado a isto, a ocorrência de adversidades climáticas é o principal fator de risco e de insucesso na exploração da cultura. Assim, estresses abióticos como ventos fortes, excessos de chuvas, temperaturas muito baixas ou altas, baixa ou alta luminosidade, que poderiam ter reduzido significativamente o rendimento do cultivo.

Os picos de temperatura máxima (32,15 °C) e mínima (25,17 °C) diurna ocorreram nos meses de outubro e julho, respectivamente, portanto fora dos

limites ótimos. Serrano et al. (2001), explicam que a redução da temperatura do ar é um dos principais objetivos da utilização de ambientes protegidos em regiões nas quais ocorrem altas temperaturas. A temperatura tem importante função no controle da velocidade das reações químicas celulares, as quais governam o crescimento o desenvolvimento das plantas (COCKSHULL, 1992). Temperaturas superiores às máximas requeridas pela cultura afetam diretamente sua produção.

Segundo Tivelli (1999), a planta de pimentão apresenta melhor desenvolvimento quando a temperatura do ar, durante o dia, encontra-se entre 20 e 25 °C, e a noite entre 16 e 18 °C. Considerando essa faixa de temperatura, no presente trabalho a média diurna (28,8 °C) e noturna (24,0 °C) foram superiores no decorrer do ciclo total da cultura, estando de acordo com o que Zatarim et al. (2005), recomendam no cultivo protegido para temperaturas diurnas entre 27°C e 30°C, diferindo em superioridade na temperatura noturna de 20 °C. Contudo, ainda assim registraram-se altas produtividades e alto rendimento da cultura, principalmente nos menores níveis de depleção de água.

Outrossim, deve-se buscar mecanismos de atenuação da temperatura pois ela interfere em todas as reações bioquímicas da fotossíntese, bem como a integridade de membranas em cloroplastos. Em concentrações de CO₂ no ambiente, a fotossíntese é limitada pela atividade da enzima Ribulose-1,5-bifosfato carboxilase oxigenase (rubisco), e a resposta à temperatura reflete dois processos conflitantes: um aumento na taxa de carboxilação e um decréscimo na afinidade da rubisco por CO₂ à medida que a temperatura sobe. A atividade da rubisco diminui em temperaturas altas, devido aos efeitos da temperatura sobre a rubisco ativase. Esses efeitos opostos amortecem a resposta da fotossíntese à temperatura em concentrações de CO₂ no ambiente, limitando a produção de fotoassimilados e em última análise a produtividade do pimentão.

A radiação solar apresentou valores de 138,63 W m⁻² e a umidade relativa do ar ficou em torno de 61,7%, sendo 53,2% durante o dia e 69,5% a noite. A variação da umidade do ar dentro dos ambientes protegidos depende principalmente da temperatura do ar, a qual varia principalmente, em função da

densidade de fluxo de radiação solar incidente e da velocidade de troca do ar entre o interior e o exterior do ambiente protegido (BURIOL, 2000).

Sabe-se que o perfeito crescimento e desenvolvimento das plantas ocorrem quando a radiação recebida supera certo limite fótico que depende do vegetal. Para a maioria das hortaliças esse nível é de aproximadamente $8,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, equivalente a $97,2 \text{ W m}^{-2}$, considerado como nível em que a planta produz o mínimo de fotoassimilados necessários à sua manutenção (BECKMANN et al., 2006). No presente trabalho registrou-se irradiância 1,4 vez superior.

De acordo com Espinoza (1991), o excesso de insolação, geralmente acompanhado por altas temperaturas, pode causar danos não só às flores e a polinização, com baixa produção, mas também, proporcionar amadurecimento precoce dos frutos.

O aumento da irradiância até certo ponto pode ter elevado a produção de fotoassimilados como também a sua disponibilidade para o crescimento das plantas e produção de frutos nos tratamentos. Situação semelhante foi encontrada por Otoni et al, (2012) ao avaliarem híbridos de tomate, espécie da mesma família do pimentão, sob sombreamento. Portanto, a luz tem complexa influência no crescimento, desenvolvimento e produção das culturas, é essencial para a primeira etapa da cadeia de fixação do CO_2 , a fotossíntese, processo no qual é produzida energia bioquímica necessária ao crescimento e produção das culturas (ANDRIOLO, 2000).

Para Otoni et al. (2012), em experimento feito com a cultura do tomate, em regiões semiáridas, por apresentarem no verão nível de radiação luminosa aproximadamente três vezes maior que o limite fótico requerido pela cultura, ocorre excesso de luminosidade em conjunto com temperaturas elevadas, as quais podem causar prejuízos fisiológicos, como a fotorrespiração, fotoinibição, evapotranspiração acelerada, além dos danos indiretos, oferecendo maiores condições para ocorrência de doenças, pragas, tudo isto pode condicionar queda na produção e qualidade dos frutos.

A utilização de telas termorrefletoras mostrou ser uma importante ferramenta de controle microclimático atenuando as altas temperaturas e promovendo melhores condições para desenvolvimento das plantas.

5.0 CONCLUSÕES GERAIS

O número de frutos por planta, a produção total e a eficiência do uso da água são maiores para o tratamento de 2 kPa decrescem linearmente com o aumento da tensão da água no substrato.

O comprimento médio, diâmetro, massa média do fruto e número de frutos sofrem efeito dos níveis de depleção de água no substrato e também decrescem linearmente.

A eficiência do uso da água acumulada no tempo é máxima para os tratamentos 2 e 5 kPa aos 192 DAT e decresce após os 153 DAT para os tratamentos 20 kPa, 30 kPa e 40 kPa.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM - Associação brasileira do comércio de sementes e mudas. Segundo levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil, 2014. Disponível em: < http://www.abcsem.com.br/imagens_noticias/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20completa%20dos%20dados%20da%20cadeia%20produtiva%20de%20hortali%C3%A7as%20-%202029MAIO2014.pdf>. Acesso em: 21 mar 2018.

ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982. 68p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 39).

ABRAHÃO, C.; **Fontes potássicas na produção do pimenteiro em substrato fertirrigado**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/127719>> Acesso em: 14 de Fev. 2018.

AGUIRRE, E.; LEMÉNAGER, D.; BACAICOA, E.; FUENTES, M.; BAIGORRI, R.; ZAMARREÑO, A.M.; GARCÍA-MINA, J.M. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 47, p. 215-223, 2009.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de Cálculo. Embrapa Informação Tecnológica, **circular técnica 163**, ISSN 1679-1150. Sete Lagoas, MG, 2010.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação**. Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2017. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br>>. Acesso em: 20 de Mar. 2018.

ANDRADE, J.W.S.; FARIAS JÚNIOR, M.; SOUSA, M.A.; ROCHA, A.C. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 437-443, 2011.

ANDRADE, T. F. de.; **Monitoramento do estado nutricional e da solução do solo em laranjeiras ‘Hamlin’ fertirrigadas**. 2012. viii, 63 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93792>>. Acesso em: 09 de Mar. 2018.

ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.15, n.1, p.28-32, 1997.

ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 26-33, 2000.

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura geral**: princípios e técnicas. Santa Maria: UFSM, 2002. 158p.

ANTONY, E.; SINGANDHUPE, R.B. Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annuum* L.). **Agricultural Water Management** 65, p. 121-132. 2004.

ARAGÃO, VF; FERNANDES, PD; GOMES FILHO, RR; CARVALHOS, CM de; FEITOSA, HO; FEITOSA, EO. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.6, n.3, p.207-216.

ARAQUAM, W.W.C. **Condições microclimáticas em ambientes cobertos com tela de sombreamento cultivados com pimentão no Vale do Submédio do São Francisco**, Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2013.

AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; PEIL, R. M. N. Enxertia e crescimento inicial em duas cultivares de pepino. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v.5, n.2, p.11-15, jun. 2011.

BECKMANN, M.Z.; DUARTE, G.R.B.; PAULA, V.A.; MENDEZ, M.E.G.; PEIL, R.M.N. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, p. 86-92, 2006.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. 3 ed. São Paulo: Ceres, v.1, 1995. 919 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de Irrigação**. 8a. Edição, Viçosa, Editora UFV, 2013. 625p.

BERNARDO, SALASSIER. **Manual de Irrigação**. 6ed.Viçosa:UFV, Imprensa Universitária.p.593-613,1995.

BLANCO, F. F; FOLEGATTI, M. V., Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.6, n.2, p.251-255, 2002.

BRANT, R.S.; PINTO, J.E.B.P.; ROSA, L.F.; ALBUQUERQUE, C.J.B; FERRI, P.H.; CORRÊA, R.M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1401-1407, 2009.

BRASIL. Ministério da agricultura e reforma agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas** (1961-1990). Brasília, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Portaria Nº 855, de 27 de Novembro de 1975. Brasília, DF. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal/Padronizaçãopimentão>. Acesso em: 04 maio de 2018.

BROWN, LESTER. Um deserto cheio de gente. In: A disputa pelo ouro azul, cadernos Lmonde Diplomatique. Editora Anita Garibaldi, 2003.

BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; ANDRIOLO, J.L.; MATZENAUER, R.; TAZZO, I.F. Disponibilidade de radiação solar para o cultivo do tomateiro durante o inverno no. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, p. 113-120, 2000.

CAMPECHE, L. F. M. S. et al. Lisímetro de pesagem de grande porte. Parte I: Desenvolvimento e calibração. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 519-525, 2011.

CANELLAS, L.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.L.O.; FAÇANHA, A.R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺ ATPase activity in maize roots. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 130, p. 1951-1957, 2002.

CARRIJO, A. O.; VIDAL, M. C.; REIS, N. V. B.; SOUZA, R. B.; MAKISHIMA, N. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 22, n. 1, p. 5-9, 2004.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J., **Fertirrigação de hortaliças**. Circular Técnica, n. 32, 13p. Embrapa. Brasília, Outubro de 2004.

CARVALHO, D.F.; OLIVEIRA, L.F.C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Ed. UFV: Viçosa-MG. 2012. 240p.

CASTRO, PRC., Plant growth regulators in tomato crop production. **Acta Horti** 100:99–104, 1980.

CHARLO, H.C.O.; CASTOLDI, R.; FERNANDES, C.; VARGAS, P.F.; BRAZ, L.T. Cultivo de híbridos de pimentão amarelo em fibra da casca de coco. **Horticultura Brasileira**, v.27: p.155-159, 2009.

ÇIMRIN, K.M.; TURKMEN, Ö.; TURN, M.; TUER, B. Phosphorus and humic acid application alleviate salinity stress on pepper seedling. **African Journal of Biotechnology**, Victoria Island, v. 9, n. 36; p. 58-45-5856.

COCKSHULL, K.E. Crop environment. **Acta Horticulturae**, v. 34, p. 77-85, 1992.

CULTIVO EM AMBIENTE PROTEGIDO, investindo na produtividade, Piracicaba: USP/ ESALQ; Casa do Produtor Rural, [s.d.]. Não paginado. Disponível em:< <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/cultivo-em-ambiente-protegido-investindo-na-produtividade-1186>>. Acesso em: 04 Dez. 2017.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. - Hortifruti Brasil CEPEA-USP/CNA, mar 2014. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf. Acesso em 05 de abr. de 2018

DIAS, N.S.; CHEYI, H.R.; DUARTE, S.N. **Prevenção, manejo e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003 (Série Didática, 013).

DIAS, N. S.; Duarte, S. N.; Yoshinaga, R. T.; Teles Filho, J. F. Produção de alface sob diferentes níveis de salinidade do solo. **Irriga**, v.10, n.1, p.20-29, 2005.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Trad. De H.R. Gheyi, A.A. de Sousa, F.A.V. Damasceno e J.F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).

ELAD, Y.; MESSIKA, Y.; BRAND, M.; DAVID, D.R.; SZTEJNBERG, A. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). **Phytoparasitica**, v. 35, n. 3, p. 285-299, 2007.

ELOI, W. M. **Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 110p. Tese Doutorado.

EPSTEIN, E; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. Ed. Londrina: Ed. Plantas, 2006. p. 42-65.

ERTEK, A.; SENSOY, S.; GEDIK, I. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. **Elsevier Science Agricultural Water Management**. 14p.2005.

ESPINOZA, W. **Manual de produção de tomate industrial no Vale do São Francisco**. Brasília: IICA/CODEVASF, 1991. 301p.

EVANGELISTA, A.W.P; PEREIRA, G.M. Efeito da cobertura plástica de casa de vegetação sobre os elementos meteorológicos em Lavras-MG. **Ciência e agrometeorologia**, v. 25, p. 952-957, 2001.

FACTOR, T.L.; ARAÚJO, J.A.C.; VILELLA JÚNIOR, L. V.E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.143–149, 2008.

FAO - Food and Agriculture Organization: Crops & livestock primary & processed: disponível em: <http://fao.org>. acesso em: 21 abr. 2018.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Segurança alimentar: a luta para garantir terra fértil a futuras gerações. Disponível em: <https://www.fao.org.br/FAOsRrgps.asp>. Acesso em: 05 Mar. 2018.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 08 jun. 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1994. 227p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras:UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

FERREIRA, E. B., CAVALCANTI, P. P., NOGUEIRA, D. A. (2013). ExpDes.pt: Experimental Designs package (Portuguese). R package version 1.1.2.

FILGUEIRA, F.A.R. Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. **Lavras**: Ed. da UFLA, 2003. 333p.

FLORES, D. S. **Manejo da irrigação sobre as características morfológicas e produtividade do pimentão em ambiente protegido**. 2014. 71f. (Mestrado em Horticultura Irrigada) - Universidade do Estado da Bahia. 2014.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa, MG: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2005. 486 p.

FRIZZONE, J. A. Planejamento da irrigação com uso de técnicas de otimização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 1, p. 24-49, 2007.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JUNIOR, A. S. de (Eds). Planejamento da irrigação: Análise de decisão de investimento. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2005. 626 p.

FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R. Produtividade do pimentão amarelo, *Capsicum annuum* L., cultivado em ambiente protegido, em função do potencial mátrico de água no solo. **Acta Scientiarum**, v.23, p.1111-1116, 2001.

FRIZZONE, J.A.; SOUZA, F.; LIMA, S.C.R.V. Manejo de Irrigação: quando, quanto e como irrigar. Curso de capacitação. Brasília: **Agência Nacional das Águas-ANA**, 2015. 62p

GADISSA, T.; CHEMEDA, D. Effects of drip irrigation levels and planting methods on yield and yield components of green pepper (*Capsicum annuum*, L.) in Bako, Ethiopia. **Agricultural Water Management**, v.96, p.1673-1678, 2009

GERVÁSIO, E. S.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Utilização da técnica de lisimetria de pesagem na automação de um sistema de irrigação localizada para uso no manejo da irrigação de cultivos em recipientes. **Irriga**, v. 19, n. 4, p. 626-640, 2014.

GOTO, R. & ROSSI, F.; **Cultivo de pimentão em estufa – manual**. Viçosa, CPT, 66p., 1997.

GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C.; PANDORFI, H.; HOLCMAN, E. Manejo da cobertura de ambientes protegidos: radiação solar e seus efeitos na produção da gérbera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 645-652, 2010.

HACHMANN, T.L.; DALASTRA, G.M.; ECHER, M.M.; LOZANO, C.S.; REZENDE, R. Características produtivas de duas cultivares de pimentão em substratos alternativos. **Revista Cultura Agronômica**, v.26, n.4, p.502-513, 2017.

Ho LC, White PJ., **A cellular hypothesis for the induction of blossom-end rot in tomato fruit**. *Ann Bot* 95:571–581, 2005.

HOLCMAN, E.; SENTELHAS, P.C. Microclimate under different shading screens in greenhouses cultivated with bromeliads. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 858-863, 2012.

HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; JENSEN, M.E. History of lysimeter design and use for evaporation. In: ALLEN, R.G.; HOWELL, T.A.; PRUITT, W.O.; WALTER, I.A.; JENSEN, M.E. **Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: ASCE, 1991. p. 1-9.

JENSEN, M. E. Sustainable and productive irrigated agriculture. In: HOFFMAN, G. J.; EVANS, R.G.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L.; ELLIOTT, R. L. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. 2nd ed. Saint Joseph: ASABE, 2007. p. 33-56.

KADIR, A. S. Fruit Quality at Harvest of “Jonathan” Apple Treated with Foliarly-Applied Calcium Chloride. **Journal of plant nutrition**, vol. 27, n. 11, p. 1991–2006, 2004.

KENDRICK, R. E.; FRANKLAND, B. **Fitocromo e crescimento vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1981. 76 p.

KENG, J.C.W. Fertilizer for sweet pepper under drip irrigation in an Oxisol in Northwestern Puerto Rico. **J. Agric. Univ. P. R.**, Rio Piedras, v. 35, n. 1, p. 123-128, 1981.

LEMAIRE, F.; DARTIGUES, A.; RIVIÉRE, L.M. CHARPENTIER, S. Cultures en pots at conteneurs: principes agronomiques et applications. Paris: INRA/PHM **Revue Horticole**, 1989. 184p.

LIMA, E. M. C. et al. Produção de pimentão cultivado em ambiente protegido e submetido a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Agrotecnologia**, v. 3, n. 1, p. 40-56, 2012.

LIU, H.; YANG, H.; ZHENG, J.; JIA, D.; WANG, J.; LI, Y.; HUANG, G. Irrigation scheduling strategies based on soil matric potential on yield and fruit quality of mulched-drip irrigated chili pepper in Northwest China. **Agricultural Water Management**, n.115, p. 232– 241, 2012.

LOPES, C. M.; KOBORI, R. F.; SANTOS, H. S. Enxertia em solanáceas. In: GOTO, R.; SANTOS, H. S.; CAÑIZARES, K. A. L. (Org.). **Enxertia em hortaliças**. São Paulo: Editora Unesp, 2003. Cap. 9, p. 55-56.

LORENTZ, L. H.; LÚCIO, A. D.; HELDWEIN, A. B.; SOUZA, M. F.; MELLO, R. M. Estimativa da amostragem para pimentão em estufa plástica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento 2.

LURIE, S.; Stress physiology and latent damage. In: FLORKOWSKI, W. J.; SHEWFELT, R. L.; BRUCKNER, B.; PUSSIA, S. E. (Eds.). **Postharvert Handling: A systems pproach**. Academic press. 2009. P. 443-459.

MAAS, E.V.; Hoffman, G. J Crop salt tolerance – Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage** of ASCE, v.103. p.115-134. 1977.

MACEDO, A.F.; LEAL-COSTA, M.V.; TAVARES, E.S.; LAGE, C.L.S.; ESQUIBEL, M.A. The effect of light quality on leaf production and development of in vitro-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze. **Environmental and Experimental Botany**, v. 70, p. 43-50, 2011.

MARCHIZELI, S. F. B. et al. **Deu oídio (resumo)**: 2003: Disponível em: <<http://revistacultivar.locaweb.com.br/hf/artigo.asp?no=484>>. Acesso em: 12 Abr. 2018.

MARCUSSI, F.F.N., VILLAS BOAS, R.L.; Uso da fertirrigação na eficiência de aproveitamento de N e K pelo pimentão sob condições de cultivo protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003a, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: [s.n.], 2003. 1 CD ROM.

MARCUSSI, F.F.N.; GODOY, L.J.G. de; VILLA BOAS, R.L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e P pela planta. **Irriga**, Botucatu, v.9, n.1, p. 41-51, janeiro-abril, 2004.

MARQUELLI, W. A. ; OLIVEIRA, A. S. ; COELHO, E. F. ; NOGUEIRA, L. C. ; SOUSA, V. F. . Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A.. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. 2ed.Brasília: Embrapa, 2014, v. 1, p. 20.

MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. 2010. **Manejo da água de irrigação**. Capítulo 5. 76p.

MASTALERZ, J.W. **The greenhouse environment**. New York: John Wiley & Sons, 629p. 1977.

MEDEIROS, P. R. F. **Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do pepino enxertado**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 82p. Dissertação Mestrado.

MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Salinidade em ambiente protegido. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. **Manejo da**

salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTsal, 2010. 84-92p.

MENDIBURU, F. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-8. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>, 2017.

MILNER, L. **Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos**. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.;

MINAMI, K. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p.45-51. (IAC. Documentos, 70).

MORA, V.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO, A.M.; AGUIRRE, E.; GARNICA, M.; FUENTES, M.; GARCÍA-MINA, J.M. Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 167, p. 633-642, 2010.

NASCIMENTO FILHO, M.F.; MOURA, M.A.L.; SOUZA, D.K.S.; BRAGA, M.B. Caracterização microclimática em diferentes estufas plásticas com hortaliças. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10. 1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 488-490.

NONAMI H, Fukuyama T, Yamamoto M, Yang L, Hashimoto Y., **Blossom-end rot of tomato plants may not be directly caused by calcium deficiency**. *Acta Hort* 396:107–114. 1995.

ODA, M. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. **Japanese Agricultural Research Quarterly**, Tokio, v. 29, p. 187-194, 1995.

OLIVEIRA C. D.; BRAZ LT; SANTOS JM; BANZATTO DA; OLIVEIRA PR. 2009. Resistência de pimentas a nematóides de galha e compatibilidade enxerto/portaenxerto entre híbridos de pimentão e pimentas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 520-526, out./nov., 2009.

OLIVEIRA, F de. A.; **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação** / Francisco de Assis de Oliveira,- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2012. 223p.

OLIVEIRA, F. de A. de. et al.; Manejos da fertirrigação e doses de N e K no cultivo de pimentão em ambiente protegido. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p. 1152-1159, Nov. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S14154366201300110004&lng=en&nrm=iso. <http://dx.doi.org/10.1590/S141543662013001100004>. Acesso em: 20. Fev. 2018.

OLIVEIRA, M. V. A. M. de; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.95-103, 2008.

OLIVEIRA, M.R.V.; FERRIERA, D.N.M.; MIRANDA, R.G.; MESQUITA, H.R. Estufas, sua importância e ocorrência de pragas. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1992. p.7. (EMBRAPA-CENARGEN. **Comunicado Técnico**, 11).

OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.; EUGENE, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K. OVADIA, R.; GILLER, Y.; SHAHAK, Y. Colored shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 76, p. 353-361, 2001.

OTONI, B.S.; MOTA, W.F.; BELFORT, G.R.; SILVA, A.R.S.; VIEIRA, J.C.B.; ROCHA, L.S. Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes porcentagens de sombreamento. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 6, p. 816-825, 2012.

OUNI, Y.; GHNAYA, T.; MONTEMURRO, F.; ABDELLY, C.; LAKHADAR, A. The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. **International Journal of Plant Productivity**, Berlin, v. 8, n. 3, p. 353-374, 2014.

PIMENTÃO NÃO É O VILÃO DAS HORTALIÇAS. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/noticias/pimenta-nao-e-o-vilao-das-hortalicas>. Acesso em 25 mar. 2018.

PIMENTEL, C. Metabolismos do carbono na agricultura tropical. Seropédica: EDUR, 1998. p 110-113.

PINTON, R.; CESCO, S.; SANTI, S. AGNOLON, F.; VARANINI, Z. Water-extractable humic substances enhance iron deficiency responses by Fe-deficient cucumber plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 210, p. 145-157, 1999.

QUAGGIOTTI, S.; RUPERTI, B.; PIZZEGUELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLLI, V.; MARDI, S. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 803-813, 2004.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>, 2018.

REICHARDT, K.; TIMM L.C.; **Solo, Planta e Atmosfera:** Conceitos, processos e aplicações. Barueri : Manole, p.323-340, 2004.

REIS, L.S.; AZEVEDO, C.A.V.; ALBUQUERQUE, A.W.; SILVA JÚNIOR, J.F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 386-391, 2013.

REIS, L.S.; SOUZA, J.L.; AZEVEDO, C.A.V. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 289-296, 2009.

REIS, L.S.; SOUZA, J.L.; AZEVEDO, C.A.V.; LYRA, G.B.; FERREIRA JUNIOR, R.A.; LIMA, V.L.A. Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 739-744, 2012.

REZENDE, B.L.A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MASRTINS, M.I.E.G; COSTA, C.C.; FELTRIM, A.L.; Viabilidade econômica das culturas de pimentão, repolho, alface, rabanete e rúcula, em cultivo consorciado, na primavera-verão, Jaboticabal, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 23 a 37, 2005.

ROCHA, R.C. **Uso de diferentes telas de sombreamento no cultivo protegido do tomateiro**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia – Horticultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP. Botucatu, São Paulo, 2007.

SANTANA, M.J.; CARVALHO, J.A.; FAQUIN, V.; QUEIROZ, T.D. Produção do pimentão (*Capsicum annuum*) irrigado sob diferentes tensões de água no solo e doses de cálcio. **Revista Ciência Agrotecnica**, v.28, n.6, p.1385-1391, 2004.

SALOMÃO, L. C.; CANTUÁRIO, F. S.; PEREIRA, A. I. A.; SCHWERZ, T.; DOURADO, W. S. Influência do turno de rega na eficiência do uso da água de irrigação e na produtividade de plantas de alface cultivadas em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2029-2039, 2014.

SANTI, A.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; SOARES, D.M.J.; SCARAMUZZA, J.F.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; TIEPPO, R.C. Desempenho e orientação do crescimento do pepino japonês em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 4, p. 649-653, 2013.

SANTOS JUNIOR, JORGE L. C. DOS; FRIZZONE, JOSÉ A. AND PAZ, VITAL P. DA S.. Water use optimization through alternative water depths in the Formoso Irrigation District. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** [online]. 2015, vol.19, n.7, pp. 621-629. ISSN 1807-1929.

SANTOS, H. S.; GOTO, R. Enxertia em plantas de pimentão no controle da murcha de *Phitóftora* em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.1, p. 45-49, jan./mar., 2004.

SÃO PAULO. **Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo**. Programa brasileiro para a modernização da horticultura – Norma de classificação do pimentão. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/pimentao/pimentao.html>. Acesso em: 03 ago. 2018.

SERRANO, T.D.; GUZMÁN, E.E.; RECIO, A.F.; GARCÍA, J.C.J.; GÁLVEZ, J.L.; CANO, A.S. **Los filmes plásticos em la producción agrícola**. Madrid: Mundi-Prensa, 2001. 320p.

SEZEN, S. M.; YAZAR, A.; EKER, S. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. **Agricultural Water Management**, v.81, p.115-131, 2006.

SEZEN, M.S.; YAZAR, A.; TEKIN, S.; EKER, S.; KAPUR, B. Yield and quality response of drip-irrigated pepper under Mediterranean climate conditions to various water regimes. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.8, p.1329-1339, 2011.

SHAHAK, Y; GUSSAKOVSKY EE; COHEN Y; LURIE S; STERN R; KFIR S; NAOR A; ATZMON I; DORON I. Greenblat-AvronColorNets: a new approach for light manipulation in fruit trees. **Acta Horticulturae**. 2004.

SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; MIZUBUTI, E.S.G.; PICANÇO, M.C. Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). In: PAULA JUNIOR, T. J. 101 Culturas – Manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: **EPAMIG**, 2007.

SILVA, D.O. **Cultivo de gérberras em telado e sob estresse hídrico no Submédio do vale do são Francisco**. 2017. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, Bahia. 2017.

SILVA, E. C.; LEAL, N. R.; MALUF, W. R., Avaliação de cultivares de alface sob altas temperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região norte-fluminense. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.23, n.3, p.491-499, jul./set., 1999.

SILVA, E. C.; RABELLO, T. M.; MACIEL, G. M. **Avaliação de cultivares de pimentão em cultivo protegido no sistema hidropônico (NFT)**. Disponível em: <http://www.unifenas.br/neol/pdfs/pimentãohidr.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 136p. Tese Doutorado.

SILVA, E. G. da.; **Acúmulo de nutrientes e desempenho agrônômico do pimenteiro (*Capsicum Annum* L.) em função dos métodos de enxertia**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93494>. Acesso em: 26 de Abr. 2018.

SILVA, J.A.; DUTRA, A.F.; CAVALCANTI, N.M.S.; MELO, A.S.M.; SILVA, F.G.; SILVA, J.M. Aspectos agrônômicos do tomateiro “Caline Ipa 6” cultivado sob regimes hídricos em área do semiárido. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 3, p. 336-344, 2014.

SILVA, W.L.C.; Carrijo, O.A.; Marouelli, W.A. Fertirrigação na EMBRAPA Hortaliças. In: Folegatti, M.V. (coord.) Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. **Guaíba: Agropecuária**, 1999. cap.5, p.433-440.

SIRTOLE, L. F. **Influência da enxertia em relação a murcha bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* no desenvolvimento e produtividade do pimentão em cultivo protegido**. 2007. 68 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2007.

STANGHELLINI, C.; DAI, J.; KEMPKES, F. Effect of near-infrared-radiation reflective screen materials on ventilation requirement, crop transpiration and water use efficiency of a greenhouse rose crop. **Biosystems Engineering**, London, v. 110, p. 261-271, 2011.

SOUZA, S. G. **Produtividade e qualidade de pimentão amarelo sob diferentes níveis de depleção de água no substrato**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2017.

SYNGENTA: Manual Hortícola. Disponível em: <http://www.manualhorticola.com.ar/index.php/pimiento-semillas-men/lamuyoam-eppo#características-principales>. Acesso em: 18 Abr. 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 918p, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 888p.

TEIXEIRA, A.H.C. Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009. **Documentos – Embrapa Semiárido**. Petrolina, PE, ed 1, Dezembro, 2010.

TEODORO, R.E.F.; OLIVEIRA, A.S.; MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 327-343, 1993.

TERUEL, B. J. Controle automatizado de casas de vegetação: variáveis climáticas e fertigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 237-245, 2010.

TIVELLI, S.W. **Sistemas de cultivo na cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) vermelho em ambiente protegido**. 1999. 157f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, campus Botucatu, 1999.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W., CARRIJO, O. A.; **Fertirrigação em hortaliças**. 2.^a ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 2011. 51p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 196)

VÁSQUEZ, M.A.N.; FOLEGATTI, M.V.; DIAS, N.S.; SILVA, C.R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 137-143, 2005.

VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SOUZA, T. R de.; MOTA, P. R. D'A.; **Manejo da fertirrigação em hortaliças**. Botucatu, SP, [2007] data conhecida, não indicada na obra. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/mini05.pdf. Acesso em: 05 de Mar. 2018.

VILLAS BÔAS, R. L.; ZANINI, J. R.; DUENDAS, L. H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J. R.; VILLAS BOÂS, R. L.; FEITOSA FILHO, J. C. **Uso e manejo da fertirrigação em hidroponia**. Jaboticabal: FUNESP, 2002. p.1-25.

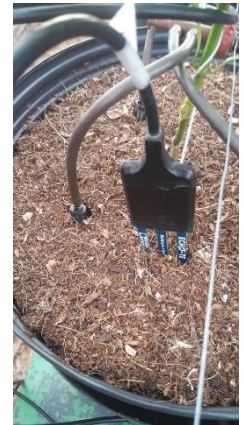
VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. **Cálcio, Magnésio, Enxofre**. In **Nutrição mineral de plantas**. Editor Manlio Silvestre – Vicososa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. P.300-323. 2006.

ZANDONADI, D.B.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. **Planta**, Berlin, v. 225, p. 1583-1595, 2007.

ZATARIM, M.; CARDOSO, A. I. I.; FURTADO, E. L. Efeito de tipos de leite sobre oídio em abóbora plantadas a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.2 p.198-201, 2005.

7.0 APÊNDICE A

FOTOS DO EXPERIMENTO





22/09/2017		15:55	5,96	2,77	6,1	3,15	6,19	1,34	6,26	1,48
28/09/2017	12:50									
29/09/2017		16:30	6,17	2,68	6,11	2,78	6,14	1,21	6,15	1,39
01/10/2017	12:53									
02/10/2017		16:50	5,91	1,7	5,88	3,31	6,31	0,28	6,04	1,22
04/10/2017	16:50									
05/10/2017		16:30	6,08	0,39	6,36	0,46	6,96	0,12	7,16	0,33
10/10/2017	13:10									
11/10/2017		13:15	6,5	1,86	6,65	1,45	N/O	N/O	N/O	N/O
13/10/2017	16:05									
14/10/2017		14:05	5,78	2,51	6,1	1,67	6,3	1,34	6,72	1,45
16/10/2017	15:45									
17/10/2017		10:00	6,5	1,04	6,54	0,66	6,55	0,34	6,52	0,74
21/10/2017	18:20									
28/10/2017		13:10	6,45	0,71	6,38	0,71	6,08	0,72	6,27	0,86
03/11/2017	17:00									
04/11/2017		19:08	6,21	1,5	6,18	1,41	6,14	1,36	6,19	1,70

Legenda:

N/O: Não observado

APÊNDICE C

CONTROLE FITOSSANITÁRIO E ADUBAÇÃO FOLIAR ADOTADA

DATA	PRODUTO	PRINCÍPIO ATIVO	DOSAGEM	VOLUME APLICADO (L)	ALVO
09/04/2017	Provado	Imidacloprido	1,7 ml/L	5L/ área	Mosca-branca
15/04/2017	Provado	Imidacloprido	1,7 ml/L	6L/ área	Mosca-branca
17/04/2017	Provado	Imidacloprido	1,75 ml/L	7L/ área	Mosca-branca
17/04/2017	Abamex	Abamectina	1,27 ml/L	7L/ área	Mosca-branca
29/04/2017	Provado + Comet	Imidacloprido	17,5/1,6 ml	10L/ área	Mosca-branca
11/05/2017	Provado	Imidacloprido	25 ml/10L	20L/ área	Mosca-branca
17/05/2017	Abamex + Comet	Abamectina / Estrubirulina	7/1,6/10L	20L/ área	Ácaro
28/05/2017	Provado	Imidacloprido	10 ml/10L	20L/ área	Mosca-branca
01/06/2017	Provado + Abamex	Imidacloprido / Abamectina	20ml/10L e 5ml/10L	22L/ área	Tripes/Mosca-branca
08/06/2017	Provado	Imidacloprido	20ml/10L	20L/ área	Mosca-branca
15/06/2017	Abamex + Pitstop Plus Plus	Abamectina / Cálcio	7 ml/10L	23L/ área	Preventivo
22/06/2017	Abamex + Pitstop Plus	Abamectina / Cálcio	7 ml/10L	23L/ área	Preventivo
30/06/2017	Abamex + Pitstop Plus	Abamectina / Cálcio	5,5 ml/10L	23L/ área	Tripes/Mosca-branca
07/07/2017	Provado + Comet + Pitstop Plus + Adesil	Imidacloprido / Estrubirulina / CaB / Espalhante adesivo	20/1,6/25 ml/10L	28L/ área	Tripes/"Alternar iose"
01/08/2017	Pitstop + Cobre + Adesil	Cálcio / Cobre / Espalhante adesivo	50 ml/10L e 1ml/10L	30L/ área	
11/08/2017	Abamex + Provado + Comet + Adesil + Cobre	Abamectina / Imidacloprido	4/10/4ml/4ml/10ml/10L	50L/ área	Mosca minadora/Tripes/Oídio
24/08/2017	Provado + Comet + Pitstop Plus + Pitstop Plus	Imidacloprido / Estrubirulina / Cálcio	10/4,0/25/10L	49L/ área	Oídio/Tripes